

В ЭТОМ НОМЕРЕ:**ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ЗДАНИЙ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ <i>Полищук Е. Ю.</i>	3
АКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА <i>Баранчикова Н. И., Епифанов С. П., Калинин И. С.</i>	16
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРА ГРУБОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ ПРИ УСТАНОВКЕ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ НА НАРУЖНУЮ ВОДОПРОВОДНУЮ СЕТЬ <i>Карама Е. А., Селиверстов К. П., Бараковских С. А., Опарина Е. В.</i>	26
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ В МОДУЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ ОБРАЩЕНИЕМ ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ <i>Пустовалов И. А., Иванов А. В., Пономарев А. Н.</i>	32
ОБ АКТИВНОМ СПОСОБЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ ТРАНСМИССИЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ К ЗИМНИМ УСЛОВИЯМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ <i>Барбин Н. М., Савин М. А., Мокроусова О. А., Борисов А. Л., Федотов В. В., Зырянов Д. Ю.</i>	42
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА И КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕНОПОРОШКОВЫХ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ <i>Кокшаров А. В., Гайнуллина Е. В., Кондратьева М. Л.</i>	59
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ МАССОВОЙ СКОРОСТИ ВЫГОРАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ <i>Хуснутдинова С. М., Хафизов Ф. Ш., Хафизов И. Ф.</i>	67
ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫМИ СОБЫТИЯМИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ <i>Шидловский Г. Л., Дали Ф. А., Лебедев А. Ю., Ожегов Э. А.</i>	72
ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫСОТНОЙ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, ОБОРУДОВАННОЙ СОВРЕМЕННЫМИ СИСТЕМАМИ БЕЗОПАСНОСТИ, УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ <i>Рассохин М. А., Юркин А. В., Перевалов А. С.</i>	79

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВЫТЯЖНОЙ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ КОРИДОРОВ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ <i>Гонтаренко Ю. В., Однолько А. А.</i>	85
РАЗВИТИЕ ПОНЯТИЯ РИСКА В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ <i>Кононенко Е. В., Мокроусова О. А., Черкасский Г. А., Шархун С. В.</i>	94
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОВСПЕНИВАЮЩИХСЯ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕКИСЛОГО АММОНИЯ И НАТРИЕВОЙ СОЛИ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ <i>Кокиаров А. В., Гайнуллина Е. В., Кондратьева М. Л., Марков В. Ф.</i>	101
<u>БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ</u>	
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ: ОТДЕЛЬНЫЕ ПРОБЕЛЫ В ОПРЕДЕЛЕНИИ. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ <i>Шишкин П. Л., Вишняков А. В., Мураев Н. П., Осипчук А. О.</i>	108
ОБЪЯВЛЕНИЕ РЕЖИМА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ В УСЛОВИЯХ ШТОРМОВОГО ВЕТРА: ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ <i>Шишкин П. Л., Осипчук А. О., Мураев Н. П., Вишняков А. В., Логинов В. В.</i>	113
ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА ПРИ ПОСТРОЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ <i>Назаров А. А.</i>	123

УДК 69.07: 699.814

polishchuk@tn.ru

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ ЗДАНИЙ
ПОСЛЕ ПОЖАРОВ****ENSURING THE OPERATIONAL SUITABILITY
OF BUILDINGS AFTER FIRES**

*Полищук Е. Ю., кандидат технических наук,
АО «ТехноНИКОЛЬ», Москва*

*Polishchuk E.,
“TechnoNICOL” JSC, Moscow*

В статье предлагается к обсуждению вопрос обеспечения пригодности объектов защиты после пожаров. В частности, отмечается, что система противопожарного нормирования в области строительства, сложившаяся сегодня в России, несмотря на декларируемую в Федеральном законе от 21.12.1994 № 69-ФЗ ориентированность на защиту жизни и здоровья человека, а также имущества граждан и государства от разрушительного действия пожаров, не справляется ни с первой [1], ни со второй задачей. Используемые показатели защищенности объекта защиты в виде степени огнестойкости и классов конструктивной пожарной опасности, привязанные к показателям пределов огнестойкости и классов пожарной опасности конструкций, позволяют в той или иной степени обеспечить сохранение физических контуров здания после пожара, но не отвечают на вопрос его пригодности к последующей эксплуатации. Ситуация усугубляется тем, что за более чем 100 лет существования классической теории огнестойкости не предложено действенных методов оценки фактического соответствия конструкций предъявляемым требованиям. Полностью отсутствуют методы оценки остаточной огнестойкости строительных конструкций после пожара, что формирует ситуацию неопределенности и непрогнозируемости рисков, возникающих в случае продолжения эксплуатации такого здания. Таким образом, в статье рассматриваются необходимость пересмотра подходов к оценке пожарно-технических классификационных признаков объектов защиты, а также требования к средствам и способам огнезащиты строительных конструкций.

Ключевые слова: пожарная безопасность, огнестойкость, восстановление, пожары, огнезащита, эффективность.

The article proposes to discuss the issue of ensuring the suitability of protection objects after fires. In particular, it is noted that the system of fire regulation in the field of construction, which has developed today in Russia, despite the orientation declared in Federal law No. 69-FZ of 21.12.1994, to protect human life and health, as well as the property of citizens and the state from the destructive effects of fires, does not cope with either the first [1] or the second task. The criteria used for object security, expressed as characteristics of the degree of fire resistance and classes of structural fire hazard, are strongly linked to the indicators of fire resistance limits and classes of fire hazard of structures, allow to some extent to ensure the preservation of the physical contours of the building after a fire, but do not answer the question of its suitability for subsequent operation. The situation is aggravated by the fact that for more than 100 years of existence of the classical theory of

fire resistance, neither in Russia nor in the rest of the world, effective methods for assessing the actual compliance of structures with the requirements have been proposed. In particular, there are no methods for assessing the residual fire resistance of building structures after fires, which creates a situation of uncertainty and unpredictable risks that arise if such a building continues to operate. Thus, the article proposes to discuss the need to review approaches to the assessment of fire-technical classification features of protection objects, as well as the requirements for means and methods of fire protection of building structures.

Keywords: fire safety, fire resistance, repairing, fires, fire retardants, effectiveness.

Введение

Федеральным законом Российской Федерации от 21.12.1994 №69-ФЗ определено, что целью системы пожарной безопасности является защита жизни и здоровья граждан, а также имущества от воздействия пожаров и их опасных факторов. Эффективность реализации задач защиты граждан, а также возможные пути совершенствования системы противопожарного нормирования ранее обсуждались в [1].

Важнейшим условием решения задачи защиты имущества является наличие простой и понятной системы требований, определяющих критерии защищенности объекта защиты от разрушительных последствий пожаров. В первую очередь данное утверждение касается зданий, где право собственности распределено долями между разными собственниками, например, в жилых и офисных зданиях, поскольку в этом случае важно не только понимать опасность распространения пожара по зданию с точки зрения уничтожения имущества, но и степень угрозы повреждения конструктивных элементов здания, являющихся общим имуществом всех собственников.

С этой точки зрения сложившаяся в настоящее время система противопожарного нормирования в строительстве не дает четких критериев оценки существующих угроз. В частности, для классификации зданий предлагается использовать степень огнестойкости и классы конструктивной пожарной опасности, которые напрямую связаны с требованиями к конструкциям по показателям предела огнестойкости и класса пожарной опасности. Между тем ни

один из указанных показателей напрямую не позволяет произвести оценку скорости развития пожара в пределах пожарного отсека и оценить, хотя бы ориентировочно, ремонтпригодность объекта защиты после пожара. Так, согласно требованиям СП 2.13130.2020, в зависимости от класса функциональной пожарной опасности площадь пожарного отсека в зданиях I, II и даже III степени огнестойкости может достигать нескольких тысяч квадратных метров, которые могут быть охвачены пожаром в течение нескольких минут, поскольку противопожарные требования не содержат никаких конкретных требований по ограничению скорости распространения горения или других опасных факторов пожара в объеме этажа пожарного отсека. Главным условием при этом называется способность основных конструктивных элементов здания сохранять свою функциональность в течение нормируемого времени, но одновременно с этим не предъявляются требования по сохранению эксплуатационной пригодности конструкций после окончания пожара. Анализ публикаций, посвященных проблематике огнестойкости и пожарной опасности строительных конструкций, показывает, что исследователи, под влиянием установившейся в конце XIX – начале XX века парадигмы [2], в целом не задаются вопросом о последующей судьбе объекта защиты [3]. Иными словами, в рамках существующей системы нормирования на вопрос «Есть ли жизнь объекта после пожара?», следует отвечать: «определенно нет».

Согласно статистическим данным МЧС России ежегодно в нашей стране происходит примерно 500 тыс. пожаров [4], из которых около 32 % или 160 тысяч приходится на объекты строительства и 76 % (121 тысяча) – на здания жилого назначения. Одновременно с этим, по данным Росстата, по состоянию на 2019 г. в России насчитывалось 67,5 млн квартир, а общая площадь жилых помещений, включая частный сектор, составляла примерно 3,8 млрд м². Для понимания масштабов вовлеченности жилья в пожары удобнее пользоваться именно данными по площадям, поскольку количество частных домохозяйств, к сожалению, является величиной статистически неизвестной. Таким образом, если принять, что все жилье у нас измеряется квартирами, то в среднем площадь одной квартиры сегодня составляет 57,2 м² и за год, соответственно, у нас выгорает порядка ,2 млн м² жилья или примерно 0,18 % жилых площадей.

С учетом того, что в большинстве случаев при строительстве многоквартирных домов срок эксплуатации принимается не менее 50 лет, то за время жизненного цикла в каждом доме выгорает хотя бы один раз до 9 % квартир, на селе за этот же срок выгорает, соответственно, до 9 % домохозяйств.

Фактическое состояние с пожарами более оптимистично, поскольку многие пожары тушатся до того, как успеют развиваться, и часто до прибытия пожарных подразделений. Кроме того, нередко ситуации, когда в результате пожаров с завидной регулярностью выгорают одни и те же квартиры или домохозяйства, исключительно из-за поведенческих особенностей проживающих в них людей.

Несмотря на традиционные сообщения МЧС России об успешности борьбы с пожарами, ожидать реального снижения их количества в будущем не приходится, наоборот, с ростом энергонасыщенности жилищ, связанным с развитием технологий «умного дома» и «интернета вещей», количество пожаров будет только расти, вопрос

заключается исключительно в масштабах таких пожаров.

Основная часть

В результате большинство объектов после пожаров продолжают эксплуатироваться, будучи подвергнуты даже не реконструкции, а, в лучшем случае, простому восстановительному ремонту, не требующему проведения изыскательских работ и согласования проектной документации. Самое парадоксальное то, что даже если установить соответствующие требования, то они окажутся физически нереализуемы, поскольку более чем за 100 лет существования классической теории огнестойкости [5, 6] специалистами не предложено ни одной действенной методики фактической оценки соответствия конструкций предъявляемым требованиям. Исследование конструкций после пожара пожарно-техническими экспертами проводится исключительно в целях установления очага и технической причины пожара [7]. Соответствие же нормативным требованиям всегда экстраполируется на аналогичную новую конструкцию и подтверждается только документально или, в лучшем случае, по результатам натуральных испытаний «аналогичной» конструкции. Как результат, пожарно-технические характеристики конструкций, ранее подвергавшихся воздействию пожара или конструкций, находящихся длительное время в эксплуатации, являются совершеннейшей загадкой, которая вряд ли когда-либо будет решена ввиду множества влияющих факторов, не поддающихся учету.

Практических следствий ситуации, когда требование есть, а действенные методы контроля отсутствуют несколько.

1. Созданы благоприятные условия для развития рынка фальсификации результатов испытаний и сертификатов, когда в руки специалистов попадают документы с совершенно фантастическими характеристиками (рис. 1) конструкций, но оспорить данные документы практически

невозможно, поскольку будучи выданными в одной из добровольных систем сертификации, они подтверждают результаты испытания вполне конкретной конструкции, которую никто кроме испытателей и

заявителей не видел, а то, что у проверяющего не получается такой результат – так это его вина. В немалой степени такой ситуации способствует низкое качество методического и метрологического обеспечения системы испытания конструкций [8].

Перечень продукции, на которую распространяется действие сертификата соответствия		
Наименование и обозначение продукции	Обозначение и наименование национального стандарта или свода правил	Подтверждаемые требования национального стандарта или свода правил
Конструкция из элементов кровельной системы с основанием из несущей железобетонной плиты, торговая марка	ГОСТ 30247.0-94 (ИСО 834-75) Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования	Предел огнестойкости при толщине ж/б плиты не менее 80 мм - RE 60; Класс пожарной опасности конструкции - K0(60)
	ГОСТ 30247.1-94 Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции	Предел огнестойкости при толщине ж/б плиты не менее 100 мм - RE 90; Класс пожарной опасности конструкции - K0(90)
	ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность	Класс пожарной опасности конструкции - K0(45)

Рисунок 1. Фрагмент сертификата на конструкцию кровельного покрытия с заявленными характеристиками K0(60) и K0(90). По ГОСТ 30403 максимальное значение K0(45)

2. Специалисты службы пожаротушения подвергают опасности свои жизни, когда полагаются на заявленные в проектной документации характеристики строительных конструкций. В лучшем случае РТП принимаются решения не осуществлять тушение внутри таких объектов и дожидаться полного выгорания пожарной нагрузки. Второй вариант больше касается случаев, когда пожар происходит на объекте со стальными или деревянными несущими и ограждающими конструкциями.

Необходимо отметить, что сталь и древесина наиболее показательные строительные материалы с точки зрения наглядности процессов, происходящих на пожаре и оценки состояния конструкций после него, поскольку в первом случае сразу, даже при относительно небольших температурных воздействиях, происходит повреждение противокоррозионных или декоративных покрытий, а также начинается развитие деформационных процессов. Во

втором случае на поверхности происходит формирование визуально определяемых признаков термического воздействия (потемнение, обугливание). Сложнее ситуация обстоит с конструкциями, где в качестве основного структурообразующего компонента используются неорганические вяжущие и в которых дегидратационные и усадочные процессы начинаются уже при 100 °С, но видимые повреждения формируются только при температурах более 500 – 600 °С [7].

Изначально завышенные в большинстве случаев характеристики огнестойкости основных конструкций, а также возможность формирования в них скрытых повреждений, приводящих к снижению эксплуатационных и пожарно-технических свойств конструкции, не учитываемые специалистами при формировании нормативных требований, приводят к третьему следствию сложившейся ситуации. В резуль-

тате этого регулярно происходят масштабные многочасовые пожары, развивающиеся на огромных площадях, к более активному тушению которых пожарные не могут приступить без риска для жизни.

3. После пожара сохранившиеся конструкции (в большей степени – стальные) представляют реальную угрозу для

жизни и здоровья сотрудников органов дознания МЧС России, которым предстоит разбираться в причинах пожара, и строителей, которым необходимо произвести разборку конструкций. Особенно это актуально, когда после пожара остались кровельные конструкции (рис. 2).



Рисунок 2. Нависание профилированных стальных конструкций над производственно-складскими помещениями после пожара

Разбор завалов после пожара в целом является неординарной задачей, поскольку всегда есть вероятность обнаружения под ними погибших и пострадавших, а при частичном обрушении конструкций такие мероприятия не могут быть начаты до разработки необходимых инженерных мероприятий. Это приводит к значительным материальным и временным издержкам, а также снижают шансы на спасение тех, кто мог выжить в процессе развития

пожара. Кроме того, если объект был застрахован, то это компенсирует, как правило, стоимость только фактически утраченных конструкций и частей зданий, а уцелевшие конструкции, подлежащие демонтажу после пожара, при расчете страховых выплат не учитываются.

В случае с деревянными конструкциями несколько проще, поскольку древесина обладает следующим качеством: она

теряет массу в процессе горения, пожарные считают это недостатком. Иными словами, после пожара деревянные конструкции оставляют после себя меньше пожарного «мусора», чем сталь и бетон, кроме того, прочностные свойства и характер возможных обрушений, в том числе за счет снижения нагрузки на оставшиеся конструкции, более прогнозируемы, чем в случае со сталью и бетоном.

В случаях, когда речь идет о конструкциях на неорганических вяжущих, их ремонт, как правило, затрагивает только замену полностью утраченных конструкций (если такая замена возможна) и косметический ремонт конструкций, не имеющих визуальных разрушений. При этом скрытые повреждения остаются в конструкциях и как она будет себя вести в про-

цессе дальнейшей эксплуатации, а тем более в случае повторного пожара, остается только догадываться (рис. 3). Между тем известно, что, например, при использовании для повышения огнестойкости железобетонных конструкций тонкослойных вспучивающихся лакокрасочных покрытий их активация происходит только при достижении на поверхности материала температуры 200–500 °С [9], т. е. при температурах, значительно превышающих точку начала дегидратационных процессов в цементных материалах. Учитывая же, что многие пожары в закрытых помещениях проходят через стадию тлеющего пожара, когда температура в помещении может в течение длительного времени держаться на относительно невысоких уровнях, скрытые повреждения могут серьезно снизить физико-механические свойства конструкции.



Рисунок 3. Железобетонные конструкции после пожара. Участки выгорания копоти свидетельствуют о нагреве поверхности конструкции выше 600 °С

4. В отечественной системе нормирования при проведении реконструкции объектов строительства у проектировщиков отсутствуют действенные способы

оценки реальных пожарно-технических характеристик конструкций. В проектной документации они вынуждены ориентироваться на свойства аналогичных новых

конструкций, несмотря на то, что множественными исследованиями было неоднократно доказано, что физические свойства конструкций значительно изменяются [10, 11], а, соответственно, и предел огнестойкости вместе с классом пожарной опасности [12] не являются статичными характеристиками конструкции и меняются в течение ее жизненного цикла.

На данном фоне особенно остро встает проблема спора между министерствами строительства и чрезвычайных ситуаций по поводу того, кто же все-таки должен определять требования к конструкциям и контролировать их выполнение. Результатом этого спора в нашей стране является существование фактически «двойного регулирования» нормативных требований в отношении конструкций. Основная разница между ними состоит только в том, что строители, в отличие от пожарных специалистов, имеют методы контроля фактического соответствия [10] в отношении большинства нормируемых показателей.

Отмеченное не означает, что пожарные специалисты должны полностью уйти из системы строительного нормирования. В данном случае нужно говорить о необходимости пересмотра подходов, применяемых при определении критериев безопасности и оценки соответствия объектов защиты. Например, учитывая изложенные выше факты о некоторых закономерностях поведения конструкций при пожаре и их пригодности к эксплуатации после пожара, целесообразно говорить о необходимости разработки требований, выполнение которых позволит:

– обеспечить защиту строительных конструкций, в первую очередь капитальных, которые не могут быть заменены после пожара с использованием технически и экономически приемлемых решений от воздействия опасных факторов пожара. В качестве критерия защищенности можно рекомендовать принятие времени достижения на защищаемой поверхности температуры дегидратации, примерно равной

100 °С, как наиболее универсального показателя для большинства строительных материалов неорганической и органической природы. Для стальных конструкций данная температура хоть и не представляет серьезной опасности, однако может нормироваться с точки зрения защиты конструкций, имеющих узловое соединения с ней, учитывая высокую теплопроводность сталей;

– ограничить скорость распространения пожара и его опасных факторов в объеме этажа пожарного отсека для обеспечения устойчивости объекта защиты от прогрессирующего разрушения в соответствии с требованиями СП 385.1325800.2018, а также исключить ситуации блокирования путей эвакуации в течение нормируемого времени.

Введение единой критической температуры для строительных конструкций в данном случае может стать еще одним важным фактором в обеспечении защиты объектов строительства от прогрессирующего обрушения во время пожара, поскольку известно, что с возрастанием нагрузки в результате последовательного выключения конструктивных элементов здания происходит снижение критической температуры и, соответственно, пределов огнестойкости оставшихся элементов. Так, например, в диссертационной работе [13] поднимается сложная тема защиты объектов строительства от прогрессирующего разрушения в результате комбинированных воздействий типа «удар–взрыв–пожар», где в частности показывается, что по мере возрастания нагрузки на бетонные конструкции критическая температура для бетона последовательно снижается с 800 до 200 °С. Аналогичные закономерности известны, в т.ч. для стальных [14, 15] и для деревянных [16] конструкций. Однако, как было отмечено ранее, для деревянных конструкций ситуация вновь несколько сглаживается за счет снижения массы конструктивных элементов здания по мере их выгорания.

Собственно, жесткая привязанность классической теории огнестойкости конструкций к их нормативным и проектным нагрузкам является ее ахиллесовой пятой. Поскольку в данной системе координат практически невозможно учесть все те процессы, которые могут происходить в конструкции или с конструкцией, в процессе ее жизненного цикла и, тем более, при пожаре.

При этом для легких ненесущих ограждающих конструкций, которые не оказывают влияния на общую устойчивость здания, но участвующих в ограничении скорости распространения пожара, в пределах этажа пожарного отсека, и могут быть быстро заменены после пожара, без проведения сложных инженерных мероприятий, целесообразно оставить нормирование по собственному пределу огнестойкости, классифицируя их в качестве противопожарных преград. В любом случае предъявление требований по тепловой защите таких конструкций является абсолютно избыточным и экономически неоправданным.

Одновременно с этим нельзя говорить и о том, что классическая теория огнестойкости была ошибочной. Точнее, она разрабатывалась совершенно в иных условиях научно-технического развития, когда ученые только еще начинали переводить в математическую плоскость изучение вопросов понимания физических закономерностей распространения пожаров в зданиях, когда отсутствовали технологии моделирования динамики развития пожаров в помещениях и блокирования путей эвакуации. На современном этапе имеются достаточные расчетно-аналитические возможности для построения прогнозной модели развития пожара в любом здании с учетом фактической пожарной нагрузки [17, 18], обеспечивая требуемую степень их защиты, в т. ч. для конструкций, проходящих через сантехнические помещения, где пожарная нагрузка отсутствует, а также тех, что проходят через помещения архивов или библиотек, где нагрузка близка к

расчетной при определении стандартного температурного режима пожара или превышает ее [3].

Именно время распространения пожара и блокирования площади этажа пожарного отсека целесообразно было бы использовать в качестве основной пожарнотехнической характеристики объекта защиты, когда к первой степени огнестойкости и классу конструктивной пожарной опасности С0 не могут быть отнесены объекты, где в течение 3–5 минут с начала пожара происходит блокирование всех эвакуационных выходов с этажа, как в случае с пожаром в ТЦ «Зимняя вишня» [1], или в течение нескольких десятков минут оказываются охвачены огнем большинство несущих структурных элементов, как при пожаре в ТЦ «Синдика» [19].

В целом логичным представляется, чтобы система классификации зданий и сооружений по степеням огнестойкости и классам конструктивной пожарной опасности была привязана не к конкретному перечню конструкций, как это сделано сейчас, а к математически измеримым критериям защищенности объекта строительства к прогрессирующему разрушению и степени защищенности людей, находящихся в здании, от воздействия опасных факторов пожара.

Так, например, степень огнестойкости здания может быть определена как функция времени достижения объектом защиты предельного состояния по устойчивости к прогрессирующему разрушению, вследствие утраты (выключения) в результате воздействия опасных факторов пожара строительных конструкций, обеспечивающих его структурную целостность. Соответственно в процессе проектирования огнестойкость объекта защиты будет определяться как время достижения предельного состояния структурного элемента, после утраты которого для оставшихся элементов перестанет выполняться установленное СП 385.1325800.2018 условие:

$$F \leq S,$$

где F – усилия в конструктивных элементах или их соединениях, определяемые расчетом; S – несущая способность конструктивных элементов и их соединений.

При определении огнестойкости, утраченной или локально разрушенной должна считаться любая строительная конструкция, которая в процессе пожара подвергалась термическому воздействию, что не только не снижает существующих требований, но, в случае если предельной для конструкций будет установлена температура $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, значительно их повышает. Поскольку в этом случае для каждого объекта, где пожар воздействовал на конструкции, можно будет установить требование по проведению строительно-технической экспертизы, которая должна будет установить пригодность объекта к дальнейшей эксплуатации, а после экспертизы обязанность собственника помещения к выполнению мероприятий по восстановлению огнезащитного контура конструкций.

Такая система нормирования может позволить отказаться от дорогостоящих, но функционально абсолютно неэффективных мероприятий по огнезащитной обработке конструкций на промышленных объектах и складах, где характер распределения пожарной нагрузки так или иначе ведет к полной утрате защищаемого здания или сооружения, а частичное сохранение отдельных конструкций лишь усугубляет ситуацию, значительно замедляя процесс проведения восстановительных работ. Кроме того, такой подход позволит избежать случаев необоснованного завышения требований к пределам огнестойкости строительных конструкций [2], если расчетом будет доказано, что объемно-планировочные решения обеспечивают снижение скорости распространения горения (опасных факторов пожара по показателю плотности теплового потока или температуры) до значений, необходимых для сохранения устойчивости объекта защиты.

Показатель класса конструктивной пожарной опасности, сегодня прочно привязанный к абсолютно абстрактному показателю класса пожарной опасности строительных конструкций, должен, в свою очередь, стать математически определяемым критерием защищенности объекта строительства к распространению опасных факторов пожара (дым, токсичные продукты горения) в объеме пожарного отсека. В данном случае класс конструктивной пожарной опасности объекта защиты должен определяться как функция времени блокирования путей эвакуации как с этажа пожара, так и с вышележащих этажей. В такой системе к классу С0 здания с многосветными и атриумными пространствами, а также так называемые «опен спейсы» смогут быть отнесены только в случае применения сложных и высокоэффективных инженерных решений систем активной противопожарной защиты, работоспособность которых может быть подвергнута объективному контролю на любом цикле эксплуатации в отличие от показателя класса пожарной опасности конструкции. То же самое касается многоэтажных жилых домов, где планировка этажей часто допускает возможность возникновения ситуаций блокирования путей эвакуации, поскольку в нормативных документах по пожарной безопасности отсутствует требование обязательного расчетного подтверждения возможности эвакуации людей в случае пожара, если в полном объеме выполнены рекомендации нормативных документов, применение которых на добровольной основе обеспечивает выполнение требований Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ. Так, например, в случае планировки, приведенной на рис. 4, пожар в квартире, выделенной красным, практически наверняка приведет к одномоментному блокированию выхода на путь эвакуации жителям остальных квартир этого этажа, а выполнение конструкций или отделки лестничной клетки негорючими материалами исправить ситуацию

никак не позволяет. Очевидно, что в данном случае, с точки зрения защиты жизни и здоровья людей, необходимо в обязательном порядке предусматривать использование систем автоматического обнаружения и тушения пожаров в квартирах, противопожарных дверей с доводчиками (обеспечивающих гарантированное закрытие

двери после эвакуации жителей квартиры) или тамбур-шлюзов на выходах из квартир, однако ни одна из этих мер сегодня нормами практически не рассматривается, кроме требования по установке автономных пожарных извещателей.

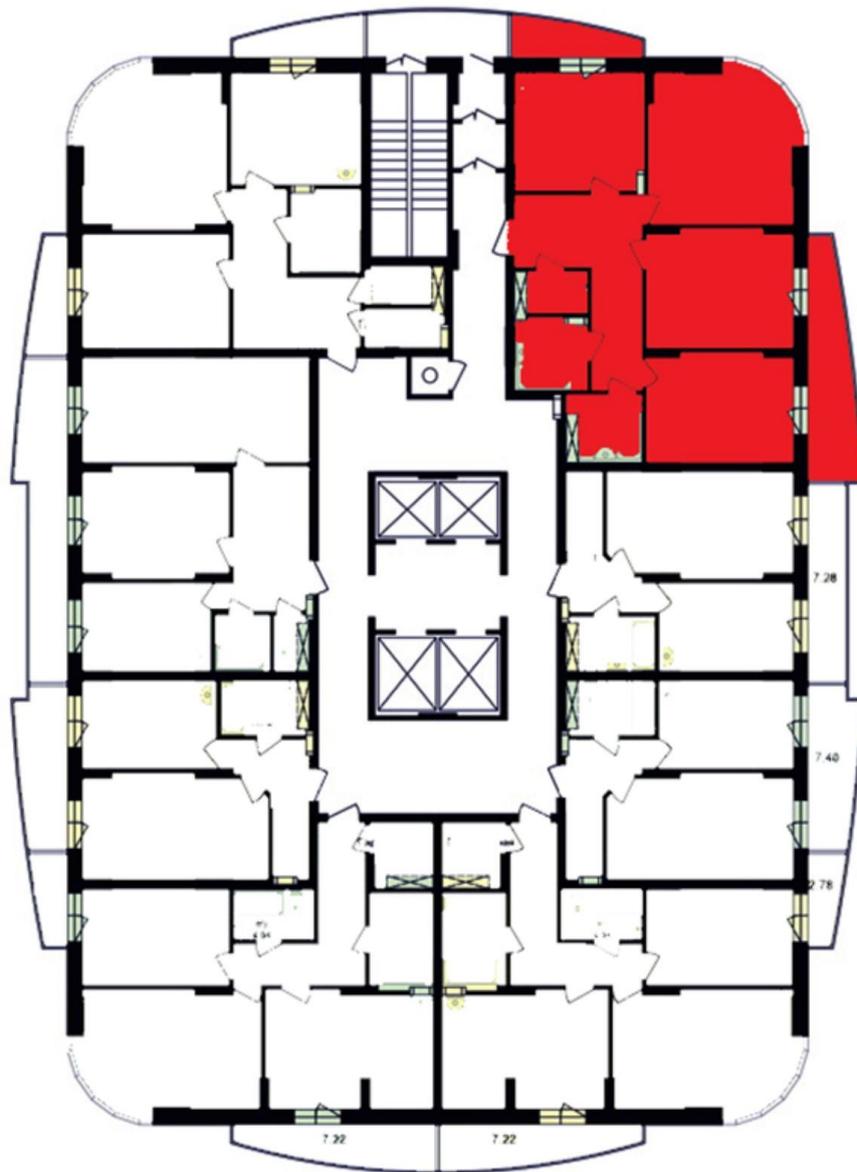


Рисунок 4. План типового этажа в многоквартирном жилом комплексе

Результатом реализации представленных предложений может стать ситуация, когда, например, одноэтажное складское здание площадью 10 000 м² практиче-

ски всегда будет относиться к I степени огнестойкости, поскольку конструктивная схема, наиболее вероятно будет обеспечивать достаточный запас устойчивости к прогрессирующему разрушению, несмотря

на то, что после пожара такое здание почти наверняка будет подлежать полному сносу, учитывая, что класс конструктивной пожарной опасности у такого здания практически всегда будет СЗ, поскольку заполнение объема дымом и токсичными продуктами горения будет происходить в течение нескольких минут. Для высотных зданий обеспечение I степени огнестойкости будет требовать проведения обязательного секционирования строительных объемов, что, в свою очередь, будет одновременно способствовать и выполнению требований к классу конструктивной пожарной опасности.

Выполнение указанных мероприятий позволит значительно повысить защищенность человека, движимого и недвижимого имущества от непосредственного воздействия опасных факторов пожара, а соответствие объекта защиты критериям безопасности сможет быть объективно оценено и приведено в соответствие современным требованиям на любом этапе жизни здания. В предлагаемой системе одновременное отнесение здания к I степени огнестойкости и к классу конструктивной пожарной опасности С0 будет однозначно свидетельствовать о том, что данный объект гарантировано будет пригоден к дальнейшей эксплуатации, после одиночного пожара.

Немаловажной составляющей системы пожарной безопасности, не учитываемой пока в нормативных документах по пожарной безопасности и в строительных нормах, вопреки базовым требованиям Федерального закона №69-ФЗ, является защита имущества от последствий тушения и иных действий пожарных подразделений, выполняемых в ходе проведения аварийно-спасательных работ. Между тем ущерб от действий по тушению пожаров зачастую оказывается гораздо выше, чем от самого пожара [20]. Наиболее критичной в данном случае является ситуация с ущербом, к которому приводит применение традиционных средств тушения (воды, пены). Так в

результате проливки помещений в многоэтажном здании, затопленным, в лучшем случае, оказывается подвал, в худшем – пять этажей под квартирой виновника пожара. В условиях России, где климатические условия в большинстве регионов не позволяют в последующем обеспечить быструю просушку помещений, это может вести не только к утрате движимого имущества на нижележащих этажах, но и существенному повреждению конструкций, а, соответственно, крайне негативно влияет на перспективы развития противопожарного страхования в нашей стране и требует разработки соответствующих рекомендаций и требований.

Выводы

Как показывает анализ [1], состояние системы пожарной безопасности, действующей в Российской Федерации, можно охарактеризовать как «находящуюся в состоянии близком к катастрофическому», где с одной стороны есть множество требований, некоторые из которых противоречат друг другу, а с другой – беспрецедентная по мировым масштабам смертность на пожарах. В этой связи следует говорить о необходимости начала научной дискуссии о путях рационализации системы безопасности и не последнюю роль в этом играет пересмотр подходов к нормированию в строительстве. В частности, в рамках представленной статьи предлагается на государственном уровне:

- 1) пересмотреть подходы к оценке показателя степени огнестойкости зданий и сооружений, с точки зрения обеспечения его устойчивости во время пожаров и постпожарной эксплуатационной пригодности;
- 2) пересмотреть подходы к оценке показателя класса конструктивной пожарной опасности объектов защиты с точки зрения обеспечения защиты жизни и здоровья людей при эвакуации из зданий в случае пожаров;
- 3) разработать мероприятия и рекомендации по снижению материального

ущерба, причиняемого третьим лицам, в результате действий пожарных подразделений при тушении пожара.

Литература

1. Полищук Е. Ю., Мешалкин Е. А., Болодьян Г. И. Противопожарное нормирование в Российской Федерации: проблемы и пути развития (в порядке обсуждения) // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 7. С. 58–68. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.07.58-68.
2. Ройтман В. М., Фирсова Т. Ф. Необоснованное завышение требований норм и СТУ опo пределам огнестойкости ряда конструкций высотных зданий // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 2. С. 59–62.
3. Голованов В. И., Пехотиков А. В., Павлов В. В. Расчет огнестойкости конструкций из стали с повышенными показателями огнестойкости для объектов нефтегазовой промышленности // Пожарная безопасность. 2017. № 4. С. 72–77
4. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий в Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 году». М., 2020. 259 с.
5. Babrauskas V., Williamson R. B. The Historical Basis of Fire Resistance Testing. Part I // Fire Technology. 1978. N 14. P. 184–194.
6. Babrauskas V., Williamson R. B. The Historical Basis of Fire Resistance Testing. Part II // Fire Technology. 1978. N 14. P. 184–194.
7. Крикливый С. Ю. Экспертное исследование бетонных строительных конструкций при поисках очага пожара: дис. ... канд. техн. наук / Крикливый Сергей Юрьевич, 2000. 159 с.
8. Полищук Е. Ю. Проблемы методологии оценки пожарной опасности строительных конструкций // Технологии техносферной безопасности. 2019. № 2. С. 47–53. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.47-53.
9. Calabrese L. et al. Thermal characterization of intumescent fire retardant paints // J. Phys. Conf. Ser. 2014. Vol. 547. P. 012005.
10. Гевлич С. О., Полонский Я. А. Расчет остаточного ресурса статически нагруженных конструкций в условиях эксплуатационного старения // Безопасность труда в промышленности. 2009. № 3. С. 51–53.
11. Мищенко В. Я., Драпалюк Д. А., Солнцев Е. А. Мониторинг дефектов и учет старения строительных конструкций жилого фонда // Науч. вестник Воронеж. гос. архит.-строит. ун-та. Стр-во и архитектура. 2009. Вып. 4 (16). С. 118–123.
12. Анохин Е. А., Полищук Е. Ю., Сивенков А. Б. Пожарная опасность ограждающих деревянных конструкций с длительным сроком эксплуатации // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 10. С. 30–40. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.30-40.
13. Приступок Д. Н. Огнестойкость зданий из железобетонных конструкций при комбинированных особых воздействиях с участием пожара: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Приступок Дмитрий Николаевич. М., 2013. 209 с.
14. Kodur V., Dwaikat M., Fike R. High-Temperature Properties of Steel for Fire Resistance Modeling of Structures // Journal of Materials in Civil Engineering. 2010. Vol. 22. N 5. P. 423–434. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000041.
15. Гравит М. В., Дмитриев И. И. Огнестойкость легких стальных тонкостенных конструкций. СПб., 2020. 213 с.
16. Gravit M. V. et al. Fire Design Methods for Structures with Timber Framework. Magazine of Civil Engineering. 2019. 85(1). P. 92–106. DOI: 10.18720/MCE.85.8.
17. Yu C. C. et al. Numerical Simulation of the Performance-Based of the Building Fire Protection Safety Evaluation / Key Engineering Materials. Vol. 531–532, 2013. P. 668–672. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.531-532.668.
18. Jevtić R. Fire Simulation in House Conditions // Tehnika – Kvalitet IMS, Standardizacija i metrologija. 2016. Vol. 16. P.160–166. DOI: 10.5937/tehnika1601160J.
19. Шайдуров В. С. Использование металлических строительных конструкций, обработанных огнезащитным составом, при проектировании современных зданий // Евразийское научное объединение. 2020. № 2–2. С. 139–142.
20. Абдурагимов И. М. Проблема тушения лесных и торфяных пожаров (тепловая теория тушения пожаров твердых горючих материалов на открытых пространствах и внутри зданий и сооружений) // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 10. С. 66–74.

Refereces

1. Polishchuk E. Yu., Meshalkin G. I., Bolodian G. I. Protivopozharnoe normirovanie v Rossiiskoi Federatsii: problemy i puti razvitiia (v poriadke obsuzhdeniia) [Fire Regulation In Russia. Problems And Ways Of Development (In Order Of Discussion)] // Industrial and civil engineering. 2020. № 7. P. 58–68. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.07.58-68.
2. Roitman V. M., Firsova T. F. Neobosnovannoe zavysheenie trebovani norm i STU opo predelam ognestoikosti riada konstruktsii vysotnykh zdani [Unjustified overstatement of regulations and special technical regulations for fire resistance of a number of constructions of high-rise buildings] // Fire and emergencies: prevention, elimination. 2017. № 2. P. 59–62.
3. Golovanov V. I., Pekhotikov A. V., Pavlov V. V. Raschet ognestoikosti konstruktsii iz stali s povyshennymi pokazateliami ognestoikosti dlia obektov neftegazovoi promyshlennosti [Calculation of fire resistance of steel structures with increased fire resistance indicators for oil and gas industry facilities] // Fire Safety. 2007. № 4. P. 72–77.
4. Gosudarstvennyi doklad «O sostoianii zashchity naseleniia i territorii v Rossiiskoi Federatsii ot chrezvychainykh situatsii prirodnoho i tekhnogennoho kharaktera v 2019 godu» [State report: "on the state of protection of the population and territories in the Russian Federation from natural and man-made emergencies in 2019"]. M., 2020. 259 p.
5. Babrauskas V., Williamson R. B. The Historical Basis of Fire Resistance Testing. Part I // Fire Technology. 1978. N 14. P. 184–194.
6. Babrauskas V., Williamson R. B. The Historical Basis of Fire Resistance Testing. Part II // Fire Technology. 1978. N 14. P. 184–194.
7. Krikliviy S. Yu. Ekspertnoe issledovanie betonnykh stroitelnykh konstruktsii pri poiskakh ochaga pozhara: dis. ... kand. tekhn. nauk [Expert study of concrete building structures in the search for a fire source] // Krikliviy S. Sergej Yur'evich, 2000. 159 p.
8. Polishchuk E. Yu. Problemy metodologii otsenki pozharnoi opasnosti stroitelnykh konstruktsii [The problems of methodology of assessment of fire hazard of building structures] // Technology of technosphere safety. 2019. № 2. P. 47–53. DOI: 10.25257/TTS.2019.2.84.47-53.
9. Calabrese L. et al. Thermal characterization of intumescent fire retardant paints // J. Phys. Conf. Ser. 2014. Vol. 547. DOI:10.1088/1742-6596/547/1/012005.
10. Gevlich S. O., Polonskii Ia. A. Raschet ostatochnogo resursa staticheski nagruzhenykh konstruktsii v usloviakh ekspluatatsionnogo starenii [Calculation of the residual life of statically loaded structures under operational aging conditions] // Occupational Safety in Industry. 2009. № 3. P. 51–53.
11. Mishchenko V. Ia., Drapaliuk D. A., Solntcev E. A. Monitoring defektov i uchet starenii stroitelnykh konstruktsii zhilogo fonda [Monitoring of Defects and Account of Aging of Housing Constructions] // Nauch. vestnik Voronezh. gos. arxit.-stroit. un-ta. Str-vo i arhitektura. 2009. Vy`p. 4 (16). P. 118–123.
12. Anokhin E. A., Polishchuk E. Yu., Sivenkov A. B. Pozharnaia opasnost ograzhdaiushchikh dereviannykh konstruktsii s dlitelnyim srokom ekspluatatsii [Fire hazard of enclosing wooden structures with a long service life] // Fire and Explosion Safety. 2016. T. 25. № 10. P. 30–40. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.10.30-40.
13. Pristupiyuk D. N. Ognestoikost zdani iz zhelezobetonnykh konstruktsii pri kombinirovannykh osobykh vozdeistviakh s uchastiem pozhara: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.26.03 [Fire resistance of buildings made of reinforced concrete structures under combined special effects involving fire] / Pristupiyuk Dmitriy Nikolaevich. M., 2013. 209 p.
14. Kodur V., Dwaikat M., Fike R. High-Temperature Properties of Steel for Fire Resistance Modeling of Structures // Journal of Materials in Civil Engineering. 2010. Vol. 22. N 5. P. 423–434. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0000041.
15. Gravit M. V., Dmitriev I. I. Ognestojkost` legkix stal`ny`x tonkostenny`x konstrukcij [Fire resistance of light steel thin-walled structures]. SPb., 2020. 213 p.
16. Gravit M. V. et al. Fire Design Methods for Structures with Timber Framework / Magazine of Civil Engineering. 2019. 85(1). P. 92–106. DOI: 10.18720/MCE.85.8.
17. Yu C. C. et al. Numerical Simulation of the Performance-Based of the Building Fire Protection Safety Evaluation // Key Engineering Materials. 2013. Vol. 531–532. P. 668–672. DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.531-532.668.
18. Jevtić R. Fire Simulation in House Conditions // Tehnika – Kvalitet IMS, Standardizacija i metrologija. 2016. Vol. 16. P. 160–166. DOI: 10.5937/tehnika1601160J.
19. Shaidurov V. S. Ispolzovanie metallicheskih stroitelnykh konstruktsii, obrabotannykh ogneshchitnym sostavom, pri proektirovanii sovremennykh zdani [Use of metal building structures treated with fire-retardant composition in the design of modern buildings] // Evrazijskoe nauchnoe ob`edinenie. 2020. № 2–2. P. 139–142.
20. Abduragimov I. M. Problema tusheniia lesnykh i torfianykh pozharov (teplovaia teoriia tusheniia pozharov tverdykh goriuchikh materialov na otkrytykh prostranstvakh i vntri zdani i sooruzhenii) [The problem of extinguishing forest and peat fires (thermal theory of extinguishing fires of solid combustible materials in open spaces and inside buildings and structures)] // Fire and Explosion Safety. 2012. № 10. P. 66–74.

**АКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВНУТРЕННЕГО
ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОПРОВОДА****UPDATE OF INTERNAL FIRE-FIGHTING
WATER PIPELINE SYSTEMS***Баранчикова Н. И.,**кандидат физико-математических наук,
Национальный исследовательский Иркутский
государственный технический университет, Иркутск,**Епифанов С. П.,**кандидат физико-математических наук,
ООО «Иркутский ремонтно-механический завод», Иркутск,
Калинин И. С.,**Главное управление МЧС России по Иркутской области, Иркутск**Baranchikova N.,**Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk
Epifanov S.,**Irkutsk Mechanical Repair Plant, Irkutsk,**Kalinin I.,**the Main Directorate of the Ministry of Emergencies
of Russia in the Irkutsk Region, Irkutsk*

В РФ число погибших на пожарах в жилых, общественных и производственных зданиях составляет ежегодно около 13000 человек. Одной из основных причин такого положения является то, что в зданиях старой постройки внутренний противопожарный водопровод спроектирован по нормам, которые к настоящему времени претерпели существенные изменения. Это привело к тому, что современные требования к внутреннему противопожарному водопроводу выполняются не в полном объеме. Приведение пожарного водопровода к новым нормативным требованиям не всегда возможно только на основе испытаний на водоотдачу. Показана необходимость дополнительного проведения многовариантных гидравлических расчетов с нефиксированными отборами воды на пожаротушение для объективной оценки работоспособности противопожарного водопровода. На реальном примере продемонстрировано, что местные потери напора могут составлять существенную часть общих потерь напора, что необходимо учитывать, и что исходными данными для гидравлического расчета внутреннего противопожарного водопровода не могут быть значения расхода через пожарные стволы из СП 10.13130.2009, так как это может привести к неверной оценке работоспособности противопожарного водопровода.

Ключевые слова: внутренний противопожарный водопровод, задача потокораспределения, гидравлический расчет, пожарные стволы, нефиксированный отбор, напор, давление.

In the Russian Federation, the death toll in fires in residential, public and industrial buildings is about 13,000 people annually. One of the main reasons for this situation is that in old buildings the internal fire-fighting water supply system was designed according to the standards that have undergone significant changes by now. This has led to the fact that

modern requirements for the internal fire-fighting water supply system are not fully met. Bringing a fire water supply system to new regulatory requirements is not always possible only on the basis of water output tests. The necessity of additional carrying out of multivariate hydraulic calculations with non-fixed nodal selections for fire extinguishing for an objective assessment of the fire-fighting water supply system is shown. Using a real example, it was demonstrated that local head losses can constitute a significant part of the total head losses, which must be taken into account, and that the initial data for the hydraulic calculation of the internal fire-fighting water supply cannot be the flow rate through fire handline nozzles from SP 10.13130.2009, since this can lead to an incorrect assessment of the performance of the fire-fighting water supply system.

Keywords: internal fire-fighting water supply, the problem of flow distribution, hydraulic calculation, handline nozzles, non-fixed nodal selection, head, pressure.

За последнее десятилетие практически не снижается число пожаров в жилых и общественных зданиях в РФ. Возгорания происходят как во вновь построенных высотных зданиях, оборудованных всеми необходимыми системами пожаротушения, так и в жилых и общественных зданиях старой постройки. Последние проектировались и строились еще в середине прошлого века. Эти здания чаще не являются высотными, но возникновение пожаров в них иногда приводит к человеческим жертвам и значительному материальному ущербу. Около 2000 пожаров в среднем за год приходится на общеобразовательные учреждения РФ [1], в том числе и в общежитиях. И хотя некоторые здания оборудованы системами внутреннего противопожарного водопровода (далее – ВПВ), использование его происходит крайне редко, более того наблюдается тенденция к снижению применения ВПВ. Так, ВПВ, объединенный с хозяйственно-питьевым водопроводом, в 2005 г. использовался всего в 9 % случаев возгораний [2]. Еще реже используется специальный ВПВ. И причин тому несколько:

1) неспособность находящихся (в том числе, проживающих) в здании людей организовать эффективное тушение возгорания;

2) ВПВ, как специальный, так и совмещенный, находятся в неработоспособном состоянии.

Причины, по которым ВПВ оказывается в неработоспособном состоянии, могут быть самыми разными:

а) снизилось гарантированное давление на вводе в здание, вследствие изменения режимов работы и параметров наружных сетей водопровода;

б) существенно изменилась структура расходов воды в здании (причины могут быть различными);

в) не проводились либо проводились формально испытания ВПВ на водотдачу;

г) не подвергались испытаниям клапаны пожарных кранов, насосные установки, пожарные рукава или испытывались в существенно неполном объеме;

д) разукomплектованы пожарные краны (далее – ПК);

е) для зданий старой постройки гидравлические расчеты проводились на основе нормативных документов (СНиП), которые претерпели к настоящему времени существенные изменения;

ж) расходы воды через пожарные стволы оказываются существенно ниже (или выше) нормативных значений (табл. 1);

з) на основании некорректно выполненных гидравлических расчетов производится неверная оценка работоспособности ВПВ или принимаются неправильные решения о его совершенствовании [4].

Таблица 1

Расход воды на пожаротушения в зависимости от высоты компактной части струи [3]

Высота компактной части струи или помещения (номинальное s_k), м	Производительность пожарной струи, л/с	Напор у spryska пожарного ствола, м	Напор у клапана ПК, Давление у клапана ПК, бар (МПа) с рукавами длиной, м		
			10	15	20
1	2	3	4	5	6
6,02 (6)	2,5	7,87	$\frac{8,62}{0,88}$	$\frac{9,00}{0,92}$	$\frac{9,37}{0,96}$
6,47 (6)	2,6	8,52	$\frac{9,33}{0,95(0,092)}$	$\frac{9,74}{0,99(0,096)}$	$\frac{10,14}{1,03(0,10)}$
7,84 (8)	2,9	10,59	$\frac{11,59}{1,18(0,12)}$	$\frac{12,09}{1,23(0,125)}$	$\frac{12,59}{1,28(0,13)}$
9,79 (10)	3,3	13,72	$\frac{15,03}{1,53(0,151)}$	$\frac{15,68}{1,60(0,157)}$	$\frac{16,33}{1,66(0,164)}$
11,78 (12)	3,7	17,24	$\frac{18,89}{1,93(0,192)}$	$\frac{19,71}{2,01(0,196)}$	$\frac{20,54}{2,09(0,21)}$
14,24 (14)	4,2	22,22	$\frac{24,34}{2,48(0,248)}$	$\frac{25,40}{2,59(0,255)}$	$\frac{26,46}{2,70(0,263)}$
16,09 (16)	4,6	26,65	$\frac{29,20}{2,98(0,293)}$	$\frac{30,48}{3,11(0,30)}$	$\frac{31,75}{3,24(0,318)}$
18,21 (18)	5,1	32,76	$\frac{35,88}{3,66(0,36)}$	$\frac{37,44}{3,82(0,38)}$	$\frac{39,00}{3,98(0,40)}$

Примечание: в знаменателе в скобках приведены значения давления у клапана пожарного крана, МПа, из [3] (табл. 3) только для сравнения.

В основе гидравлических расчетов ВПВ лежат: формула Люгера (1895 г.) (реже Фримана, 1888 г.), связывающая высоту сплошной струи (S_b) и напор H (напор истечения) перед spryskom пожарного ствола; формула, связывающая расход через пожарный ствол и H , и формула, связывающая высоту сплошной и компактной (S_k) струй [5]. Так как при ручном счете использование этих формул представляет определенную сложность, были составлены таблицы.

Впервые таблицы, связывающие вышеуказанные величины были приведены в [5]. В этих таблицах приведены так же значения напора у ПК (после клапана ПК (КПК) по ходу движения воды). В рас-

четах принята подача воды по непрорезиненным пеньковым рукавам с удельным сопротивлением $s_0 = 0,015 \text{ с}^2/\text{л}^2$ для пожарного рукава $d = 50 \text{ мм}$. Важно отметить, что местные потери в пожарном рукаве не учитываются, так как в каждом конкретном случае число поворотов будет разным. В s_0 учтены только потери напора в соединительных гайках рукава с клапаном и стволом ПК.

В СНиП II-Г. 1-62 «Внутренний водопровод жилых и общественных зданий. Нормы проектирования» приведена таблица 15, в которой связаны S_k , производительность пожарной струи (q) и напор у КПК ($H_{\text{КПК}}$) для непрорезиненных пеньковых пожарных рукавов длиной 10 и 20 м.

Зависимость $S_k(q)$ однозначная и не зависит от диаметра КПК. В таблице же одинаковым значениям S_k для различных диаметров КПК указаны различные значения производительности пожарной струи, чего быть не может. Кроме того, напоры у КПК для некоторых S_k отличаются от точных значений на 5–6 % как в большую, так и в меньшую сторону.

В СНиП II-Г. 1-70 «Внутренний водопровод зданий. Нормы проектирования» так же приведена таблица 17, связывающая S_k , q и $H_{КПК}$, в которой уточнены значения $H_{КПК}$. В то же время сохранилась неточность из СНиП II-Г. 1-62, которая приводит к погрешности в определении $H_{КПК}$. Определяя q при заданном S_k , величину производительности струи округляют до десятичного знака, что приводит, соответственно, к изменению величины потери напора в пожарном рукаве и величины S_k . Например, для $d_{ср} = 16$ мм, $d_{КПК} = 50$ мм и $S_k = 6,0$ м, $q = 2,47$ л/с, но в таблице округлено до $q = 2,6$ л/с. Значению $q = 2,6$ л/с уже соответствует $S_k = 6,57$ м. Такая же ситуация наблюдается и для других значений q , причем, расчетное S_k бывает как больше, так и меньше приведенных в таблице. При тех же исходных данных $q = 5,1$ л/с расчетная $S_k = 18,41$ м при табличном значении $S_k = 18$ м.

Во всех последующих нормативных документах рассматриваемая таблица практически не менялась. В [3, табл. 3] вместо напора у ПК приведено давление у клапана ПК в МПа.

Приведем фрагмент наиболее часто применяемой части табл. 3 [3] для $d_{ср} = 16$ мм и $d_{КПК} = 50$ мм в несколько измененном виде, что представляется более удобным для использования.

Исходной (заданной) величиной является производительность пожарной струи (табл. 1 графа 2). Затем вычисляется напор перед спрыском $H = q^2/k^2$, где k — проводимость пожарного ствола, $k = 0,891$ л/(с·м^{0,5}) (графа 3) и потери напора в рукаве $y = s_0 l q^2$, $s_0 = 0,012$ с²/л². Для определения S_k необходимо решить систему уравнений:

$$\begin{aligned} S_k &= H / [\alpha (1 + \varphi H)], \\ \varphi &= 0,25 \cdot 10^{-3} / (d + 1000d^3), \\ \alpha &= 1,19 + 80(0,01S_k^4) [3]. \end{aligned}$$

Из пяти решений выбирается только единственное действительное значение S_k (графа 1). Затем вычисляются напоры перед клапаном ПК, $H_{КПК} = H + y$ (графы 4, 5, 6).

Из данных табл. 1 видно, что расчетные S_k при некоторых q меньше требуемой высоты компактной струи, что необходимо учитывать при проектировании ВПВ. Разность между значениями напоров у клапана ПК и спрыска пожарного ствола равна потере напора в пожарном рукаве. Чаще значения давления у КПК в табл. 3 [3] незначительно занижены. Величины напора у спрыска пожарного ствола могут быть использованы при испытаниях ПК на водоотдачу, когда манометр расположен вблизи или на стволе ПК.

При использовании результатов гидравлического расчета ВПВ для аналитической оценки водоотдачи, выработки мероприятий по совершенствованию ВПВ по заданной высоте компактной части струи по табл. 3 [3] уточняются (назначаются) производительности пожарных струй [5, 6, 7], то есть фиксируются расходы через действующие пожарные стволы. На самом же деле эти расходы не могут быть фиксированы, так как они зависят от давления перед пожарным стволом. При этом результаты гидравлического расчета могут значительно отличаться от действительного потокораспределения, в связи с чем могут быть сделаны неверные

выводы о водоотдаче из пожарных стволов и работоспособности системы ВПВ. Для демонстрации ошибочности изложенного подхода, проанализируем результаты гидравлического расчета ВПВ студенческого общежития, приведенного в [4], на основании которого делается заключение о его работоспособности и предлагается совершенствовать ВПВ. Таких зданий в РФ экс-

плуатируются многие тысячи, а число пожаров в них значительное, иногда приводящие к трагическим последствиям [1], поэтому представляется важным проанализировать ошибки и недочеты, приведенного в [4] гидравлического расчета ВПВ.

Принципиальная схема объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода приведена на рисунке.

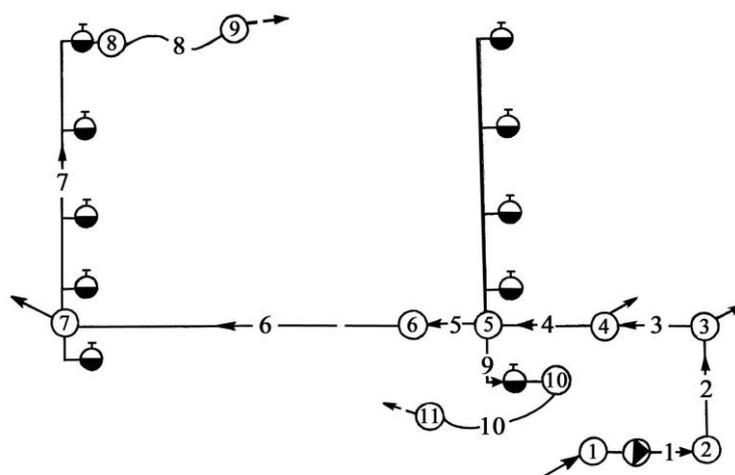


Рисунок. Схема объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода:

- ① – узел с указанием номера, стрелка означает наличие отбора или притока (пунктирная стрелка – отбор только в случае тушения пожара);
- – участок с указанием направления потока (в разрыве дуги указан номер участка);
- ⊙ – насосная станция

Исходные данные: гидравлические сопротивления участков трубопроводов s_l ($\text{м} \cdot \text{с}^2 / \text{л}^2$) и модули местных сопротивлений (s_m ($\text{м} \cdot \text{с}^2 / \text{л}^2$)) [8] приведены в табл. 2.

Таблица 2
Гидравлические сопротивления участков трубопроводов и модули местных сопротивлений

	Номера участков									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$s_{l,i}$	–	0,1108	0,01108	0,02216	0,01108	0,3878	0,1224	0,24	0,02216	0,24
$s_{m,i}$	0,086	0,0423	0,0082	–	0,0082	0,0185	0,1085	0,008	0,1085	0,008

Расходы на хозяйственно-питьевые нужды в узлах: $q_3 = 1,19$ л/с, $q_4 = 0,112$ л/с,

$q_6 = 0,077$ л/с, $q_7 = 1,802$ л/с. Длина пожарного рукава диаметром 50 мм равна 20 м. Пожарный ствол РС-50 с диаметром

спрыска 16 мм; проводимость пожарного ствола РС-50 $k = 0,891 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^{1/2})$. Для стального трубопровода $d = 50 \text{ мм}$ принято удельное сопротивление $s_0 = 0,01108 \text{ с}^2/\text{л}^2$ при наибольшей шероховатости.

Повысительный насос К 20/30: сопротивление насоса $s_n = 0,1473 \text{ с}^2 \cdot \text{м}/\text{л}^2$, $H_0 = 34,55 \text{ м}$ (напор при нулевой подаче). Напор на вводе водопровода 35 м.

$$-x_i + x_{i+1} = q_{i+1}, \quad i = 1, \dots, 7, \quad q_2 = q_5 = q_8 = 0, \quad (1)$$

$$x_8 = q_9, \quad q_9 = k\sqrt{u_9 - z_9}, \quad (2)$$

$$u_2 - u_1 = H_0 - y_1, \quad u_i - u_{i+1} = y_i, \quad i = 2, \dots, 8, \quad (3)$$

$$y_i = \tilde{s}_i |x_i| x_i, \quad i = 1, \dots, 8, \quad (4)$$

где x_i, y_i — расход и потери напора на участке i ; u_i — пьезометрический напор в узле i ; z_9 — геометрический напор у пожарного ствола (в узле 9); \tilde{s}_i — гидравлическое сопротивление участка i ; если учитываются местные сопротивления, то

$\tilde{s}_i = s_{l,i} + s_{m,i}$, иначе, $\tilde{s}_i = s_{l,i}$. Искомые переменные: $x_i, y_i, i = 1, \dots, 8$; $u_i, i = 2, \dots, 9$; q_9 .

При определении водоотдачи из пожарного ствола в узле 11 (ближайшем к вводу) решается система уравнений:

$$-x_i + x_{i+1} = q_{i+1}, \quad i = 1, \dots, 5, 9; \quad -x_5 - x_9 + x_4 = 0, \quad x_6 = q_7, \quad q_2 = q_5 = q_{10} = 0, \quad (1')$$

$$x_{10} = q_{11}, \quad q_{11} = k\sqrt{u_{11} - z_{11}}, \quad (2')$$

$$u_i - u_{i+1} = y_i, \quad i = 2, \dots, 6, 9, \quad u_2 - u_1 = H_0 - y_1 \quad \text{и} \quad u_5 - u_{10} = y_9, \quad (3')$$

$$y_i = \tilde{s}_i |x_i| x_i, \quad i = 1, \dots, 6, 9, 10. \quad (4')$$

Результаты гидравлического расчета (решения систем уравнений), характеризующие подачу насоса и водоотдачу из соответствующего ПС (диктующего и наиболее далеко/близко расположенного к пожарной насосной установке (ПНУ) приведены в табл. 3. Напор, или пьезометрическая высота [10] в узле i определяется по формуле

$H_i = u_i - z_i$, где z_i — геометрический напор в узле i .

Целью проведенных расчетов является проверка соответствия существующего объединенного противопожарного водопровода, эксплуатирующегося продолжительное время, определенным в актуализированных нормативных документах требованиям.

Таблица 3

Результаты гидравлических расчетов при различных вариантах пожаротушения

Номер варианта	Описание режима	Напор после ПНУ H_2 , м	χ_1 , л/с ($M^3/ч$)	Расход через ПС 9, л/с	Расход через ПС 11, л/с	Напор (м) после клапана ПК 8 / перед ПС 9	Напор (м) после клапана ПК 10 / перед ПС 11	Потери напора на уч-ке 1–9: по длине местные* м	Потери напора на уч-ке 1–11 по длине местные м	Высота компактной струи, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	ДПК 9, ПНУ[4]		5,681	2,5	—	$\frac{10,0}{7,87}$	—	16,08	—	6,0
2	ДПК 9, ПНУ, без местн. сопр.	61,70	7,29 (26,25)	4,11	—	$\frac{25,40}{21,33}$	—	$\frac{23,12}{—}$	—	13,82
3	ДПК 9, ПНУ с местн. сопр.	58,70	6,88 (24,77)	3,70	—	$\frac{37,20}{34,03}$	—	$\frac{22,68}{8,75}$	—	11,8
4	ПС 11, ПНУ с местн. сопр.	54,0	8,16 (29,40)	—	4,98	—	$\frac{37,42}{31,21}$	—	$\frac{15,46}{11,83}$	17,74
5	ПС 11, ПНУ $H_1 = 45,0$ м	62,38	8,58 (30,90)	—	5,4	—	$\frac{43,92}{36,70}$	—	$\frac{17,58}{13,29}$	19,35

Вариант 1. Приведены результаты расчета из [4]. Расход через ПС 9 принят по табл. 3 [3]. Принципиальная ошибка в приведенном гидравлическом расчете состоит в том, что расход через диктующий ПК, как и через любой другой ПК, определяется не по табл. 3 [3], а в результате гидравлического расчета (с нефиксированными отборами через ПС). Так же по результатам расчета определяются подача и напор ПНУ, напоры у задействованных ПК и ПС и высота компактной части струи). Система уравнений (1)–(4) в этом случае не имеет решения, так как число уравнений больше числа неизвестных. Авторы [4] фактически исключили часть уравнений, что и позволило получить некоторое «решение», не имеющее отношения к реальной системе ВПВ.

Вариант 2. Напор на вводе соответствует гарантированному; включена ПНУ и принята максимальная шероховатость трубопроводов; пожаротушение осуществляется через диктующий ПС 9. Расходы на хозяйственно-питьевые нужды приняты, как и в [4].

Расход пожарной струи через ПС 9 составляет 4,11 л/с, что более чем на 60 % отличается от требуемого (принятого в расчете варианта 1). Потери напора от ввода до пожарного ствола составляют 23,12 м, что существенно превышает потери по варианту 1.

Вариант 3. Исходные данные те же, что и во втором варианте, но учитываются местные потери. Местные потери составляют 39 % от потерь по длине, что значи-

тельно превышает рекомендуемую величину (15 %) в [2]. Производительность пожарной струи существенно превышает требуемую.

Вариант 4. Пожаротушение осуществляется через ПС 11 (ближайший к вводу, расположенный на первом этаже). Подача насоса – $29,4 \text{ м}^3/\text{ч}$, т.е. рабочая точка находится за правой границей рабочей зоны (насос либо отключится, либо выйдет из строя). Скорость воды на участках 1, 2 равна $4,2 \text{ м/с}$, что превышает допустимую ($3,0 \text{ м/с}$). Производительность пожарной струи через ПС 11 равна $4,98 \text{ л/с}$, что практически вдвое превышает требуемую. Местные потери напора составляют 77 % от потерь по длине. Примерно такие же значения (и отклонения) получаются, если пожаротушение будет осуществляться из ПС этого же стояка на 2-м или 3-м этажах. Из результатов этого расчета следует, что вывод, сделанный в [4], неверен, так как рабочая точка (насоса) вышла за границы рабочей зоны.

Вариант 5. Исходные данные те же, что и в варианте 4, но напор на вводе составляет 45 м (что вполне допустимо). Рабочая точка так же находится за границей рабочей зоны. Местные потери напора составляют 76 % от потерь по длине.

Для исключения избыточных расходов через действующие ПС и введения рабочей точки в рабочий диапазон характеристики насоса достаточно установить диафрагмы после всех клапанов ПК с диаметром отверстия 15 мм. В этом случае через ПС 9 расход составит $2,5 \text{ л/с}$, а через ПС 11 — $3,07 \text{ л/с}$. При этом доля местных сопротивлений относительно потерь по длине возрастет. В этом случае система ВПВ будет работоспособной при любых режимах.

Для эффективного тушения возгораний необходимо использовать современные универсальные ручные стволы с кольцевыми распыляющими насадками [13], которые имеют не только более высокую производительность струи, но и позволяют защитить участника тушения возгорания

от теплового воздействия и отравляющих веществ (частично). Формула для определения расхода через пожарный ствол имеет вид

$$q = 13k_1(R^2 - r^2)\sqrt{H},$$

где R – радиус корпуса пожарного ствола, м; r – радиус сердечника, м; k_1 – конструктивный коэффициент насадка.

В настоящее время производители не предоставляют информацию о параметрах универсальных стволов, что не позволяет их применять обоснованно. Кроме того, в этом случае какое-либо использование табл. 3 [3] недопустимо.

Существует достаточно простой некоммерческий ПВК «ИСИГР» (интерен-система гидравлических расчетов), позволяющий в любой момент произвести необходимые гидравлические расчеты совмещенного либо специального ВПВ.

Заключение

1. Для оценки работоспособности как совмещенного, так и специального противопожарного водопровода, необходимо выполнять, согласно регламенту, испытания на водоотдачу пожарных кранов ВПВ, в том числе и пожарных насосных установок. При числе пожарных струй более двух провести синхронно испытания на водоотдачу пожарных кранов технически не просто, и, особенно, получить достоверные результаты. В этом случае необходимо дополнительно проводить гидравлические расчеты, на основании которых можно более объективно оценить работоспособность ВПВ.

2. Местные потери напора необходимо учитывать не процентами от потерь напора по длине, а непосредственно включать их в потери напора на соответствующих участках, так как их величина может составлять от нескольких десятков до сотен процентов.

3. При испытаниях на водоотдачу пожарных кранов необходимо оценивать

не только производительности пожарных струй и давление после пожарного клапана (либо перед пожарным стволом), но и, при

наличии пожарной насосной установки, подачу насоса, а также давление до и после него.

Литература

1. Тербнев В. В., Артеиьев Н. С., Подгрушный А. В. Пожаротушение в жилых и общественных зданиях. М., 2009. Т. 35. 207 с.
2. Внутренний противопожарный водопровод / Л. М. Мешман и др. М, 2010. 496 с.
3. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний водопровод. Требования пожарной безопасности. М., 13 с.
4. Чибинев Н. б Н., Середина А. В., Пашкова И. А. Совершенствование внутреннего противопожарного водоснабжения в студенческих общежитиях // Водоснабжение и сан. техника. 2019. № 10.
5. Лобачев В. Г. Противопожарное водоснабжение. М.–Л., 1950.
6. Абросимов Ю. Г. и др. Гидравлика и противопожарное водоснабжение. М., 2003. 392 с.
7. Прудникова В. Е., Уйманова М. Ю., Путько А. В. Оценка надежности противопожарного водоснабжения общественного здания // Новые идеи нового века – 2017: мат. XVII международной научной конференции: в 3 т. / Тихоокеан. гос. ун–т. – Хабаровск, 2017. Т. 3. С. 345–350.
8. Курганов А. М., Федоров Н. Ф. Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения. Л., 1986. 440 с.
9. Баранчикова Н. И. и др. Гидравлический расчет установок автоматического пожаротушения, совмещенных с внутренним противопожарным водопроводом // Водоснабжение и сан. техника. 2019. № 10. С. 23–8.
10. Гиргидов А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика). М., 2014. 704 с.
11. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний водопровод. Требования пожарной безопасности. 13 с.
12. Баранчикова Н. И., Епифанов С. П., Зоркальцев В. И. Методика гидравлического расчета систем автоматического пожаротушения // Вода и экология. 2018. № 2(74).
13. Малютин О. С. Определение расчетных значений расхода воды из современных универсальных ручных пожарных стволов с кольцевыми распыляющими насадками // Техносферная безопасность. 2017. № 3 (16).
14. Епифанов С. П., Зоркальцев В. И. Задача потокораспределения с нефиксированными отборами // Водоснабжение и сан. техника. 2009. № 9.
15. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний водопровод. Требования пожарной безопасности. 13 с.

References

1. Terebnev V. V., Artei'yev N. S., Podgrushnyy A. V. Pozharotusheniye v zhilykh i obshchestvennykh zdaniyakh. M., 2009. T. 35. 207 s.
2. Vnutrenniy protivopozharnyy vodoprovod / L. M. Meshman et al. M, 2010. 496 s.
3. SP 10.13130.2009. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Vnutrenniy vodoprovod. Trebovaniya pozhar-noy bezopasnosti. M., 13 p.
4. Chibinev N. N., Seredina A. V., Pashkova I. A. Sovershenstvovaniye vnutrennego protivopozharnogo vodosnabzheniya v studencheskikh obshchezhitiyakh // Vodosnabzheniye i san. tekhnika. 2019. № 10.
5. Lobachev V. G. Protivopozharnoye vodosnabzheniye. M.–L., 1950.
6. Abrosimov YU. G. et al. Gidravlika i protivopozharnoye vodosnabzheniye. M., 2003. 392 p.
7. Prudnikova V. Ye., Uymanova M. YU., Put'ko A. V. Otsenka nadezhnosti protivopozharnogo vodosnabzheniya obshchestvennogo zdaniya // Novyye idei novogo veka – 2017: mat. XVII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: v 3 t. / Tikhookean. gos. un-t. – Khabarovsk, 2017. T. 3. P. 345–350.
8. Kurganov A. M., Fedorov N. F. Gidravlicheskiye raschety sistem vodosnabzheniya i vodo-otvedeniya. L., 1986. 440 p.
9. Baranchikova N. I. et al. Gidravlicheskiy raschet ustanovok avtomaticheskogo pozharotusheniya, sovmeshchennykh s vnutrennim proti-vopozharnym vodoprovodom // Vodosnabzheniye i san. tekhnika. 2019. № 10. P. 23–8.
10. Girgidov A. D. Mekhanika zhidkosti i gaza (gidravlika). M., 2014. 704 p.
11. SP 10.13130.2009. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Vnutrenniy vodoprovod. Trebovaniya pozhar-noy bezopasnosti. M., 13 p.
12. Baranchikova N. I., Yepifanov S. P., Zorkal'tsev V. I. Metodika gidravlicheskogo ras-cheta sistem avtomaticheskogo pozharotusheniya // Voda i ekologiya. 2018. № 2 (74).

13. Malyutin O. S. Opredeleniye raschetnykh znacheniy raskhoda vody iz sovremennykh uni-versal'nykh ruchnykh pozharnykh stvolov s kol'tsevymi raspylyayushchimi nasadkami // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2017. № 3 (16).

14. Yepifanov S. P., Zorkal'tsev V. I. Zadacha potokoraspredeleniya s nefiksirovannymi otborami // Vodoprovodnyye i san. tekhnika. 2009. № 9.

15. SP 10.13130.2009. Sistemy protivopozharnoy zashchity. Vnutrenniy vodoprovod. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti. M., 13 p.

УДК 614.8

el-tretyak@yandex.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРА ГРУБОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ
ПРИ УСТАНОВКЕ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ
НА НАРУЖНУЮ ВОДОПРОВОДНУЮ СЕТЬ**

**USING A COARSE WATER FILTER WHEN INSTALLING
A FIRE TRUCK ON AN OUTDOOR WATER SUPPLY SYSTEM**

*Карама Е. А., кандидат педагогических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Селиверстов К. П., ФГКУ Специальное управление
ФПС 34 МЧС России, Пермь,
Бараковских С. А., кандидат педагогических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Опарина Е. В., 62 ПСЧ 1 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС
России по Свердловской области, Екатеринбург*

*Karama E., The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,
Seliverstov K., The Federal State Government
Institution of the Special Department of the Federal
fire service 34 of the EMERCOM of Russia, Perm,
Barakovskikh S., The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg,
Oparina E., Federal fire service of the state fire service of
the EMERCOM of Russia in the Sverdlovsk region, Yekaterinburg*

В статье приведены результаты практических испытаний при использовании фильтра грубой очистки воды при установке пожарного автомобиля на наружную водопроводную сеть. Использование данного фильтра будет препятствовать быстрому износу основных деталей пожарного насоса. Эффективность использования фильтра обоснована.

Ключевые слова: фильтр грубой очистки воды, пожарный насос, пожарный автомобиль, водопроводная сеть, твердые частицы.

The article presents the results of practical tests when using a coarse water filter when installing a fire truck on an outdoor water supply network. The use of this filter will prevent rapid wear of the main parts of the fire pump. The effectiveness of using the filter is justified.

Keywords: coarse water filter, fire pump, fire truck, water supply network, solid particles.

Решающую роль в ликвидации последствий пожаров играет своевременное прибытие пожарных подразделений и подача огнетушащих средств. Поэтому одним из приоритетных мероприятий превентивного характера является обеспечение территорий организаций и населенных пунктов противопожарным водоснабжением.

Как показывает практика, неисправность или отсутствие источников противопожарного водоснабжения не позволяет оперативно ликвидировать горение в начальной стадии пожара и, как следствие, сопровождается увеличением ущерба от пожара, привлечением дополнительных сил и средств и более длительной ликвидацией

последствий. Вода на пожаре напрямую, или косвенно определяет параметры пожара (площадь, время локализации, время ликвидации открытого горения, время тушения, материальный ущерб).

Особое внимание уделяется вопросам обеспечения надежной подачи воды от наружных водосточников. В настоящее же время многие водопроводные сети уже полностью выработали свой технический ресурс и поддерживаются только за счет регулярных ремонтов. С каждым годом степень износа инженерных систем увеличивается, основной причиной физического износа водопроводных труб является коррозия. Коррозия приводит к образованию ржавчины, частицы которой с течением времени откалываются и препятствуют обеспечению надежной бесперебойной подачи воды при пожаротушении. Размер, загрязняющих воду частиц ржавчины, окислы и шлака, может достигать 10 мм в диаметре. Это приводит к различным нарушениям работы пожарных насосов. Согласно тактико-техническим и эксплуатационным характеристикам пожарных насосов, для подачи воды или водных растворов массовая концентрация твердых частиц в рабочей жидкости не должна превышать 0,5 % при их максимальном размере от 3–6 мм (в зависимости от насоса).

Наличие твердых частиц в воде, подаваемой на пожаротушение, может привести к следующим последствиям:

- приведение в нерабочее состояние пожарного насоса (мотопомпы);
- быстрый износ основных деталей пожарного насоса (мотопомпы);
- уменьшение срока службы арматуры и приборов, которые установлены на пожарном насосе (мотопомпе);
- неплотное закрытие задвижек и кранов на пожарном насосе (мотопомпе);
- засор пожарного ствола и приведение его в нерабочее состояние.

Все вышеперечисленные факторы могут привести к негативным последствиям при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ. Поэтому использование фильтра грубой очистки воды (фильтр-грязевик) диаметром 80 мм при установке пожарного автомобиля на наружную водопроводную сеть будет являться эффективным способом обеспечения надежной подачи воды на пожаротушение. Фильтр будет очищать воду в водопроводе от механических примесей, таких как ржавчина, окалина, песок, шлак, и тем самым будет способствовать повышению срока службы пожарного насоса и непрерывной и качественной подаче огнетушащих веществ. Фильтр грубой очистки воды (фильтр-грязевик) представлен на рис. 1.



Рисунок 1. Фильтр грубой очистки воды (фильтр-грязевик)

Фильтр имеет длину 220 мм, высоту 180 мм, вес 3,5 кг, диаметр отверстий фильтра составляет 80 мм. Корпус фильтра изготовлен из бронзы или латуни, сетчатый патрон из нержавеющей стали с диаметром ячейки 3 мм, головки соединительные цапковые ГЦ диаметром 80 мм. На крышке

корпуса сетчатого фильтра можно дополнительно установить магнитный элемент, который будет облегчать процесс сборки и эксплуатации. Также в крышке можно установить небольшой шаровой кран диаметром 20 мм для частичной чистки фильтра во время работы (см. рис.2).

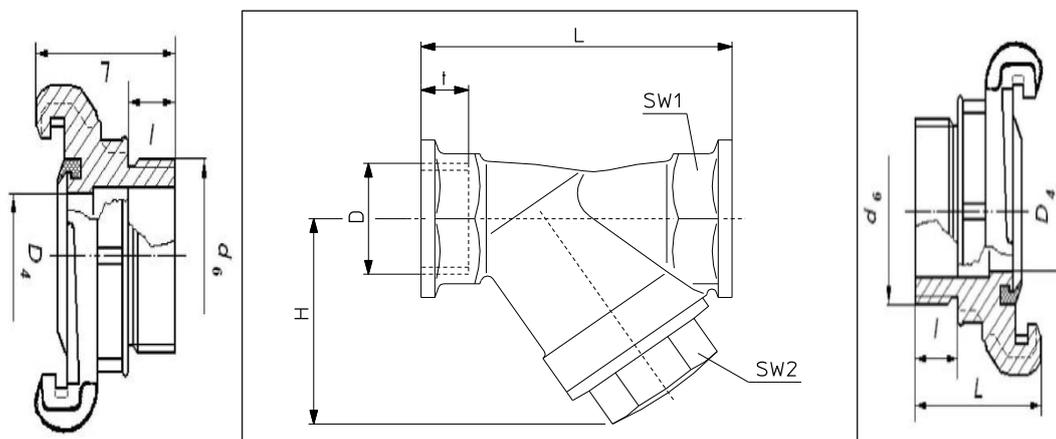


Рисунок 2. Схема монтажа фильтра с цапковыми соединительными головками ГЦ диаметром 80 мм

С целью определения степени эффективности использования фильтра было проведено экспериментальное исследование.

В рамках эксперимента установка фильтра осуществлялась на выходные патрубки пожарной колонки при помощи соединительных головок ГМН-80 (рис. 3).



Рисунок 3. Фильтры грубой очистки воды, установленные на пожарную колонку



Рисунок 4. Пуск воды через фильтр грубой очистки

Фильтр был установлен строго по ходу воды из гидранта в пожарный автомобиль (рис. 3). С целью определения пропускной способности фильтра, был осуществлен пуск воды, посредством открывания вентиля пожарной колонки. Процесс пуска воды представлен на рис. 4.

Затем к фильтрам грубой очистки были подсоединены напорно-всасывающие рукава пожарного автомобиля (рис. 5), и произведена проверка работоспособности пожарного ствола (рис. 6).



Рисунок 5. Установка пожарного автомобиля (АЦ) на пожарный гидрант с фильтрами

Пуск воды производился через насосно-рукавную систему, состоящую из напорно-всасывающих рукавов, пожарного насоса и ствола. Забор воды осуществлялся из пожарного гидранта через

фильтры грубой очистки. Никаких поломок и нарушений в работе установки обнаружено не было.



Рисунок 6. Работа пожарного ствола от пожарного автомобиля (АЦ), установленного на пожарный гидрант с фильтрами

Чтобы испытать фильтр грубой очистки на сбор твердых частиц ржавчины, окалины и шлака, был проложен один рукав диаметром 51 мм с пожарным стволом

«Курс-8» и открыта подача воды в рабочую линию ровно на 3 часа (рисунок 7).



Рисунок 7. Испытание фильтра на сбор твердых частиц

За время трехчасового испытания в фильтре накопилось около десяти твердых частиц ржавчины и окалины, размер кото-

рых достигал 10 мм. На сетчатом успокоителе пожарного ствола «Курс-8» каких-либо твердых частиц обнаружено не было (рис. 8).



Рисунок 8. Результаты испытания

Результаты испытаний подтвердили наличие твердых частиц в водопроводной воде.

При осуществлении процесса подачи воды на пожаротушение увеличивается пропускная способность водопроводной сети, водопроводная труба начинает работать полным сечением, что приводит к появлению твердых частиц ржавчины, окалины и шлака, которые под воздействием увеличенных напоров и расходов воды «вымываются» со стен трубопровода. Дан-

ный факт приводит к различным нарушениям работы пожарных насосов, тактико-технические и эксплуатационные характеристики которых устанавливают предельно допустимые размеры твердых частиц в воде, не препятствующих эффективной работе систем подачи воды. В соответствии с требованиями нормативных документов, качество воды, предназначенной для тушения пожаров, должно соответствовать условиям эксплуатации пожарного оборудования и применяемым способам пожаротушения.



Рисунок 9. Твердые частицы на успокоителе пожарного ствола

На рис. 9 отчетливо видны твердые частицы ржавчины и окалины, которые в ходе испытания осели на успокоителе пожарного ствола, тем самым уменьшив его пропускную способность на 30 %.

Стоит отметить, что в практике пожаротушения порой случается так, что по-

жарный ствол из-за твердых частиц забивается полностью. Это касается не только пожарного ствола «Курс-8», который участвовал в испытании, но и многих других пожарных стволов. Особенно часто это происходит при подаче воды распыленными струями.



Рисунок 10. Пример монтажа и перевозки фильтра в отсеке пожарного автомобиля

Фильтр грубой очистки воды транспортабелен и удобен в перевозке. Пример монтажа и перевозки фильтра в отсеке пожарного автомобиля приведен на рис. 10.

Результаты проведенного эксперимента позволяют сделать вывод о целесообразности использования фильтра грубой

очистки при заборе воды из наружной водопроводной сети. Фильтр будет способствовать обеспечению бесперебойной и стабильной работы пожарного насоса, его составных частей и элементов, а также будет предотвращать засорение пожарного ствола и вследствие этого его поломку.

Литература

1. ГОСТ Р 52283–2004 Насосы центробежные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний (с Изменением № 1).
2. Руководство по эксплуатации Насоса центробежного пожарного нормального давления НЦПН-40-100 КШИН.062223.011РЭ 2006.
3. Руководство по эксплуатации Насоса центробежного пожарного комбинированного НЦПК-40/100-4/400 КШИН.062223.015.
4. Руководство по эксплуатации насоса центробежного нормального давления НЦПН-70-100.

References

1. GOST R 52283–2004 centrifugal fire pumps. General technical requirements. Test methods (with change N 1).
2. Operating instructions for the normal pressure centrifugal fire pump NCPN-40-100 KSHIN. 062223. 011 RE 2006.
3. Operating instructions for the combined centrifugal fire pump NCPC-40/100-4/400 KSHIN. 062223. 015.
4. Operating instructions for the normal pressure centrifugal pump NCPN-70-100.

УДК 614.841.4:004.9

ilya_pustovalov_2020@bk.ru

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ
ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ В МОДУЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ
ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ С ОБРАЩЕНИЕМ
ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ**

**MODELING THE APPLICATION OF MODIFIED FIRE EXTINGUISHING
COMPOSITIONS IN MODULAR FIRE EXTINGUISHING UNITS
AT OBJECTS WITH THE REFLECTION OF LIQUID AND SOLID FUELS**

Пустовалов И. А.,

*Иванов А. В., кандидат технических наук, доцент,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург,
Пономарев А. Н., кандидат технических наук, профессор,
Российский университет дружбы народов, Москва*

Pustovalov I., Ivanov A.,

*The Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia
Ponomarev A. N., Peoples' Friendship University of Russia*

Приведен анализ технических характеристик модульных установок пожаротушения тонкораспыленной водой. Определены критические характеристики для тушения пожаров твердых и жидких топлив, такие как дисперсность капель ОТВ, интенсивность подачи, время тушения, рабочее давление, суммарный расход ОТВ через распылители. Расчетным методом определена удельная теплоемкость от 4112 до 4183 Дж/(кг·К) и плотность наножидкостей от 997,6 до 1009,5 кг/м³. Приведены прочие теплофизические характеристики исследуемых огнетушащих веществ, используемых в моделировании, такие, как: удельная теплота парообразования от 1950 до 2600 кДж/кг. На основе результатов моделирования опасных факторов пожара в программной среде PyroSim определены оптимальные концентрации углеродных наноструктур для водосодержащих огнетушащих веществ в пределах от 0,05 до 0,5 об. %. Приведены данные по скорости достижения критических температур окружающей среды и потери видимости в зависимости от применяемого огнетушащего вещества. Дано теоретическое обоснование использования огнетушащих веществ в модульных системах пожаротушения на объектах с обращением жидких и твердых топлив. Основным огнетушащим механизмом применения модифицированных водосодержащих составов является более интенсивное охлаждение конвекционной зоны горения за счет изменения теплофизических характеристик модифицированных огнетушащих составов.

Ключевые слова: углеродные наноструктуры, FSD, модульные установки пожаротушения, огнетушащая эффективность.

An analysis of the technical characteristics of modular water mist fire extinguishing installations was given. Critical characteristics for extinguishing fires with solid and liquid fuels have been determined. For example, dispersion of droplets of a fire extinguishing agent, flow rate, extinguishing time, operating pressure, total consumption of fire extinguishing agent through spray nozzles. Specific heat and density were determined by the calculation method and ranged from 4112 to 4183 J/(kg·K) and from 997,6 to 1009,5 kg/m³, respectively. Other thermophysical characteristics of the investigated fire

extinguishing agents used in the simulation were given. For example, the specific heat of vaporization is from 1950 to 2600 kJ/kg. Based on the results of modeling hazardous fire factors in the «PyroSim» software environment, the optimal concentrations of carbon nanostructures for water-containing fire extinguishing agents were determined in the range from 0,05 to 0,5 vol.%. Data on the speed of reaching critical ambient temperatures and loss of visibility depending on the used extinguishing agent are given. The theoretical substantiation of the use of fire extinguishing agents in modular fire extinguishing systems at facilities with the handling of liquid and solid fuels is described. The main fire extinguishing mechanism for the use of modified water-containing compositions is a more intensive cooling of the convection combustion zone due to changes in the thermo-physical characteristics of the modified fire extinguishing compositions.

Keywords: carbon nanostructures, FSD, modular fire extinguishing installations, fire extinguishing efficiency.

Топлива – это вещества, способные выделять достаточное количество теплоты при окислении (горении). Они могут быть представлены в твердой, жидкой, газообразной фазах, а также в виде дисперсной системы [1].

В Российской Федерации прослеживается приоритет использования газообразных топлив, обусловленный количественным запасом, простотой добычи, скоростью горения и экологической безопасностью. Вместе с тем в настоящее время наблюдается тенденция к росту доли жидкого и твердого топлива в транспортном секторе, при производстве тепловой и электрической энергии. Повышение спроса на каменный уголь, торф, сланцы связано с его потреблением на тепловых электростанциях для получения электрической энергии, отопления и технологических нужд, а также совершенствованием технологий получения жидких топлив из твердых горючих ископаемых. Кроме того, ограниченные запасы природного газа и нефти вызывают необходимость проведения интенсивных исследований в области

химической переработки, совершенствований старых и разработок новых методов газификации и ожижения угля [2, 3].

Для обеспечения пожарной безопасности на объектах производства и переработки угольного сырья, на транспорте и объектах, состоящих из нескольких помещений небольшой площади, при условии невозможности использования источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, используются модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой (МУПТВ) и водосодержащие огнетушащие вещества (ОТВ) [4–6].

Рынок модульных установок с водосодержащими составами весьма обширен, при этом установки пожаротушения имеют схожие эксплуатационные характеристики, такие как дисперсность капель ОТВ от 100 до 150 мкм, интенсивность подачи от 0,053 до 0,13 л/(сек·м²), время тушения от 12 до 45 с, рабочее давление от 1,0 до 3,5 МПа, суммарный расход ОТВ через распылители от 120 до 1200 л/мин (табл. 1).

Таблица 1
Характеристики МУПТВ в зависимости от производителя

Характеристика	Производитель				
	ГК «ЭПО-ТОС»	«ЭТЕР-НИС»	ООО «НПО ПЛАМЯ»	АО «Пожтехника-Центр»	ЗАО «Источник Плюс»
Модификация	Буран-50 ТРВ	«ТРВ -Гарант-160»-40	«Тайфун-240 Fire Block»	МУПТВ-90-ЭМ/РИНЕЙ	МУПТВ-30-ГЗ-ВД
Вид ОТВ	Вода питьевая	Вода по ГОСТ Р 51232-98	Вода питьевая	Вода	Вода
Запас ОТВ, л	48±0,5	160±0,6	240±1	90	33±0,8
Диаметр капель, мкм	до 150	100	100	100	до 150
Продолжительность подачи ОТВ, с	не более 24	8–12	15–45	не менее 30	не более 20
Инерционность срабатывания, с	не более 10	не более 3	5	не более 2	не более 4
Расход ОТВ через распылитель, л/мин	9,96–120	1200	324-960	180	32,4–240
Рабочее давление, МПа	до 1,6	1,0–1,6	1,4	1,0–1,4	3,5
Защищаемая площадь, м ²	36	до 100	до 200	27–60	18–27
Наибольшая интенсивность не менее, л/(с·м ²)	0,055	0,13	0,053	0,059	0,061
Количество распылителей, подключенных к одному модулю, шт.	12	4–10	24–64	32	4–6
Высота расположения распылителя, м	2-4	не более 4,5	2–4	4–9	3–4
Металлоемкость МУПТР (без трубопровода), кг	85±2	343±5	245±5	не более 190	не более 50,8

Характерными недостатками модульных установок пожаротушения являются:

– небольшая интенсивность подачи огнетушащих веществ;

– увеличенная металлоёмкость установок за счет повышения давления в состоянии сработки;

– ограниченное количество ОТВ [7].

В условиях пожара наибольшую опасность для людей и находящихся в защищаемом помещении материальных ценностей представляет наступление предельно допустимых значений опасных факторов пожара (ОФП). На стадии эвакуации людей из горящего здания определяющими ОФП являются снижение видимости в дыму и повышенная температура окружающей среды [8, 9]. Исходя из данных, приведенных в методике [10], предельно допустимые значения по повышенной температуре составляет 70 °С, а по потере видимости в дыму – 20 м.

В работе [11] приведены данные об исследовании влияния углеродных наноструктур (УНС) на огнетушащие характеристики водосодержащих ОТВ. Экспериментальные данные показали улучшение эксплуатационных характеристик водосодержащих наносоставов, по сравнению с базовой жидкостью.

Для оценки распространения ОФП при тушении пожара МУПТВ широко применяется программный продукт PyroSim. Он позволяет выполнять моделирование опасных факторов пожара по полевой модели, определять время эвакуации, строить поля опасных факторов, в том числе моделировать динамику распространения ОФП на объектах многофункциональных зданий [12], подземных автостоянках [13], пассажирских вагонах и прочих объектах.

Целью настоящего исследования было установление параметров рецептур ОТВ для сокращения времени воздействия ОФП на производстве на основе моделирования в программной среде PyroSim.

В работе проводились исследования эксплуатационных характеристик водосодержащих ОТВ с углеродными наноструктурами. В качестве наноматериалов, диспергированных в водосодержащее ОТВ, использовались астралены (Astr).

Астралены – наноструктуры, полученные методом испарения графитовых анодов в электродуговом разряде [14], имеют структуру, состоящую из изогнутых графитовых слоев, диаметром 10–150 нм, расстоянием между слоями графена 0,336 нм, средний размер пор 20–60 нм. Астралены характеризуются высокой термической устойчивостью и в порошкообразном виде представляют собой крупные агломераты размером порядка 0,5–3 мкм. Плотность астраленов составляет 2250 кг/м³, теплоемкость 700 Дж/(кг·К).

Оценка изменения огнетушащей эффективности модифицированного ОТВ проводилась посредством создания имитационной модели в программной среде PyroSim [15, 16], путем изменения таких показателей ОТВ, как удельная теплоемкость парообразования, распределение размеров капель ОТВ, плотность и другие, применительно к условиям, использования в модульных установках пожаротушения.

Показатели удельной теплоты парообразования и расчетной плотности наножидкостей, которые использовались в качестве исходных данных ОТВ для построения имитационной модели, приведены в табл. 2 [16]. Теплоемкость наножидкостей была определена расчетным методом [17].

Теплоемкость наножидкости зависит от относительного числа Прандтля (Pr), на который в свою очередь существенно влияет концентрация и размер наночастиц. Установлено, что с ростом концентрации наночастиц коэффициент вязкости и теплопроводности увеличивается. Однако вязкость увеличивается значительно быстрее, поэтому число Прандтля для наножидкостей возрастает с увеличением концентрации наночастиц. С увеличением размера наночастиц число Прандтля для наножидкостей уменьшается в связи с возрастанием коэффициента теплопроводности и уменьшением коэффициента вязкости. Максимальные значения числа Прандтля должны наблюдаться у наножидкостей с минимальным размером наночастиц [20].

В исследовании [18] показано, что повышение концентрации наночастиц до 1,0 об. % приводит к незначительному снижению эффективной удельной теплоемкости наножидкости до 4,8 об. %. Также в работе [19] указано, что при повышении объемной концентрации наночастиц до

10,0 об. % показатель теплоемкости наножидкости продолжает снижаться.

Рассматривая наножидкости на водной основе, как гомогенную среду, в работах [17, 18] удельную теплоемкость определяли по формуле:

$$C_{pnf} = \frac{(1-\varphi)(\rho \cdot C_p)_{bf} + \varphi(\rho \cdot C_p)_p}{(1-\varphi) \cdot \rho_{bf} + \varphi \cdot \rho_p}, \tag{1}$$

где φ – концентрация наночастиц; ρ_p – плотность наночастиц кг/м³; ρ_{bf} – плотность базовой жидкости, кг/м³; C_{pbf} – удельная теплоемкость базовой жидкости,

Дж/(кг·К); C_{pp} – удельная теплоемкость наночастиц, Дж/(кг·К).

Зависимость расчетной теплоемкости наножидкости от концентрации наночастиц представлена на рис. 1.

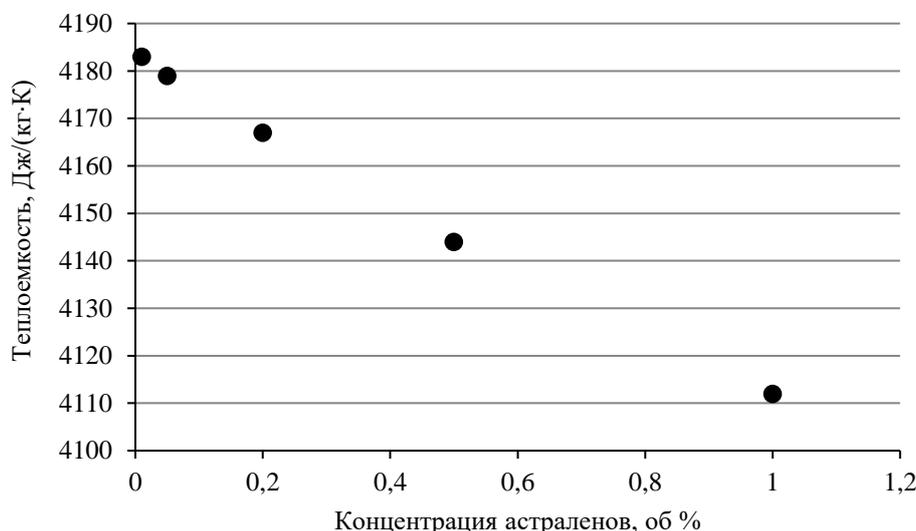


Рисунок 1. Зависимость теплоемкости наножидкости от концентрации астраленов

На основе вышеперечисленных эксплуатационных характеристик в программной среде Pyrosim определялась огнетушащая эффективность модифицированных ОТВ, оптимальная концентрация наноструктур и расход огнетушащего состава.

В качестве системы тушения была выбрана модульная установка пожаротушения тонкораспыленной водой. В качестве ОТВ использовались составы, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Эксплуатационные характеристики огнетушащих составов

Тип ОТВ	Обозначения	Удельная теплота парообразования, кДж/кг	Расчетная плотность, кг/м ³
Дистиллированная вода	DW	2100	997,0

Суспензия дист. воды с астраленами в концентрации 0,05 об. %	DW+Astr. 0,05 об. %	1950	997,6
Суспензия дист. воды с астраленами в концентрации 0,2 об. %	DW+Astr. 0,2 об. %	2400	999,5
Суспензия дист. воды с астраленами в концентрации 0,5 об. %	DW+Astr. 0,5 об. %	2600	1003,2
Суспензия дист. воды с астраленами в концентрации 1,0 об. %	DW+Astr. 1,0 об. %	1350	1009,5

Моделировалась подача ОТВ через четыре распылителя, расположенные на высоте 4,9 м. Расход ОТВ через распылитель составлял от 0,33 до 1 л/с. Средний размер капель 100 мкм.

В программе PyroSim была подготовлена модель топливного отделения углеподготовительного цеха для подготовки углей к коксованию (25×15×5 м). Количество рабочих мест в соответствии со штатным расписанием составляло 10 человек.

Количество, одновременно находящихся на этаже – 14 человек.

Моделировалось распространение ОФП при пожаре в течение 200 с. Очаг пожара площадью 3 м² располагался перед выходом из вспомогательного помещения топливного отделения цеха углеподготовки (рис. 2). Также принималось, что были условия для распространения ОФП, общеобменная вентиляция отключена, воздухообмен осуществляется только через открытые эвакуационные выходы.

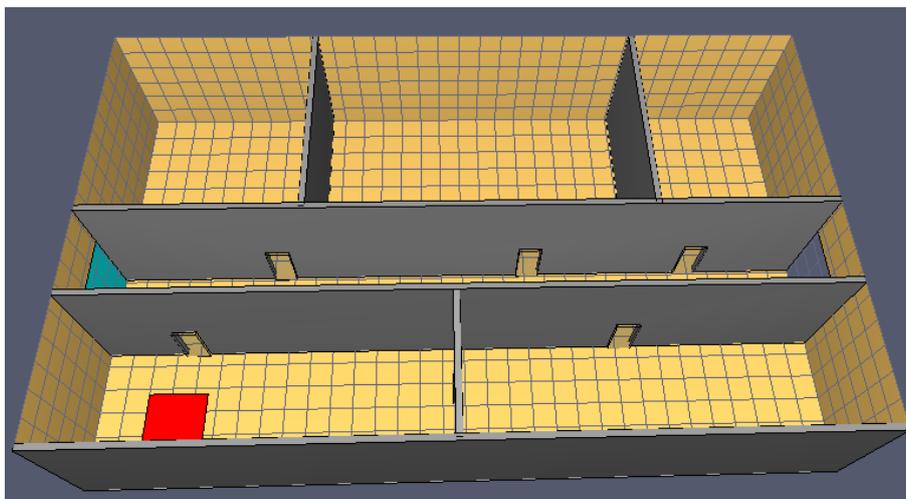


Рисунок 2. Модель помещения топливного отделения цеха углеподготовки

Результаты и обсуждения

Результаты моделирования показали, что при повышении концентрации УНС от 0,05 до 0,5 об. % огнетушащая эффективность МУПТВ повышается. Расход ОТВ также влияет на достижение критического значения температуры окружающей

среды (рис. 3). Наибольшее временное значение установлено при тушении водосодержащим нано составом с 0,5 об. % . Такой показатель обусловлен в том числе высоким расходом ОТВ 4 л/сек. При снижении расхода до 80 л/мин, наилучшие показатели продемонстрировал состав с концентрацией 0,2 об. % УНС.

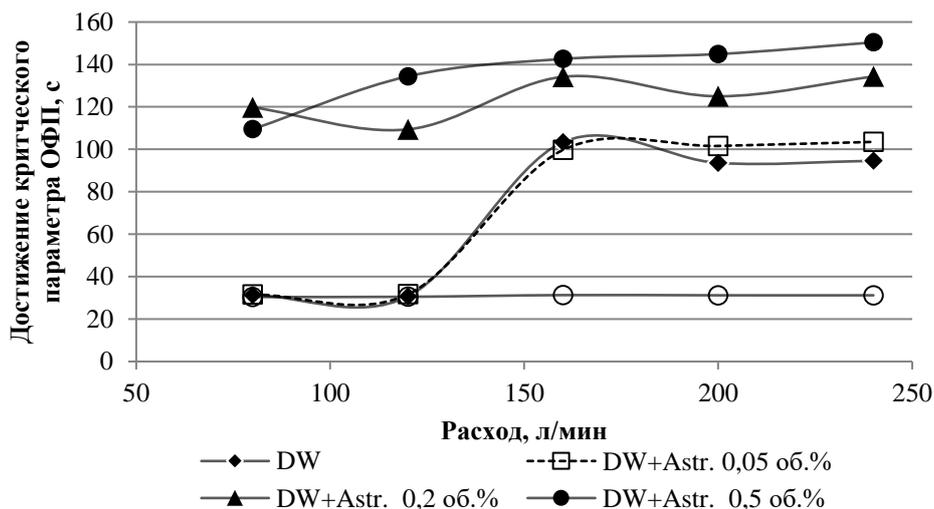


Рисунок 3. График зависимости расхода ОТВ от времени достижения критического значения температуры окружающей среды

Следует отметить, что значительных изменений в увеличении времени достижения критического значения потери

видимости не выявлено (рис. 4). При прочих равных, наилучший показатель выявлен при тушении водосодержащим составом с концентрацией УНТ 0,5 об. %.

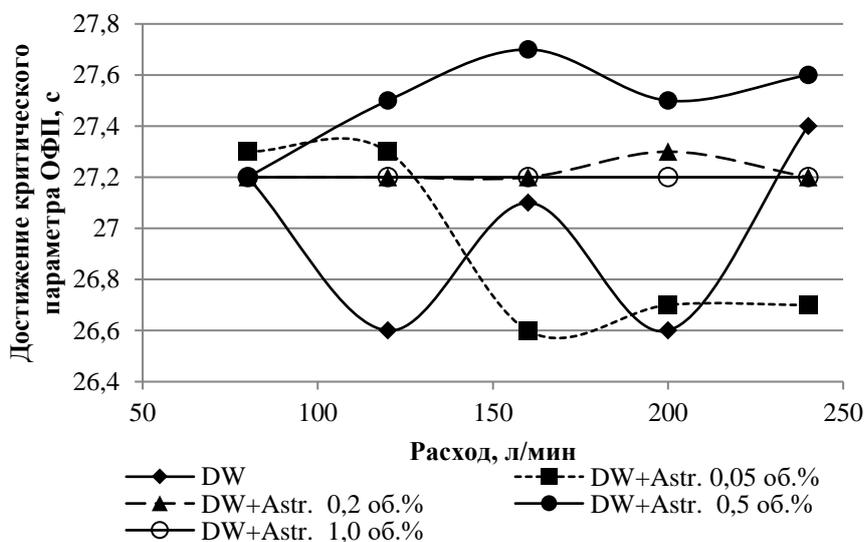


Рисунок 4. График зависимости расхода ОТВ от времени достижения критического значения потери видимости

При увеличении концентрации УНС до 1,0 об. % повышения огнетушащей эффективности ОТВ не наблюдается. Более того, время достижения критических параметров ОФП было меньше, чем у немодифицированного ОТВ при тех же параметрах моделирования. Это связано со сни-

жением удельной теплоты парообразования. Моделирование показало, что капли воды испаряются, не успевая преодолеть тепловой напор пламени и достичь зоны горения (факела). В связи с этим не происходит эффективного охлаждения очага горения.

Для каждого расхода определен наиболее подходящий состав ОТВ и время достижения критических значений ОФП. В

табл. 3 отражен требуемый запас ОТВ для обеспечения установленной продолжительности тушения.

Таблица 3
Требуемый запас ОТВ в МУПТВ

Расход ОТВ, л/мин	Тип ОТВ	Требуемое время тушения, с (мин)	Расчетный запас ОТВ, л
4x20	DW +Astr. 0,2 об.%	119,8 (1,99)	159,2
4x30	DW +Astr. 0,5 об.%	134,4 (2,24)	268,8
4x40	DW +Astr. 0,5 об.%	142,6 (2,37)	379,2
4x50	DW +Astr. 0,5 об.%	149,9 (2,49)	498,0
4x60	DW +Astr. 0,5 об.%	150,4 (2,50)	600,0

С повышением расхода наблюдалось смещение показателя интенсивности подачи водосодержащих наножидкостей от 0,073 до 0,22 л/(с·м²) по сравнению с базовой жидкостью от 0,049 до 0,061 л/(с·м²).

Полученные результаты моделирования свидетельствуют о повышении огнетушащих характеристик высокодисперсных водосодержащих ОТВ при использовании УНС в концентрациях от 0,05 до

0,5 об. %. Повышение концентрации УНС препятствует распространению продуктов горения, а увеличение времени достижения критического значения потери видимости не наблюдается.

Сопоставляя с расходами в модульных установках пожаротушения можно, сделать вывод, что при тушении очагов возгорания модифицированными составами эффективность применения ОТВ увеличивается при одинаковых показателях расхода.

Литература

1. Быстрицкий Г. Ф., Гасангаджиев Г. Г., Кожиченков В. С. Общая энергетика (производство тепловой и электрической энергии). М., 2013. 408 с.
2. Малолетнев А. С., Шпирт М. Я. Современное состояние технологий получения жидкого топлива из углей // Российский химический журнал. 2008. Т. 52, № 6. С. 44–52.
3. Грушевенко Д. и др. Перспективы мировой энергетики до 2040 г. // Мировая экономика и международные отношения. 2014. № 1. С. 3–20.
4. Павлов А. Опыт использования модульных установок пожаротушения тонкораспыленной водой для защиты объектов различного назначения // Алгоритм безопасности. 2008. № 5. С. 28–31.
5. Дмитриенко Д. В., Жданова О. С., Пелипей Р. И. Разработка устройств пожаротушения транспортных средств // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2019. № 1. С. 86–90.
6. Печерская С. П., Куприянов А. Н. Проблемы и решения обеспечения пожарной безопасности в регионах с ограниченными запасами воды // Наука XXI века: технологии, управление, безопасность. 2017. С. 174–179.
7. Бондарь А. А. Разработка способа подачи огнетушащего вещества из модулей пожаротушения на объектах нефтегазового комплекса // автореферат дис. ... канд. тех. наук : 05.26.03. СПб., 2012. 23 с.
8. Kolodyazhniy S., Kozlov V. Analytical calculation of time of reaching specific values based on visibility loss during a fire // MATEC Web of Conferences / EDP Sciences. 2018. Т. 193. С. 8. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819303007>.
9. Philip A., Rubini Q. Simulation of visibility in smoke laden environments // InterFlam 2007, 11th International Conference of Fire Science and Engineering. 2007. С. 12.
10. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ № 382 МЧС России от 30 июня 2009 г. / ФГУ ВНИИПО МЧС России. М., 2009. 71 с.

11. Иванов А. В. и др. Физический механизм и способ тушения жидких углеводородов модифицированными суспензиями воды с углеродными наноструктурами // *Пожаровзрывобезопасность*. 2019. Т. 28, № 1. С. 22–34.
12. Клочков С. В., Рыбакова Е. Ю., Чуева К. А. Моделирование опасных факторов пожара многофункционального здания на основе Pyrosim и Fire Dynamics Simulator // *Актуальные вопросы полихотомического анализа*. 2019. С. 62–73.
13. Таранцев А. А., Шидловский Г. Л., Поташев Д. А. Особенности распространения опасных факторов пожара в подземных стоянках автомобилей // *Проблемы управления рисками в техносфере*. 2020. № 1. С. 43–52.
14. Shames A. I. et al. Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles // *Diamond and Related Materials*. 2009. Т. 18, № 2–3. С. 505–510.
15. Суриков А. В. Исследование соотношения пожарно-технических показателей, характеризующих процесс дымообразования, с применением полевой модели пожара // *Материалы Международного научного семинара «Проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов хозяйствования»*. Кокшетау, 2014. С. 157–160.
16. Торопов Д. П., Иванов А. В., Скрипник И. Л. Моделирование тушения пожара жидких углеводородов в условиях применения огнетушащих суспензий воды с углеродными наноструктурами // *Пожарная безопасность*. 2019. С. 91–103.
17. Buongiorno J. Convective transport in nanofluids // *Journal of Heat Transfer*. 2006. № 128. С. 240–250. DOI: 10.1115/1.2150834.
18. Sekhar Y. R., Sharma K. V. Study of viscosity and specific heat capacity characteristics of water-based Al_2O_3 nanofluids at low particle concentrations // *Journal of experimental Nanoscience*. 2015. Т. 10, № 2. С. 86–102. DOI: 10.1080/17458080.2013.796595.
19. Namburu P. K. et al. Experimental investigation of viscosity and specific heat of silicon dioxide nanofluids // *Micro & Nano Letters* 2.3. 2007. С. 67–71.
20. Рудяк В. Я., Минаков А. В., Пряжников М. И. Теплофизические свойства наножидкостей и критерии подобия // *Письма в Журнал технической физики*. 2016. Т. 42, № 24. С. 9–16.

References

1. Bystritskiy G. F., Gasangadzhiev G. G., Kozhichenkov V. S. General energy (production of heat and electricity). М., 2013. 408 p.
2. Maloletnev A. S., Shpirt M. Ya. The current state of technologies for obtaining liquid fuel from coal // *Russian chemical journal*. 2008. Т. 52, № 6. P. 44–52.
3. Grushevenko D. et al. Prospects for world energy up to 2040 // *World economy and international relations*. 2014. № 1. P. 3–20.
4. Pavlov A. Experience in the use of modular installations for fire extinguishing with water mist for the protection of objects of various purposes // *Safety Algorithm*. 2008. № 5. P. 28–31.
5. Dmitrienko D. V., Zhdanova O. S., Pelipey R. I. Development of fire extinguishing devices for vehicles // *Fire and technosphere safety: problems and ways of improvement*. 2019. № 1. P. 86–90.
6. Pecherskaya S. P., Kupriyanov A. N. Problems and solutions to ensure fire safety in regions with limited water reserves // *Science of the XXI century: technology, management, safety*. 2017. P. 174–179.
7. Bondar A. A. Development of a method for supplying a fire extinguishing agent from fire extinguishing modules at oil and gas facilities // *Candidate dissertation*. SPb., 2012. P. 23.
8. Kolodyazhnyy S., Kozlov V. Analytical calculation of time of reaching specific values based on visibility loss during a fire // *MATEC Web of Conferences / EDP Sciences*. 2018. Т. 193. P. 8. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201819303007>.
9. Philip A., Rubini Q. Simulation of visibility in smoke laden environments // *InterFlam 2007, 11th International Conference of Fire Science and Engineering*. 2007. P. 12.
10. Methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard: order No. 382 of the Ministry of Emergencies of Russia dated June 30, 2009 / FGU VNIPO EMERCOM of Russia. М., 2009. P. 71.
11. Ivanov A. V. et al. Physical mechanism and method of extinguishing liquid hydrocarbons with modified suspensions of water with carbon nanostructures // *Pozharovzryvobezopasnost*. 2019. Т. 28, N 1. P. 22–34.
12. Klochkov S. V., Rybakova E. Yu., Chueva K. A. Modeling of hazardous factors of a fire of a multi-functional building based on pyrosim and fire dynamics simulator // *Actual problems of polychotomous analysis*. 2019. P. 62–73.
13. Tarantsev A. A., Shidlovsky G. L., Potashev D. A. Features of the spread of hazardous factors of fire in underground parking lots // *Problems of risk management in the technosphere*. 2020. № 1. P. 43–52.

14. Shames A. I. et al. Structural and magnetic resonance study of astralen nanoparticles // *Diamond and Related Materials*. 2009. T. 18, N 2–3. P. 505–510.
15. Surikov A. V. Investigation of the ratio of fire-technical indicators characterizing the smoke formation process using a field model of fire *Materials of the International Scientific Seminar "Problems of ensuring fire safety of economic facilities"*. Kokshetau, 2014. P. 157–160.
16. Toropov D. P., Ivanov A. V., Skripnik I. L. Simulation of extinguishing a fire of liquid hydrocarbons in the conditions of using fire-extinguishing suspensions of water with carbon nanostructures // *Fire safety*. 2019. P. 91–103.
17. Buongiorno J. Convective transport in nanofluids // *Journal of Heat Transfer*. 2006. № 128. P. 240–250. DOI: 10.1115/1.2150834.
18. Sekhar Y. R., Sharma K. V. Study of viscosity and specific heat capacity characteristics of water-based Al_2O_3 nanofluids at low particle concentrations // *Journal of experimental Nanoscience*. 2015. T. 10, N 2. P. 86–102. DOI: 10.1080/17458080.2013.796595.
19. Namburu P. K. et al. Experimental investigation of viscosity and specific heat of silicon dioxide nanofluids // *Micro & Nano Letters* 2.3. 2007. P. 67–71.
20. Rudyak V. Ya., Minakov A. V., Pryazhnikov M. I. Thermophysical properties of nanofluids and similarity criteria // *Letters to the Journal of Technical Physics*. 2016. T. 42, N 24. P. 9–16.

УДК 629.113(015)

*m.savin50@mail.ru***ОБ АКТИВНОМ СПОСОБЕ ПОВЫШЕНИЯ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ
ТРАНСМИССИЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ К ЗИМНИМ УСЛОВИЯМ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ****ON AN ACTIVE METHOD FOR IMPROVING THE ADAPTABILITY
OF FIRE TRUCK TRANSMISSIONS TO WINTER OPERATING CONDI-
TIONS**

*Барбин Н. М., доктор технических наук,
Савин М. А., кандидат технических наук, доцент,
Мокроусова О. А., доктор педагогических наук, доцент,
Борисов А. Л., Уральский институт
ГПС МЧС России, Екатеринбург,
Федотов В. В., ГКУ Республики Бурятия по делам
ГО, ЧС и обеспечению пожарной безопасности, Оер,
Зырянов Д. Ю., независимый исследователь, Якутск*

*Barbin N., Savin M., Mokrousova O., Borisov A.,
The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg
Fedotov V., the State Public Institution for Civil Defence,
Emergency Situations and Fire Safety of the Republic of Buryatia, Oer
Zyryanov D., independent researcher, Yakutsk*

Данная работа является продолжением исследования, изложенного в статье «Пассивный способ повышения приспособленности трансмиссий пожарных автомобилей к зимним условиям функционирования». Действительно, тепловой режим оказывает прямое воздействие на результативность работы силовых передач пожарных автомобилей (ПА). Поэтому предложено и экспериментально исследовано на эффективность техническое решение, обеспечивающее повышение тягово-скоростных качеств, долговечности, экономичности пожарных автомобилей в низкотемпературных условиях.

Подогрев трансмиссионного масла ведущего моста электрическим нагревателем (ТЭНом) осуществляли от двух автономных аккумуляторов, соединенных последовательно с результирующим напряжением 24 В. Самодельный ТЭН номинальной мощностью 115 Вт был вмонтирован в пробку сливного отверстия картера переднего ведущего управляемого моста пожарной автоцистерны АЦ-5,0-40(УРАЛ-3255). На пожарном автомобиле было установлено оборудование для измерения температуры масла, включающее датчик температуры ДТС014-50М.В3.20/3 и показывающий прибор ТРМ501, размещенный в кабине водителя. В процессе исследования были смоделированы основные фазы несения службы ПА, находящегося в расчете: его следование по типовому маршруту (транспортный режим работы) при температуре окружающей среды $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, на стоянках как на месте вызова (пожара), а также после возвращения ПА в гараж подразделения, т. е. при несении службы в режиме ожидания в условиях естественной конвекции на спокойном воздухе при температуре $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Установлено, что электроподогрев весьма эффективен, т. к. его применение сокращает на одну минуту время преодоления ПА маршрута протяженностью 3,6 км. ТЭН значительно ускоряет процесс нагрева масла в ведущем мосту на спокойном воздухе депо, в меньшей степени при следовании специальной мобильной техники и очень незначительно – при стоянке на месте вызова.

Ключевые слова: зимние условия, пожарный автомобиль, ведущий мост, температурный режим работы, трансмиссионное масло, электрический подогрев, маршрут следования, эффективность.

This work is a continuation of the study set forth in the article "Passive method of increasing the adaptability of fire engine transmissions to winter operating conditions [1]. Indeed, the thermal regime has a direct impact on the performance of power transmissions of fire engines (FE). Therefore, the present work proposes and experimentally investigated for efficiency a technical solution providing an increase in traction-speed qualities, durability, economy of fire vehicles in low-temperature conditions.

The transmission oil of the drive bridge was heated by an electric heater (EH) from two autonomous batteries connected in series with a resulting voltage of 24 V. The homemade EH with a nominal power of 115 W was mounted in the plug of the drain hole of the crankcase of the front driving controlled bridge of the fire tanker WT-5,0-40 (URAL-3255). On the fire truck, oil temperature measuring equipment was installed, including a temperature sensor TS 014-50M.B3.20/3 and showing a device TPM501 located in the driver's cab. During the study, the main phases of carrying out the FE service in the calculation were modeled. As it is, it follows a typical route (transport mode of operation) at ambient temperature $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, in parking lots as at the place of call (fire), as well as after the FE returns to the unit garage, i.e. when serving in standby mode in conditions of natural convection in calm air at a temperature of $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

It was found that electric heating is very effective. The use reduces by one minute the time to overcome the FE route with a length of 3,6 km. EH significantly accelerates the process of heating oil in the leading bridge in the calm air of the depot, to a lesser extent when following special mobile equipment and very slightly when parking at the place of call.

Keywords: winter conditions, fire truck, driving bridge, operating temperature, transmission oil, electric heating, route, efficiency.

В предыдущей статье по теме повышения адаптации силовых передач пожарных автомобилей (ПА) исполнения У к низким температурам [1] отмечалось следующее.

В осенне-зимний периоды года имеет место усложнение обстановки с пожарами. В указанные сезоны их количество возрастает, увеличивается время следования ПА к месту вызова и среднее время обслуживания вызова. Именно на эти месяцы приходится наибольшее количество жертв и величин ущерба от пожаров [2].

Существенное влияние на работоспособность элементов ПА оказывает их тепловое состояние, обусловленное

воздействием окружающей среды. Время, регламентированное нормативами ПСП для оперативного выезда ПА из гаража, не превышает одной минуты, поэтому в начальный период следования силовой агрегат и трансмиссия ПА работают в режиме прогрева и не обеспечивают подведение полной мощности к ведущим колесам. Это приводит к ухудшению тягово-скоростных, ресурсных и экологических параметров ПА, перерасходу ГСМ. При продолжительном внегаражном пребывании ПА зимой, температура масла в агрегатах силовых передач ПА может понизиться до значений ниже предельно допустимых. Это может привести к невозможности

следования ПА в подразделение либо к месту следующего вызова, задержкам в тушении пожара, срыву выполнения боевой задачи. Поэтому, исходя из специфических условий эксплуатации ПА, обоснование способов и средств тепловой подготовки ДВС и агрегатов трансмиссии ПА в гаражах, а также их тепловой защиты во время внегаражного пребывания в условиях низких температур являются актуальными задачами.

Было экспериментально исследовано на эффективность техническое решение [1], обеспечивающее повышение динамических качеств, долговечности, экономичности ПА в низкотемпературных условиях. Показано что приспособленность трансмиссии ПА к низким температурам воздуха до минус 15–20 °С увеличивается при реализации такого пассивного способа, как эффективная теплоизоляция ведущего моста. Пенополиуретановая теплоизоляция ведущего моста ускоряет процессы самоподогрева запаса трансмиссионного масла в агрегате в начале следования специальной мобильной техники, а также замедляет темп его охлаждения при стоянках на месте вызова и в депо.

Однако очевидно, что при более низких температурах окружающей среды появляется объективная необходимость в применении активных способов повышения адаптации силовых передач ПА, а в особо суровых климатических условиях – возможна комбинация активных и пассивных способов.

Сущность активных способов заключается в перераспределении расходных долей теплового баланса, дополнительном подводе (или наоборот – отводе) теплоты от модулей термодинамической системы, к примеру, как в данном случае – в суровых зимних условиях (ОХЛ) актуален добавочный нагрев, напротив, в жару – орошение поверхностей и т. д.

1. Анализ существующих технических решений

Естественно, при рассмотрении указанных вопросов могут быть использованы некоторые результаты исследований способов и средств тепловой подготовки автотранспортных средств (АТС) при их безгаражном хранении. Действительно, вопросы подготовки АТС к эксплуатации при отрицательных температурах исследовались рядом ученых. В указанных работах оценивалась эффективность различных способов тепловой подготовки двигателей и трансмиссий при безгаражном содержании АТС.

Однако исходя из нормативных требований к содержанию ПА в гаражах пожарных депо многие из этих способов (например, подогрев паром, ИК-подогревателями электрическими или на газовом топливе и т. д.) являются неприемлемыми. Таким образом, особенности эксплуатации ПА не позволяют в полной мере распространить в ГПС результаты исследований АТС.

Вместе с тем, существуют некоторые общие подходы, способствующие сравнительно эффективному функционированию ПА умеренного климатического исполнения при низких температурах окружающей среды при выполнении боевых задач по спасанию людей, тушению пожаров, ликвидации ЧС, проведению АСР [3, 4, 5].

В настоящее время основным мероприятием, обеспечивающим удовлетворительную работу пожарно-спасательной техники в низкотемпературных условиях, является ее содержание в отопляемых депо при температуре воздуха не ниже плюс 12 °С (285 К) [3]. Тем не менее Е. М. Желваковым обоснованы [6] диапазоны рациональных значений температур содержания элементов ПА в отопляемом гараже зимой. Так, температуры масла в КПП + 40...50 °С, а также охлаждающей жидкости и моторного масла в двигателе ЗИЛ-508.10 в диапазоне + 50...60 °С обеспечивает зимой, при радиусе выезда 3...6 км, увеличение средней

скорости следования ПА по вызову на 20...25 %.

Для снижения потерь мощности в агрегатах трансмиссии и расхода топлива эффективным способом является применение специальных «северных» трансмиссионных масел ТМ-5-12рк и ТС-10-ОТП, обеспечивающих функционирование мобильных машин в диапазоне температур от плюс 20 до минус 50 °С (223 К). При правильном подборе трансмиссионного масла, как показали исследования [7], даже при температуре минус 30 °С (243 К) возможно снижение потерь мощности в агрегатах силовой передачи, а также уменьшение перерасхода топлива в начальный момент движения не менее чем в 4 раза.

Следует отметить, что специальные «северные» масла не всегда имеются в наличии, в таких ситуациях применяется наиболее распространенная марка ТСп-10-

ОКП с температурой застывания минус 40 °С.

Надежность работы зимой рабочего оборудования ПА (гидравлического, пневматического, агрегатов трансмиссии и т. п.) может быть повышена применением для теплоизоляции пластичных смазок (литол, солидолы, технический вазелин). Коэффициент теплопроводности таких смазок почти в 500 раз меньше теплопроводности стали. Расчеты показывают [8], что при покрытии конструкций слоем смазки теплоотдача этих конструкций может быть уменьшена в 12...20 раз.

В ряде стран (США, Канада, Швеция) уделяется большое внимание выпуску мобильной техники в северном исполнении. Так, например, известен канадский снегоболотоход «Foremost Husky 8» (рис. 1) рассчитанный на минимальную температуру эксплуатации минус 54 °С (219 К) [9].



Рисунок 1. Канадский снегоболотоход «Foremost Husky 8»

В его конструкции предусмотрен электрогенератор мощностью 21 кВт. Генератор необходим для электроподогрева следующих узлов и агрегатов: цистерны (15 кВт); поддона с маслом (0,2 кВт); трансмиссии (0,2 кВт); системы охлаждения ДВС (2,3 кВт); кабины (1,5 кВт).

В результате эксплуатации таких АТС себестоимость перевозок на Аляске только на 30...50 % выше средней стоимости автоперевозок в США, в то время как на северо-востоке нашей страны себестоимость перевозки на грузовом автомобиле в 2...2,3 раза выше общероссийской [10].

Основные причины столь низкой экономичности зимних перевозок таковы. В России не производятся автомобильные шасси в северном исполнении.

В практике отечественного пожарного машиностроения активный метод адаптации применен в пожарно-спасательном автомобиле ПСА-С6,0-40/100(6339) модель 40ВР исполнения ХЛ производства ОАО «Варгашинский завод противопожарного оборудования» [11]. В данном автомобиле лентой электрообогрева оборудованы краны для слива воды из пожарного насоса и из вихревого теплогенератора (ВТГ).

2. Разработка технического решения

Задачей технического решения является обеспечение усиленного подогрева трансмиссионного масла, находящегося в картерах агрегатов силовых передач оперативной спецтехники не только теплотой, выделяющейся при их работе, но также за счет утилизации теплоты, генерируемой функционирующим электрическим подогревателем – ТЭНом. Это весьма важно для обеспечения эксплуатации ПА в суровых климатических условиях, в частности для предотвращения значительного увеличения его вязкости, которая исключает какую-либо возможность возвращения в подразделение либо следования к месту другого пожара (ЧС),

срыву выполнения боевой задачи и при минимальных конструктивных доработках.

Таким образом, подогрев призван обеспечить ускоренный прогрев до рабочих температур и оптимальную величину вязкости масла в трансмиссии, минимизацию износов деталей, в конечном счете повышение уровня тягово-скоростных свойств ПА, его производительности, экономичности и долговечности.

В ходе сезонного технического обслуживания перед началом осенне-зимнего периода эксплуатации в сливные отверстия картеров элементов силовой передачи ПА вместо штатной пробки устанавливают пробку с вмонтированным в нее электрическим подогревателем максимальной мощностью, адекватной минимальным температурам воздуха данного пожарно-спасательного гарнизона.

Весной при проведении сезонного технического обслуживания пробка с подогревателем заменяется штатной.

Ожидаемым результатом предложенного технического решения является компенсация диссипации конвекцией теплоты, выделяющейся при работе агрегатов трансмиссии ПА посредством подогрева ТЭНами смазочного масла в их картерах, что особенно важно в суровых климатических условиях. Это позволит интенсивнее нагревать имеющийся запас масла. При использовании электроподогревателя априори будут увеличиваться КПД и долговечность данных узлов зимой, т. к. указанные показатели во многом зависят от температуры трансмиссионного масла в них.

В конечном счете применением активной тепловой защиты элементов силовой передачи достигается повышение приспособленности парка ПА исполнения У к низким температурам окружающего воздуха, повышение их тягово-скоростных качеств, снижение величин социально-экономических потерь от пожаров и других ЧС, при оборудовании ТЭНами агрегатов силовой передачи на осенне-зимний период.

3. Методические вопросы проведения эксперимента

Для предварительной оценки эффективности предлагаемого технического решения полигонные эксперименты были проведены весной 2019 г. на технике ПЧ-12 ОГПС Республики Саха (Якутия) № 40 по МО «Городской округ Якутск».

Задачей эмпирических исследований являлось установление закономерностей взаимосвязей изучаемых явлений и проверка высказанных теоретических предположений.

Программа проведения экспериментов была разработана в соответствии с поставленными задачами исследования.

3.1. Разработка методики проведения эксперимента

Для решения научных задач методикой проведения экспериментов предусматривались сравнительные ходовые испытания ПА в низкотемпературных условиях.

При этом были смоделированы основные фазы несения службы ПА, находящегося в расчете: его следование по типовому маршруту (транспортный режим работы), на стоянках как на месте вызова (пожара), а также после возвращения ПА в гараж подразделения, т. е. при несении службы в режиме ожидания в условиях естественной конвекции на спокойном воздухе.

Анализ парка ПА Республики Саха (Якутия) и гарнизона г. Якутск показал, что самой распространенными являются пожарные автомобили на базовом шасси УРАЛ. Поэтому для исследования температурных режимов мостов трансмиссии передвижная лаборатория была создана на пожарной автоцистерне АЦ-5,0-40 (3255) (рис. 2).



Рисунок 2. Общий вид пожарного автомобиля АЦ-5,0-40 (3255)

Для проверки эффективности предложенного технического решения по форсированию прогрева масла в ведущем мосту пожарная автоцистерна проходила определенный маршрут. В ходовых испытаниях моделировался типовой 3,6 км маршрут движения ПА «по тревоге» в городе со средней

интенсивностью транспортного потока, на горизонтальном, ровном участке дороги. В ходе экспериментов ПА управлял один и тот же опытный водитель со стажем более десяти лет. Движение осуществлялось на высшей передаче, на максимально возможной

для данного теплового состояния ДВС и агрегатов трансмиссии скорости и в соответствии со складывающейся дорожной обстановкой. При этом строго выдерживались требования ПДД РФ.

Основные тактико-технические характеристики ПА приведены в табл. 1.

Таблица 1
Основные тактико-технические характеристики АЦ-5,0-40 (3255)

Базовое шасси	УРАЛ – 3255-3013-79Е5
Колесная формула	6×6
Снаряженная масса, кг	11 600
Полная масса, кг	13800
Распределение полной массы, кг	На передний мост: 5800 На заднюю тележку: 8000
Максимальная скорость, км/ч	90
Двигатель	ЯМЗ -53623-10, рядный (ЭК-5)
Номинальная мощность (брутто), л.с.	240
Максимальная частота вращения, мин. ⁻¹	2300
Коробка передач	ЯМЗ-1105 механическая, 5-ступенчатая
Раздаточная коробка	АО «АЗ «УРАЛ», 2-ступенчатая с межосевым дифференциалом
Ведущие мосты	АО «АЗ «УРАЛ», передаточное число 7,49
Кабина	Тип - над двигателем
Габаритные размеры, мм	9770×2500×3303

Для проведения экспериментов был выделен резервный ПА. Перед началом экспериментов АЦ-5,0-40 (3255) была подвергнута диагностированию и техническому обслуживанию. Рассмотрим установку аппаратуры и ее тарировку.

Опыты по оценке эффективности предлагаемого активного средства локальной тепловой подготовки элементов ПА

проводили с передним ведущим, управляемым мостом, который был заправлен трансмиссионным маслом класса вязкости 75W в количестве 8 л. В маслосливную пробку моста был вмонтирован трубчатый электрический подогреватель (ТЭН) (рис. 3). ТЭН получал питание от двух автономных аккумуляторов, соединенных последовательно, т. е. с результирующим напряжением 24 В.

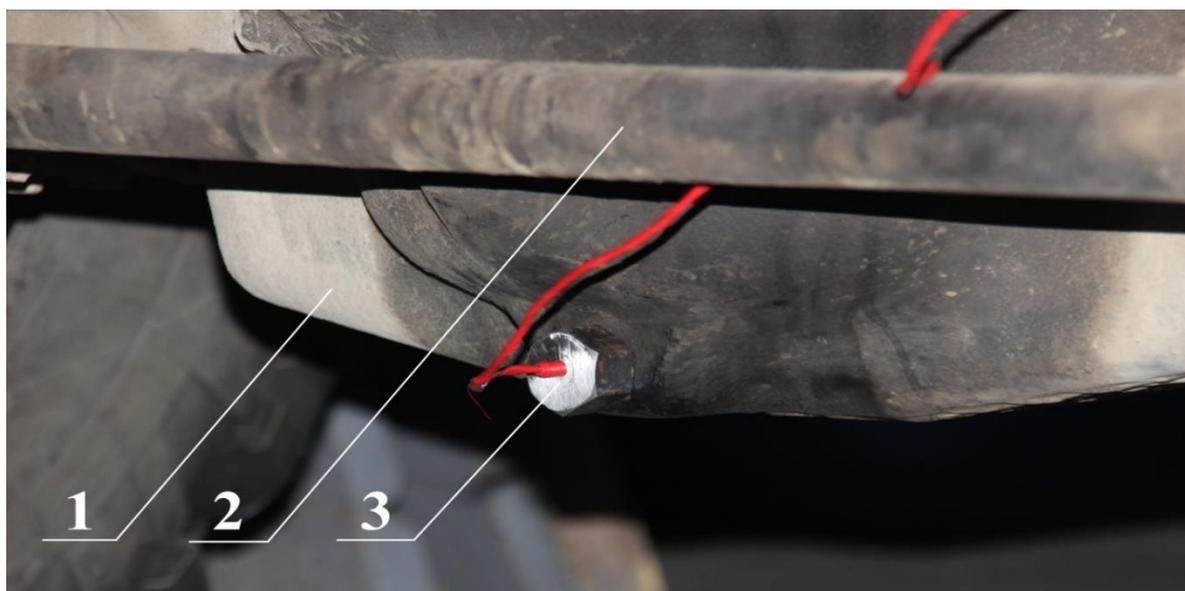


Рисунок 3. Вид ведущего моста АЦ-5,0-40 (3255) с электрическим подогревателем трансмиссионного масла, вмонтированного в пробку сливного отверстия:
1 – картер ведущего моста; 2 – поперечная рулевая тяга; 3 – трубчатый электронагреватель

Основные свойства и тактико-технические характеристики электроподогревателя были определены экспериментально и приведены в табл. 2. Полагаем необходимым отметить, что элементы конструкции и, соответственно, мощность изготовленного

ТЭНа самодельной конструкции (рис. 4) была рассчитана таким образом, чтобы быть одного порядка с мощностью электроподогрева узлов трансмиссии канадского снегоболотохода «Foremost Husky 8» [9].

Таблица 2
Свойства и технические характеристики самодельного подогревателя (ТЭН)

Наименование	Ед. изм.	Значение	
Напряжение питания	В	24	12
Сопротивление	Ом	5	5
Сила тока	А	4,8	2,4
Мощность	Вт	115,2	28,8

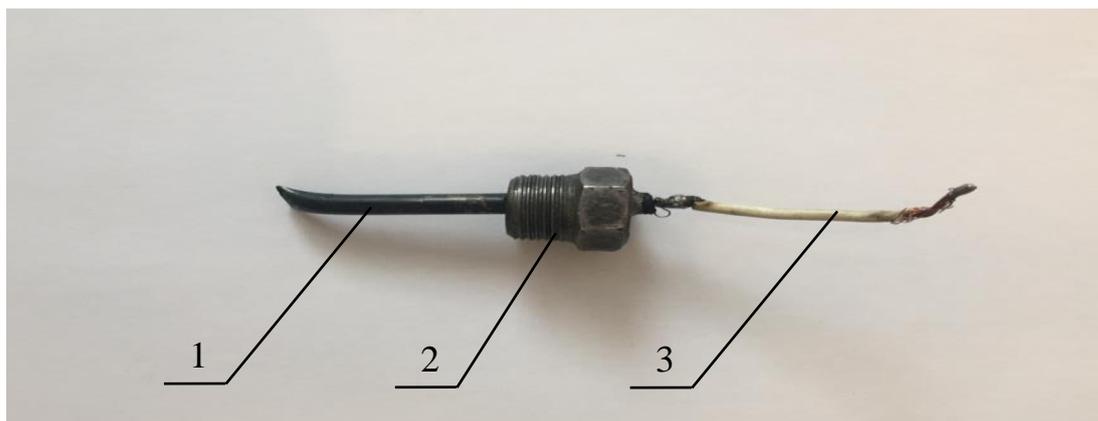


Рисунок 4. Внешний вид самодельного трубчатого электрического нагревателя – ТЭНа, вмонтированного в маслосливную пробку ведущего моста шасси ПА:
1 – чехол с нагревательным элементом ТЭНа; 2 – пробка маслосливная;
3 – кабель электропитания

Датчик температуры масла располагался в пробке контрольного отверстия картера моста (рис. 5), причем при его монтаже ПА располагали в положении «на подъем»

на соответствующем продольном уклоне. Технические характеристики датчика приведены в табл. 3.



Рисунок 5. Вид ведущего моста АЦ-5,0-40 (3255) с датчиком температуры трансмиссионного масла, вмонтированного в пробку контрольного отверстия:
1 – картер ведущего моста; 2 – пробка с датчиком температуры

Таблица 3

Основные технические характеристики датчика ДТС014-50М.В3.20/3

Наименование	Значение
Тип	ДТСХХ4
Диапазон измеряемых температур, °С	-50...+150
Класс допуска	В
Показатель тепловой инерции, с, не более	10
Минимальная глубина погружения, мм	80
Рабочий ток, мА, не более	1
Сопротивление изоляции, МОм, не менее	100
Степень защиты арматуры	IP54
Материал защитной арматуры	латунь
Группа климатического исполнения	С4; Р2
Схема соединения	3

Перед началом экспериментов датчик подвергался тарировке с помощью образцового термометра. Тарировочные графики – линейные.

Показывающий прибор – реле-регулятор с таймером марки ТРМ501 был размещен на панели приборов кабины водителя АЦ (рис. 6). Технические характеристики данного прибора приведены в табл. 4.



Рисунок 6. Расположение показывающего прибора ТРМ501 на панели приборов в кабине водителя: 1 – прибор ТРМ501

Таблица 4

Основные технические характеристики показывающего прибора ТРМ501

Параметр	Значение
Питание	
Напряжение питания	12 В (постоянного или переменного тока)
Допустимое отклонение напряжения питания	-10...+10 %
Потребляемая мощность, не более	3 ВА
Входы	
Время опроса входных каналов, не более	1 с
Предел допустимой основной приведенной погрешности изменения входной величины (без учета погрешности датчика)	±0,5 %
Напряжение низкого (активного) уровня на управляющем входе («ПУСК/СТОП»)	0...0,8 В
Напряжение высокого уровня на управляющем входе («ПУСК/СТОП»)	2,4...30 В
Выходное сопротивление устройства внешнего управления таймером	Не более 1кОм

Показывающий прибор и датчик температуры получали питание постоянным током напряжением 12 В от соответствующих контактов в кабине водителя (рис. 7).

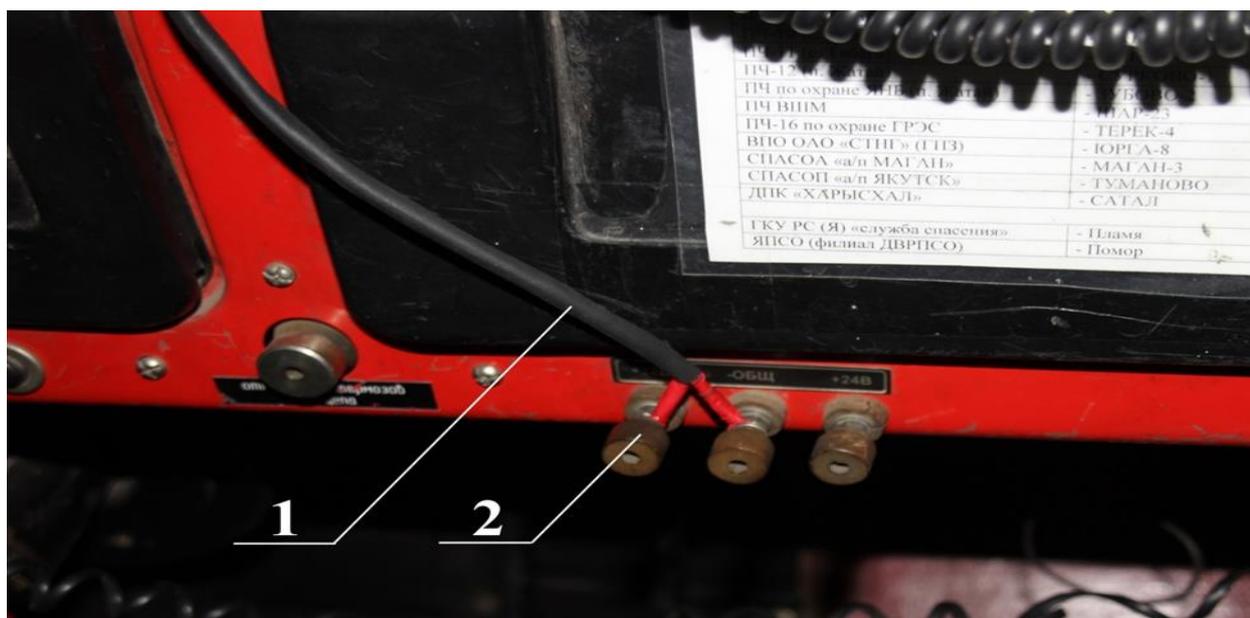


Рисунок 7. Место подключения показывающего прибора ТРМ501 к бортовой сети 12 В: 1 – соединяющий кабель; 2 – клеммы бортовой сети

При внегаражном пребывании ПА, т. е. на месте вызова (пожара), имел место практически полный штиль, а температуры окружающего воздуха при проведении опытов находились в диапазоне минус 20 ± 2 °С. Температура воздуха в депо в экспериментах по остыванию масла в мосту составляла от +14 до +16 °С.

Радиус выезда АЦ составил 3,6 км – что находится в соответствии с СНиП II – 89-80* для промышленных объектов (2...4 км).

Измерения величин температур трансмиссионного масла в течение каждой серии экспериментов по его прогреву при следовании ПА к месту вызова проводились

с шагом 20 с, при нахождении на месте стоянки – 5 мин. Их результаты фиксировались и протоколировались.

Таковы разработанное техническое решение, инструментарий, конструктивные особенности передвижной лабораторной установки на базе АЦ-5,0-40 (3255) и методика проведения экспериментов.

4. Результаты экспериментов и их анализ

4.1. Температурные режимы запаса трансмиссионного масла в ведущем мосту при следовании пожарного автомобиля по вызову

4.1.1. Ускорение прогрева масла в ведущем мосту при следовании пожарного автомобиля по вызову

На рис. 8 приведены кривые изменения температуры трансмиссионного масла в переднем ведущем мосту АЦ-5,0-40 (3255) при следовании по вызову. Температура окружающего воздуха в опытах составляла минус 20 °С.

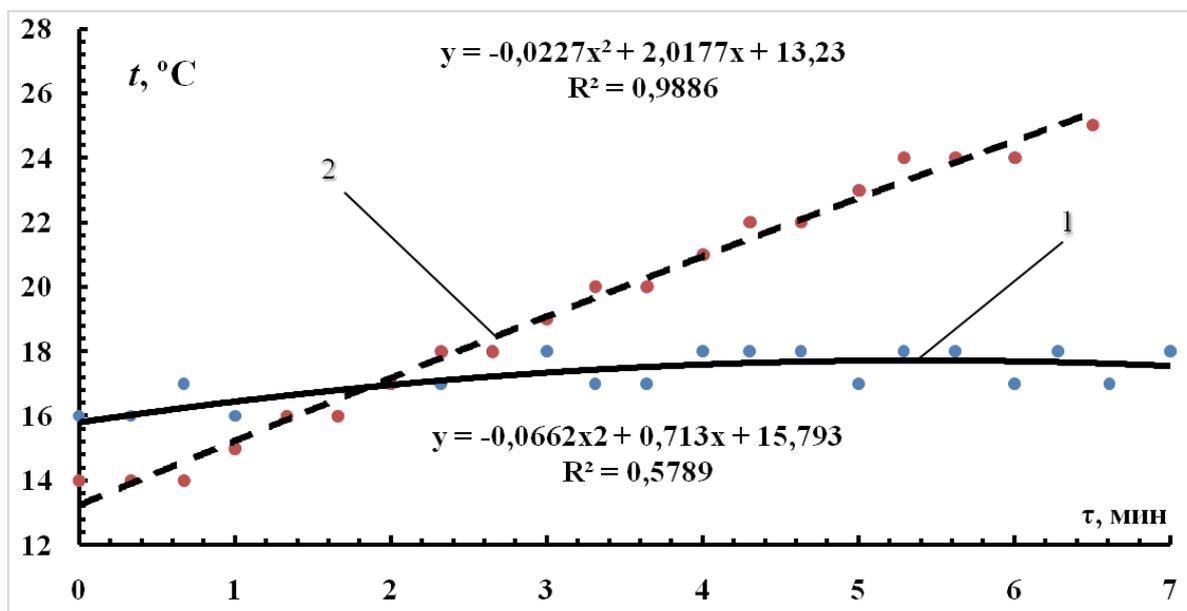


Рисунок 8. Динамика прогрева трансмиссионного масла в ведущем переднем мосту пожарного автомобиля АЦ-5,0-40 (3255) при следовании по вызову (радиус выезда 3,6 км):
1 – температура масла в мосту типового исполнения, т. е. без нагревателя;
2 – температура смазочного масла в мосту с включенным ТЭНом

Прежде всего из графиков видно, что ПА с модернизированным приводным мостом проходил маршрут в среднем на одну минуту быстрее, чем с мостом типового исполнения.

Далее, температура масла в мосту типового исполнения, т. е. не оборудованного электрическим подогревателем изменилась незначительно: с 16 °С достигла 18 °С к концу 7 минуты от начала следования ПА.

Напротив, температура смазочного масла в мосту с работающим ТЭНом за 6 минут выросла существенно – с 14 °С до 24 °С.

На основании имеющихся экспериментальных данных были получены аппроксимирующие зависимости указанных процессов.

Экстраполяция кривой 2 позволяет прогнозировать дальнейшее увеличение температуры запаса масла в приводном мосту при следовании к месту вызова. Однако чрезмерный нагрев трансмиссионного масла не желателен. При принятии решения о величине потолка температуры прогрева масла учитывалось следующее. Прежде всего были приняты во внимание результаты

исследования, проведенного Е. М. Желваковым [6]. Им была обоснована и экспериментально подтверждена величина минимальной температуры масла в коробке передач ПА в условиях гаража +40 °С. Кроме того, с ростом температуры масла уменьшается его вязкость, что с износом и старением уплотнений приводит к его утечкам. Между тем устранение любых неисправностей в суровых условиях весьма трудоемко. Наконец, с увеличением градиента температур масла и окружающей среды соответственно интенсифицируется теплорассеивание свободной конвекцией, для компенсации которой пришлось бы увеличить мощность, потребляемую ТЭНом. Другими словами, мощность нагревателя должна быть пропорциональна градиенту температур масла и окружающего воздуха. Поэтому в ходе дальнейшей проработки и широкого применения данного технического решения необходимо предусмотреть наличие автоматического терморегулятора с обратной связью. В процессе же данных экспериментов схема электроподогрева была дополнена тумблером для отключения питания ТЭНа. Таким образом, в ходе опытов температуре масла не позволяли подниматься выше реперной величины +40 °С.

4.1.2. Расчет тепловой мощности нагревателей, необходимой для нагрева запаса масла в агрегатах трансмиссии АЦ-5,0-40 (3255)

Ниже приведен ориентировочный расчет тепловой мощности нагревателей – N (кВт), необходимой для нагрева запаса масла во всех агрегатах силовой передачи АЦ-5,0-40 (3255) от температуры воздуха в депо плюс 15 °С до вышеобоснованного потолка температуры прогрева в гараже непосредственно перед выездом плюс 40 °С, т. е. за одну минуту, по следующей зависимости [12]

$$N = C_p \cdot m \cdot \Delta t / \tau,$$

где $C_p = 1,678$ кДж / (кг·°С) – изобарная теплоемкость масла при температуре 15 °С [12]; m – суммарный запас трансмиссионного масла в агрегатах базового шас-

си – трех ведущих мостах $3 \cdot 8 = 24$ л, коробке перемены передач и раздаточной коробке $2 \cdot 5,5 = 11$ л, всего 35 л, или, с учетом плотности масла, $m = 35 \cdot 0,950$ кг/л = 33,25 кг; Δt – градиент температур от температуры воздуха в депо 15 °С до вышеобоснованного потолка температуры подогрева масла в гараже 40 °С. Принимаем $\Delta t = 25$ °С; τ – время подогрева, регламентировано нормативами ПСП для оперативного выезда ПА из гаража, 60 с.

Отсюда $N = 23,25$ кВт, что соразмерно с мощностью электрогенератора канадского снегоболотохода «Foremost Husky 8» [9]. При напряжении сети 12 В суммарная величина потребляемого тока всеми пятью ТЭНами составит 1937,5 А.

Исправная, полностью заряженная стартерная аккумуляторная батарея марки Ст 190 обладает номинальной емкостью 190 А·ч или $190 \cdot 3600 = 684\,000$ А·с и напряжением на клеммах 12 В. Тогда питание всех пяти ТЭНов от Ст 190 при подогреве током 1937,5 А может продолжаться в течение $684\,000$ А·с / $1937,5$ А = 353 с. Таким образом, автономная аккумуляторная батарея Ст 190 при варианте включения ТЭНов «Перед выездом ПА по вызову» сможет обеспечить лишь 5,9 подогревов масла в агрегатах силовой передачи АЦ-5,0-40 (3255). И это без учета объективной необходимости подогрева масла при стоянке ПА на месте вызова. Также очевидно, что при напряжении сети 24 В количество циклов подогрева трансмиссионного масла в агрегатах перед следованием от одной батареи Ст 190 увеличится вдвое.

4.2. Результаты измерений температуры масла на местах стоянок

4.2.1. Температурные режимы запаса трансмиссионного масла в ведущем мосту при стоянке пожарной автоцистерны на месте вызова

На рис. 9 изображены графики остывания и прогрева трансмиссионного масла в редукторе переднего ведущего моста при стоянке ПА на месте вызова.

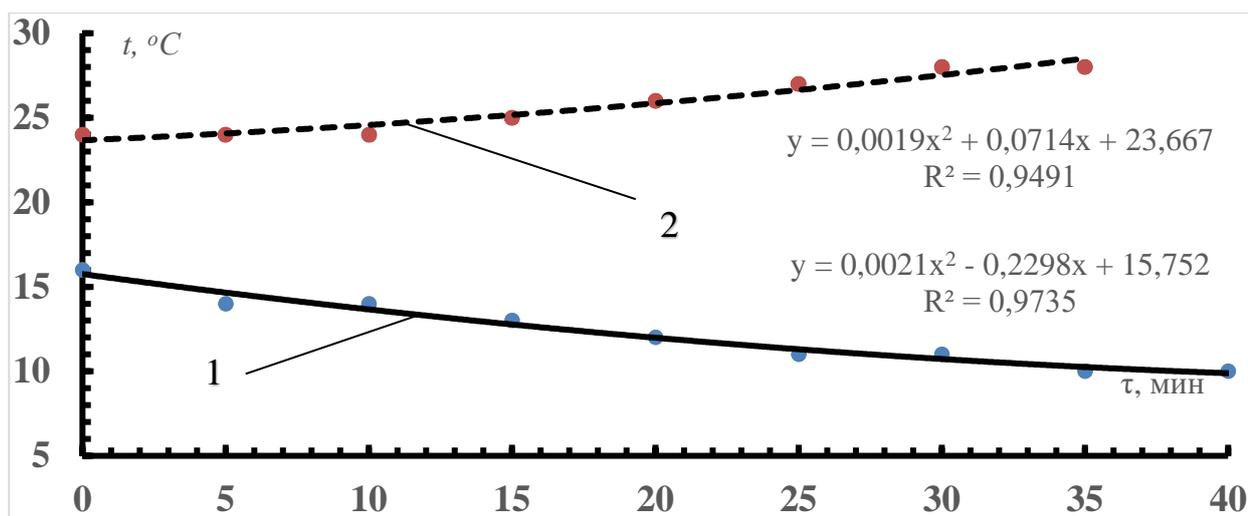


Рисунок 9. Динамика изменения температуры масла в ведущем мосту АЦ-5,0-40 (3255) при стоянке на месте вызова при температуре окружающего воздуха $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$: 1 – температура трансмиссионного масла в мосту, без нагревателя; 2 – температура масла в мосту с включенным ТЭНом

Графики показывают, что температура масла в мосту типового исполнения понижается за 40 мин весьма существенно с $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. со скоростью $0,144\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Для сравнения: температура смазочного масла в мосту с постоянно включенным нагревателем повысилась с $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 35 мин, соответственно скорость процесса составила $0,114\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$.

На основании имеющихся экспериментальных данных получены аппроксимирующие зависимости процессов изменения температуры (остывания и прогрева) трансмиссионного масла при стоянке на месте вызова.

Таким образом, предложенное техническое решение по подогреву масла в картере ведущего моста обеспечило длительное сохранение необходимой температуры трансмиссионного масла моста, что гарантирует ПА возможность продолжительное

время находиться в положении готовым к следованию.

4.2.2. Измерение температуры масла в редукторе ведущего моста при стоянке пожарного автомобиля в депо

На рис. 10 приведены кривые изменения температуры смазочного масла переднего ведущего моста АЦ при стоянке в депо. Графики свидетельствуют, что температура масла в мосту типового исполнения за 40 мин понизилась с $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ до температуры воздуха в депо $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и практически стабилизировалась. Таким образом, скорость охлаждения составила $0,075\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, что было ожидаемо и практически в два раза меньше чем при стоянке на месте вызова при температуре окружающего воздуха минус $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температура масла в картере с работающим ТЭНом прогнозируемо поднялась за 10 мин с отметки $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, после чего он был отключен.

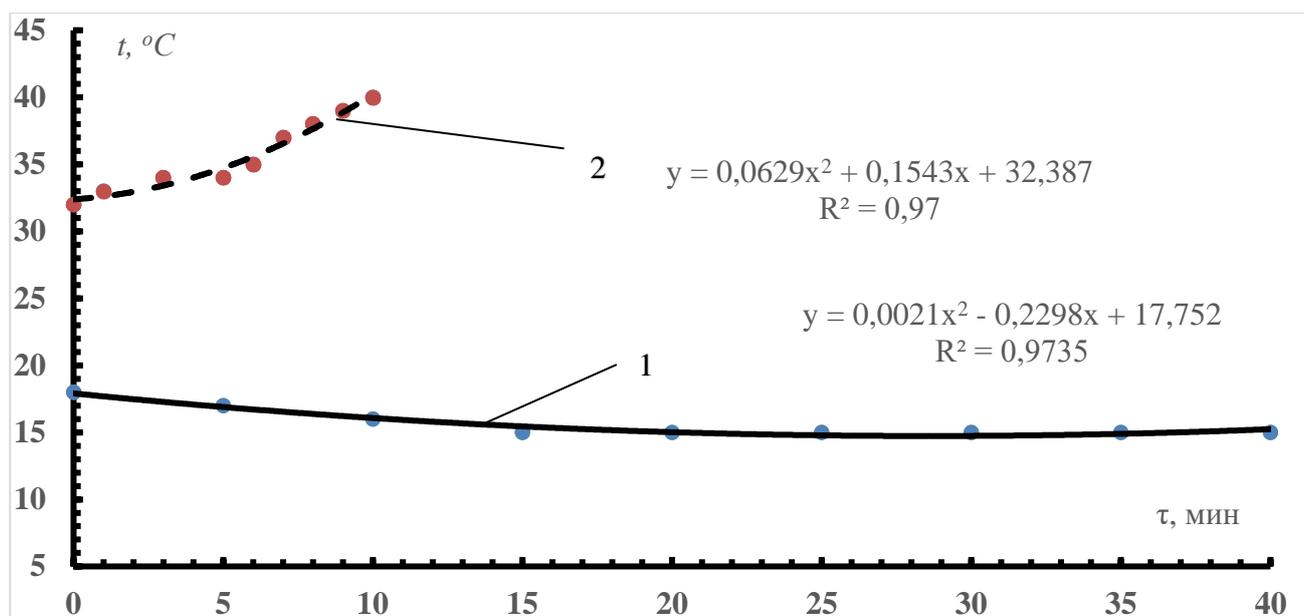


Рисунок 10. Динамика изменения температуры масла в ведущем мосту пожарного автомобиля АЦ-5,0-40 (3255) при стоянке в депо (температура воздуха в депо 15 °С):

1 - температура трансмиссионного масла в мосту типового исполнения;
2 - температура масла в мосту, с включенным ТЭНом

На основании имеющихся экспериментальных данных получены аппроксимирующие зависимости процессов остывания и прогрева масла при стоянке ПА в депо.

Выводы

1. Результаты поисковых исследований в виде сравнительных ходовых испытаний, моделирующих все основные фазы эксплуатации ПА, состоящего в расчете, убедительно свидетельствуют об определенной эффективности подогрева ТЭНом трансмиссионного масла в редукторе приводного моста АЦ-5,0-40 (3255) в низкотемпературных условиях. Действительно, при электроподогреве появляется техническая возможность изменить тепловой баланс агрегата и направить дополнительно получаемую теплоту на усиленный подогрев запаса масла. Причем этот эффект имеет место во всех перечисленных фазах оперативного применения ПА: при следовании к месту вызова, при его стоянке на месте вызова, а также и при несении службы в режиме ожидания в депо.

2. Так, электроподогрев смазочного масла в мосту обеспечил прохождение маршрута ПА протяженностью 3,6 км с модернизированным приводным мостом при

температуре воздуха до минус 20 °С на одну минуту быстрее, чем с мостом типового исполнения.

Результаты сравнительных ходовых испытаний, моделирующих следование ПА к месту вызова, позволяют также констатировать, что ввиду значительного темпа повышения температуры трансмиссионного масла в редукторе приводного моста ПА при электроподогреве и при указанной температуре окружающей среды достаточно чтобы ТЭН генерировал меньшую тепловую мощность, чем была реализована в опытах.

3. На графиках температурных режимов масла в редукторе моста ПА при стоянке на месте вызова при температуре окружающей среды порядка минус 20 °С скорости процессов остывания трансмиссионного масла у моста типового исполнения и его прогрева ТЭНом примерно одинаковы. Поскольку достигнутая температура прогрева масла ТЭНом достаточно близка к реперной поэтому в первом приближении можно полагать, что в данной случае был бы оптимален ТЭН, с мощностью примерно в два раза менее апробированной, т. е. ≈ 50 Вт.

4. При несении службы ПА в депо при температуре воздуха +15 °С также следует еще более уменьшить мощность ТЭНа в ведущем мосту, чем была при стоянке на месте вызова при температуре окружающей среды минус 20 °С. Как вариант, это может быть достигнуто, например, питанием ТЭНа от сети напряжением 12 В.

5. Очевидно, что в суровых климатических условиях целесообразно устанавливать ТЭНы на всех агрегатах силовой передачи ПА. Для этого необходимо принимать соответствующие меры для обеспечения баланса электроэнергии ПА (установка дополнительной либо автономной аккумуляторной батареи, системы ее автоматической подзарядки на стоянке в пожарном депо, применение более мощного (по сравнению со штатным) бортового источника электроэнергии либо комплектация ПА автономным электрогенератором).

6. При применении электронного или автотронного [13] управления ТЭНами,

смонтированными во всех агрегатах трансмиссии и при *перспективном* варианте их включения «Перед выездом ПА по вызову» целесообразно разработать алгоритм регулирования мощности каждого ТЭНа во времени, характеризующийся квадратичной нелинейностью. В первую минуту после пуска ДВС и в начале следования к месту вызова программа должна обеспечить форсированный нагрев запаса масла, находящегося в каждом агрегате до температуры порядка плюс 40 °С, а затем стабилизировать ее на этой отметке.

7. Целесообразно продолжить эмпирические исследования по повышению адаптации парка ПА исполнения У к суровым климатическим условиям Севера посредством комплексного эффективного электроподогрева масла в картерах всех ведущих мостов и агрегатов силовой передачи при различных температурах окружающей среды.

Литература

1. Пассивный способ повышения приспособленности трансмиссий пожарных автомобилей к зимним условиям функционирования / В. Н. Ложкин и др. // Техносферная безопасность. 2018. № 3 (20). С. 72–91. URL: [http://uigps.ru/sites/default/files/jurnal/ТБ%203%20\(20\)/10.pdf](http://uigps.ru/sites/default/files/jurnal/ТБ%203%20(20)/10.pdf).
2. Веттегрень В. И., Ложкин В. Н., Савин М. А. Эффективная эксплуатация основных пожарных автомобилей при низких температурах: монография (в 2 частях). Екатеринбург, 2019. 383 с.
3. Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказ МЧС России от 18.09.2012 № 555. М., 2012. 244 с.
4. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444.
5. Терещенко В. В. Подгрушный А. В. Пожарная тактика. Основы тушения пожара. Екатеринбург, 2008. 512 с.
6. Желваков Е. М. Обеспечение технической готовности и работоспособности пожарных автоцистерн объектов пожарных частей в условиях низких температур: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2002. 24 с.
7. На основании испытаний в условиях эксплуатации разработать научно-обоснованные рекомендации по повышению приспособленности автомобилей ЗИЛ-130 к работе в условиях низких температур: отчет НИР (заключ.). / НИИАТ ВС филиал. Иркутск. 68 с.
8. Бардышев О. А. и др. Техническая эксплуатация строительных машин на Севере. Л., 1981. 184 с.
9. www.foremost.ca/ru (дата обращения: 21.05.2019).
10. Афанасьев Л. Л. Повышение эффективности работы автомобильного транспорта. М., 1977. 123 с.
11. Пожарно-спасательный автомобиль ПСА-С6,0-40/100(6339) модель 40ВР исполнения ХЛ производство ОАО «Варгашинский завод противопожарного оборудования»: рук-во по эксплуатации 40ВР-00-00-00РЭ.
12. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. М., 1973. 320 с.
13. Соснин Д. А. Электронное, электронное и автотронное оборудование легкового автомобиля (Автотроника-3). М., 2010. 383 с.

References

1. Passivnyi sposob povsheniia prispособlennosti transmиссии pozharnih avtomobilei k simnim usloviyam funkcionirovaniia / V. N. Lozhkin et al. // Tekhnosfernaia besopasnost. 2018. № 3(20). С. 72–91. URL: [http://uigps.ru/sites/default/files/jurnal/ТБ%203%20\(20\)/10.pdf](http://uigps.ru/sites/default/files/jurnal/ТБ%203%20(20)/10.pdf).

2. Vettegren V. I., Lozhkin V. N., Savin M. A. Effektivnaya ekspluatatsiya osnovnih pozharnih avtomobilei pri nizkih temperaturah: monografiya (v 2 chastiakh). Ekaterinburg, 2019. 383 p.
3. Ob organizatsii materialno-tehnicheskogo obespechenia sistemi Ministerstva Rossijskoi Federatsii po delam grazhdanskoj oboroni, chrezvichajnim situatsijam i likvidatsii posledstvij stikhijnih bedstvij: prikaz MCHS Rossii ot 18.09.2012 № 555.
4. Ob utverzhdenii Boevogo ustava podrasdelenii pozharnoi okhrany, opredelivshchego poriadok organizatsii tusheniia pozharov i provedeniia avariino-spatatelnykh rabot: prikaz MCHS Rossia ot 16.10.2017 № 444.
5. Terebnev V. V., Podgrushnii A. B. Pozharnaia taktika. Osnovi tusheniia pozhara. Ekaterinburg, 2008. 512 p.
6. Zhevlakov E. M. Obespechenie tehnicheskoi i rabotosposobnosti pozharnih avtozistern obektovy pozharnih chastei v usloviiakh nizkih temperature: avtoref. diss. kand. tekhn. nauk. M., 2002. 24 p.
7. Na osnovanii ispitaniia v usloviiakh ekspluatatsyi rasrabotat nauchno-obosnovannii rekomendatsii po povisheniiu prispособlennosti avtomobilei ZIL-130 k rabote v usloviiakh nizkih temperature: otchet NIR (sakliuch.) / NI-IAT VS filial. Irkutsk. 68 p.
8. Bardishev O. A. et al. Tekhnicheskaiia ekspluatatsiya stroitelnykh mashin na Severe. L., 184 p.
9. www.foremost.ca/ru (data obrashcheniia: 21.03.2019).
10. Afanasiev L. L. Povishenie effektivnosti raboti avtomobilnogo transporta. M., 1977. 123 p.
11. Pozharno-spatatelnyi avtomobil KhL (PSA-S) PSA-S C6,0-40/100(6339) model 40VR: ruk-vo po ekspluatatsii 40VR-00-00-00RE OAO «Vargashinskii savod pronbvopozharnogo i sprzialnogo oborudovaniia». 2011. 40 p.
12. Mikheev M. A., Mikheeva I. M. Osnovi teploperedachi. M., 1973. 320 p.
13. Sosnin D. A. Elektricheskoe, elektronnoe i avtotrooe oborudovanie legkovogo avtomobilia (Avtotronika-3). M., 2010. 383 p.

УДК 614.842.611/615

koksharovab@e1.ru

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА И КОНЦЕНТРАЦИИ ЧАСТИЦ ТВЁРДОЙ ФАЗЫ
НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕНОПОРОШКОВЫХ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ****INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SOLID PHASE PARTICLES SIZE
AND CONCENTRATION ON THE STABILITY OF FOAM-POWDER FIRE
EXTINGUISHING COMPOSITIONS**

*Кокшаров А. В., кандидат химических наук, доцент,
Гайнуллина Е. В., кандидат технических наук, доцент,
Кондратьева М. Л., кандидат химических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Koksharov A., Gaynullina E., Kondratieva M.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Идея создания комбинированного пенопорошкового состава заключается в усилении огнетушащего действия пены за счёт повышения устойчивости её объёма и использования изолирующего действия порошка, который будет покрывать поверхность горючих веществ после разрушения пены. В данной работе изучалось влияние размера твёрдых частиц на устойчивость объёма пены и синерезис. На истечение жидкости существенную роль оказывает способность твёрдой фазы сорбироваться на плёнках, что значительно повышает гидравлические сопротивления и снижает скорость истечения жидкой фазы. Было установлено, что частицы, соизмеримые с размерами плёнок и пенных каналов, вызывают их местные разрывы и снижают устойчивость пены. Частицы меньшего размера не оказывают влияния на устойчивость объёма пены.

Ключевые слова: воздушно-механическая пена, пенообразователь, дисперсность, твердые частицы, размер частиц, устойчивость пены, пенные каналы, абсорбция, синерезис.

The idea of creating a combined foam-powder composition is to enhance the foam fire-extinguishing effect of by increasing the stability of its volume and using the insulating effect of the powder, which will cover the surface of combustible substances after the foam is destroyed. The influence of the solid particles size of combined foam-powder compositions on the stability of the foam volume and its syneresis was studied in this paper. The ability of the solid phase to be absorbed on films significantly increases the hydraulic resistance and reduces the flow rate of the liquid phase. It was found that particles commensurate with the size of films and foam channels cause their local breaks and reduce the stability of the foam. Smaller particles do not affect the stability of the foam volume.

Keywords: air-mechanical foam, foaming agent, dispersion, solid particles, particle size, foam stability, foam channels, absorption, syneresis.

У большинства используемых огнетушащих веществ преобладает один из механизмов огнегасящего действия, другие же проявляются значительно слабее. В то же время при тушении открытых пожаров веществами объемного и объемно-поверхностного действия, такими как порошковые

и газовые составы, часто сталкиваются с проблемой их направленной подачи в зону горения и большими потерями при рассеивании в окружающую среду. Следовательно, наиболее перспективным направлением решения проблемы создания высокоэффектив-

ных средств пожаротушения является разработка составов комбинированного действия, соединяющих в себе основные свойства различных огнетушащих веществ [1]. При этом важным является достижение так называемого синергетического эффекта их комбинированного действия при огнетушении, когда эффективность действия смеси превышает простую сумму свойств (воздействий) всех ее компонентов [2].

В качестве огнетушащих веществ комбинированного действия наибольший интерес представляют пены, содержащие порошковые частицы, так называемые пенопорошки. Идея заключается в усилении огнетушащего действия пены за счёт повышения устойчивости её объёма и использования изолирующего действия порошка, который будет покрывать поверхность горючих веществ после разрушения пены. Кроме того, подача высокодисперсных порошковых частиц в составе пенной струи обеспечит попадание максимального их количества в зону горения и на поверхность горящего вещества, что позволит значительно сократить расход порошковых составов не только за счет увеличения эффективности тушения, но и за счет снижения их нецелевых потерь.

Известны работы, в которых уже были предприняты попытки соединить в одну огнетушащую композицию пену и порошок. В патентах RU 2622815 и RU 2622303C1 [3, 4] рассмотрено устройство получения пены, содержащей частицы калиевых солей, вносимых путем барботажа огнетушащего аэрозоля через слой пенообразователя. Размер аэрозольных частиц составлял несколько микрон.

Пены, содержащие твёрдые частицы, в качестве которых выступают такие напол-

нители, как цемент, песок, вяжущие вещества и др., широко используются в строительной отрасли. В литературе отмечается, что основным разрушающим пены фактором является синерезис, несмотря на то, что присутствие твёрдой фазы его замедляет [5–7].

Противопожарная пена, в отличие от газобетонной, должна обладать гораздо большей текучестью, чтобы её можно было подавать по рукавным линиям. Следовательно, количество жидкой фазы в ней должно быть больше, чем в газобетонной, что будет способствовать усилению синерезиса.

Изучение синерезиса в противопожарных пенах проводили по методикам, отработанным ранее и представленным в работах [8–10]. При изучении каких-либо свойств пены очень сложно добиться воспроизводимости результатов, поскольку получить пены одинакового дисперсного состава и кратности крайне сложно.

Для приготовления пены в работе использовалось механическое перемешивающее устройство, изготовленное из сетки с ячейками 1,5 мм. Пену взбивали до кратности, равной 10, затем переносили в градуированный цилиндр объёмом 350 мл, в котором определяли объём выделившейся жидкости. Для получения пены использовался пенообразователь общего назначения ПО-6РЗ.

В качестве твёрдой дисперсной добавки использовали оксиды кремния (SiO_2) и алюминия (Al_2O_3), а также тальк ($\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$).

Данные порошки имеют различную дисперсность. Сравнительный размер частиц представлен на фотографиях, полученных с использованием микроскопа при одинаковом увеличении (рис. 1).

SiO₂Al₂O₃Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂

Рисунок 1. Порошкообразные частицы использованных веществ при одинаковом увеличении

В результате проведённых исследований были получены кинетические кривые истечения жидкости из пены при различном

содержании в ней добавок твердых порошкообразных материалов (рис. 2).

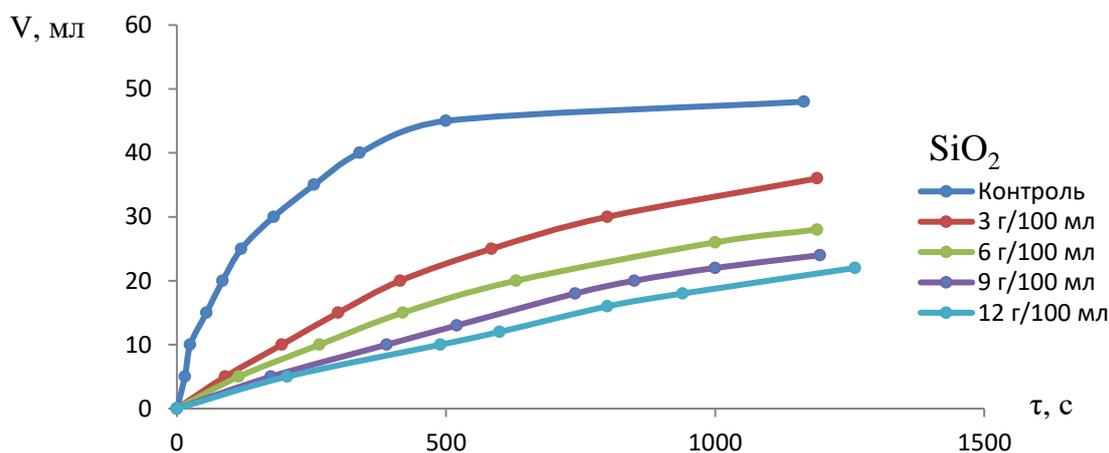


Рисунок 2. Кинетические кривые истечения жидкости из пены в зависимости от содержания оксида кремния

Как показывают результаты, введение в пену порошковых частиц затрудняет истечение жидкой фазы, а скорость истечения коррелирует с их концентрацией. Предположительно, это связано с возникновением гидравлических сопротивлений в узлах пенных каналов и плёнках при включении в них твердой дисперсной фазы.

На фотографиях, сделанных с помощью микроскопа, видно, что частицы оксида кремния концентрируются в местах слияния пенных каналов, образуя «пробку» (рис. 3). Частицы порошка являются прозрачными, поэтому их сложно увидеть в растворе. Однако они деформируют пенную плёнку, и при освещении под определённым углом в месте нахождения частицы порошка образуется блик света (рис. 3).

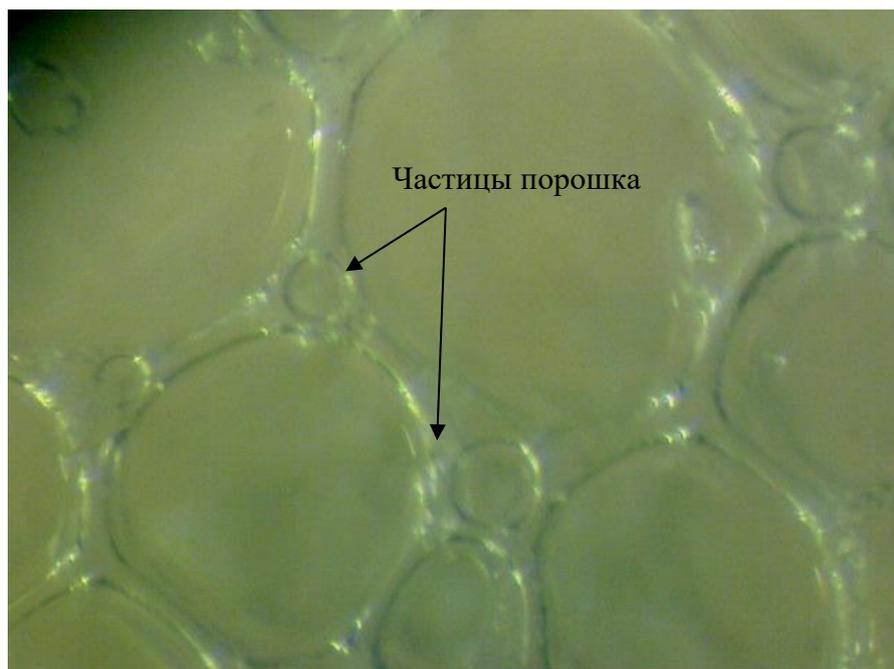


Рисунок 3. Фотография пены, содержащей частицы оксида кремния

При использовании талька также были получены результаты, аналогичные описанному выше (рис. 4.)

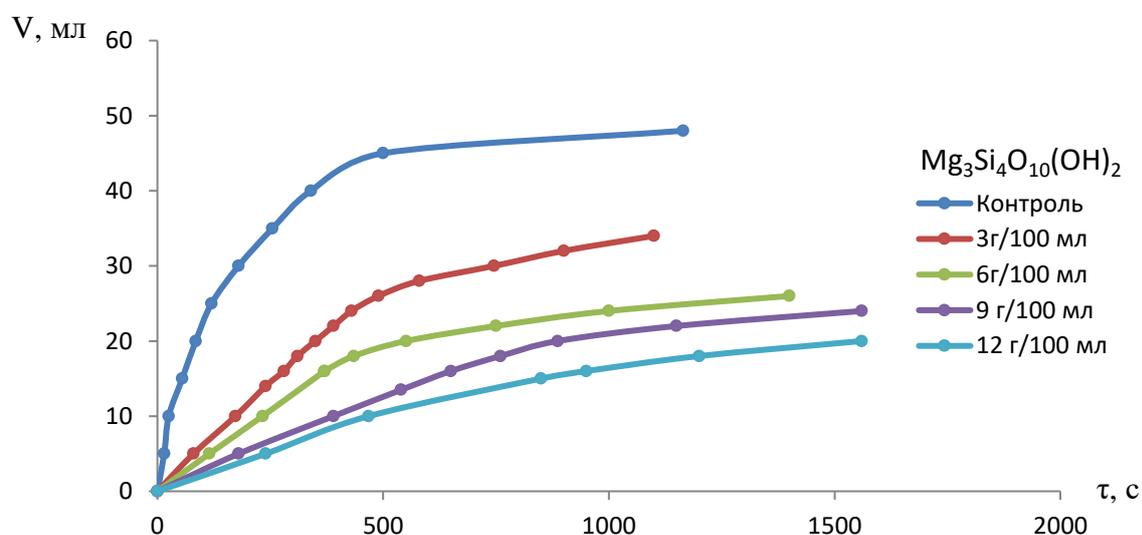


Рисунок 4. Кинетические кривые истечения жидкости из пены в зависимости от содержания талька

Интересно отметить тот факт, что мелкие частицы талька сильнее замедляют истечение жидкости по сравнению с оксидом кремния. По-видимому, это связано с количеством твёрдой фазы, находящейся в пенных плёнках, содержание которой было определено с помощью гравиметрии.

После получения пену выдерживали в течение 30 минут, затем отбирали образец и взвешивали его на аналитических весах (табл. 1). Отобранный образец помещали в сушильный шкаф и выдерживали при температуре 50 °С до полного высыхания. Массу

твёрдого остатка, приходящегося на 100 г, пены, определяли по формуле:

$$\omega = \frac{m_{\text{тв.ост.}}}{m_{\text{п}}} \cdot 100,$$

где ω – содержание твёрдой фазы, г/100 г пены;

$m_{\text{тв.ост.}}$ – масса твёрдого остатка после сушки пены, г;

$m_{\text{п}}$ – масса образца пены, г.

Таблица 1

Результаты гравиметрического определения содержания твёрдой фазы в пене

Добавка	Оксид кремния (SiO ₂)			Тальк (Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)		
	Масса пены, г	Масса сухого остатка, г	Содержание твёрдой фазы, г/100 г	Масса пены, г	Масса сухого остатка, г	Содержание твёрдой фазы, г/100 г
3	0,8157	0,2468	30,3	0,5893	0,2539	43,1
6	1,5180	0,4652	30,6	1,210	0,5379	44,5
9	3,0500	1,0120	33,2	1,566	0,6686	42,7
12	3,1700	1,0880	34,3	1,797	0,7733	43,0

Как и ожидалось, часть твёрдой фазы сорбируется в пене и по мере истечения жидкости из пленок происходит обогащение пены твердой фазой (табл. 1). Талька в пене удерживается больше, чем оксида кремния, что объясняет более низкую скорость истечения жидкости вследствие увеличения гидравлического сопротивления каналов.

Интересно отметить, что количество адсорбированного порошка в пене не зависит от его содержания в исходном пенообразующем растворе (табл. 1).

Поскольку введение порошка приводит к уменьшению скорости истечения жидкости из пены, то верхний слой пены будет содержать больше влаги, что должно привести к увеличению времени высыхания и соответственно продлить время существования пены.

Увеличение времени существования пенного слоя имеет практическое значение, например, при покрытии пеной нефтепродукта при его разливе для предотвращения образования пожароопасной среды. Также при авариях пенопорошковым слоем можно

изолировать поверхность разлива токсичных веществ для предотвращения попадания их в окружающую среду, поскольку слой твердых частиц и пены на поверхности вещества будет препятствовать его испарению с образованием токсичных облаков. Исходя из сказанного, важным является оценить влияние твёрдой фазы на устойчивость объёма пены.

Исследование устойчивости объёма пены проводили в широких химических стаканах объёмом 1000 мл. При использовании узкой посуды пена прилипает к её краям и удерживается на них, что значительно снижает воспроизводимость результатов и повышает погрешность измерений.

Пену получали механическим взбиванием 6 % раствора пенообразователя ПО-БРЗ, содержащим определённое количество порошка, до кратности 20. После замерыли время разрушения 25 % и 50 % объёма пены (табл. 2).

Важным условием при проведении эксперимента является постоянство температуры и влажности в помещении, которые составили 25 °С и 70 % соответственно.

Таблица 2

Время разрушения пены в зависимости от содержания порошка в растворе, мин

Время разрушения пены в зависимости от содержания $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ (тальк), мин						
Содержание порошка в 100 мл раствора, г	0 (контроль)	3	6	9	12	15
Время разрушения 25 % объёма пены, мин	48	49	60	65	57	54
Время разрушения 50 % объёма пены, мин	101	95	103	91	108	98
Время разрушения пены в зависимости от содержания Al_2O_3 , мин						
Содержание порошка в 100 мл раствора, г	0 (контроль)	3	6	9	12	15
Время разрушения 25 % объёма пены, мин	55	20	21	15	16	14
Время разрушения 50 % объёма пены, мин	115	31	30	28	26	25
Устойчивость объёма пены в зависимости от содержания SiO_2 , мин						
Содержание порошка в 100 мл раствора, г	0 (контроль)	3	6	9	12	15
Время разрушения 25 % объёма пены, мин	40	27	31	30	27	27
Время разрушения 50 % объёма пены, мин	99	47	50	45	45	44

Как показал анализ полученных результатов, введение талька не повлияло на устойчивость пены. Добавление порошка оксида алюминия и оксида кремния приводит к значительному уменьшению времени разрушения пены.

Поскольку данные соединения являются химически инертными как по отношению к воде, так и к компонентам пенообразователя, то причина снижения устойчивости пены связана с тем, что частицы порошка могут создавать местные разрывы жидкостных пленок, которые приводят к их полному разрушению [11].

Среди исследуемых веществ наибольшим разрушающим действием обладают оксиды кремния и алюминия по причине крупных размеров частиц. В процессе истечения жидкости толщина пенной плёнки становится соизмеримой с размерами частиц порошка, которые вызывают её разрыв.

На фотографиях верхнего слоя пены, сделанных с помощью микроскопа, видно, что частицы оксида кремния сорбируются на плёнке и вызывают образование локальных разрывов, которые в совокупности значительно снижают прочность плёнки и затем она рвётся (рисунок 5).

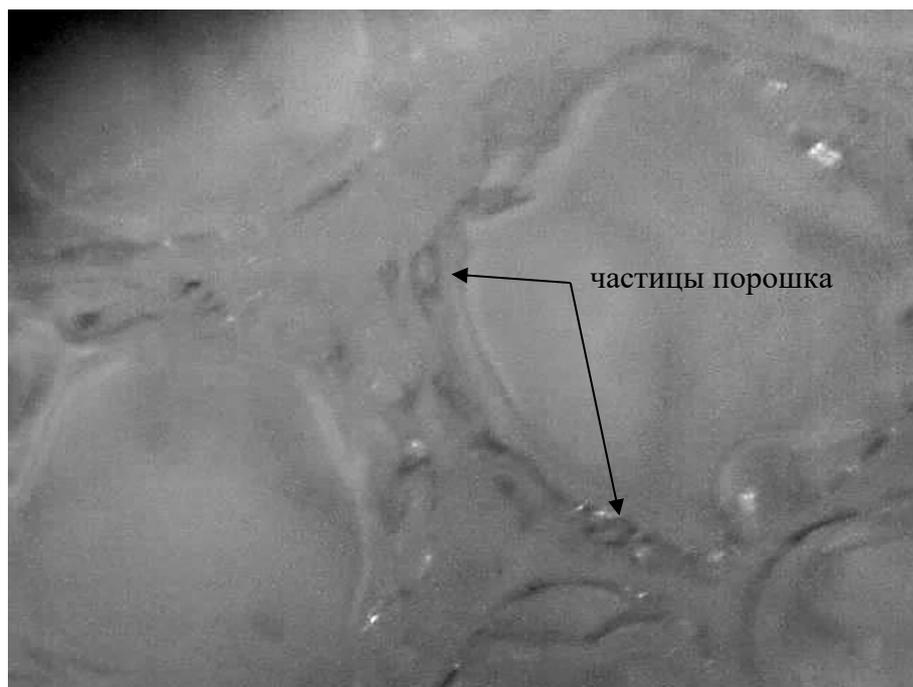


Рисунок 5. Фотография верхнего слоя пены, содержащей частицы оксида кремния

Более мелкие частицы талька не разрушают прослойку жидкости, а разрыв плёнки происходит вследствие потери её механической прочности при достижении критической толщины.

Таким образом, в ходе проведения лабораторных исследований было установлено влияние твёрдых частиц различной дисперсности на устойчивость объёма пены и синерезис.

На истечение жидкости существенную роль оказывает способность твёрдой фазы сорбироваться в плёнках, что значительно повышает гидравлическое сопротивление плёнок и снижает скорость истечения жидкой фазы.

Установлено, что с увеличением размера частиц снижается время разрушения пены, что связано с возникновением местных проколов пенных плёнок частицами порошка.

Литература

1. Шрайбер Г., Порст П. Огнетушащие средства. Химико-физические процессы при горении и тушении. М., 1975. 240 с.
2. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности / А. Н. Баратов, Е. Н. Иванов. М., 1979. 368 с.
3. Патент РФ №2622815, 20.06.2017 Устройство для получения самовспенивающейся газонаполненной пены // Патент России №2016114621; 14.04.2016 № 17 / Копылов Н. П., Копылов С. Н., Забегаев В. И., Агафонов В. В., Кузнецов А. Е., Родионов Е. С., Кононов Б. В.
4. Патент РФ №2622303С1, 14.06.2017 Комбинированный состав для пожаротушения, способ комбинированного пожаротушения и микрокапсулированный огнегасящий агент // Патент России №2016100669; 11.01.2016 / Забегаев В. И.
5. Меркин А. П. Научные и практические основы улучшения структуры и свойств поризованных бетонов: дисс. докт. техн. наук. М., 1971. 270 с
6. Сидоренко Ю. В. О подходах к задаче математического моделирования процессов структурообразования пенобетонов // Моделирование. Теория, методы и средства: мат. 5-й Международной научно-практической конференции, Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ). – 2005. – Ч. 1. – С. 33–39.
7. Феклистов В. Н. К оценке формирования пенобетонной структуры различной плотности // Строительные материалы. 2002. № 10. С. 16.
8. Кокшаров А. В. Повышение огнетушащей способности пены низкой кратности // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2013. № 4 (9). С. 48–49.

9. Кокшаров А. В. и др. Стабилизация пены низкой кратности натриевой солью карбоксиметилцеллюлозы // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23, № 10. С. 79–83.

10. Кокшаров А. В., Марков В. Ф. Повышение устойчивости пены к обезвоживанию производными полисахаридов и полиакрилатом натрия // Техносферная безопасность. 2014. № 3 (4). С. 31–34. URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.

11. Яковлев А. А., Турицына М. В., Кузнецов А. С. Исследование влияния различных реагентов на разрушение пен и предупреждение пенообразования у буровых растворов // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2015. № 15. С. 48–56.

References

1. Schreiber G., Post P. Ognetchashie sredstva. Chimiko-fisicheskie protsessy pri gorenii i tushenii. M., 1975. 240 p.

2. Pozarotushenie na predpriyatiyah himicheskoy b neftepererabativaychey promyshlennosti / A. N. Baranov, E. N. Ivanov. M., 1979. 368 p.

3. Patent RF No. 2622815, 20.06.2017 Ustroystvo dlia polucheniya samovspenivayisheisia gazonapolnennoy peny // Patent Rossiya No. 2016114621; 14.04.2016 No. 17 / Kopylov N. P., Kopylov S. N., Zabegaev V. I., Agafonov V. V., Kuznetsov A. E., Rodionov E. S., Kononov B. V.

4. Patent RF No. 2622303C1, 14.06.2017 Kombinirovanniy sostav dlia pozarotushenia, sposob kombinirovannogo pozarotushenia i mikroapsulirovanniy ognegesachiy agent // Patent Rossiya No. 2016100669; 11.01.2016 / Zabegaev V. I.

5. Merkin A. P. Nauchniye i prakticheskiye osnovy ulucheniya strukturu I svoystv porizovannuch betonov: diss. doct. techn. nauk. M., 1971. 270 p.

6. Sidorenko Yu. V. O podkhodakh k zadachiy matematicheskogo modelirovaniya protsessov strukturoobrazovaniya penobetonov: Modelirovaniye. Teoriya, metody i sredstva: mat. 5 Mezhdunarodnoy nauchno-practicheskoy konferentsiyu. Novocherkassk, 2005. Chast 1. P. 33–39.

7. Feklistov V. N. K otzenke formirovaniua penobetonnoy strukturu razlichnoy plotnostiy // Stroitelnyie materialy. 2002. No. 10. P. 16.

8. Koksharov A. V. Povusheniye ognetchashhey sposobnosiy penu nizkoiy kratnostiy // Vestnik Voronezhskogo Instituta of GPS MCHS Russiyi. 2013. № 4 (9). P. 48–49.

9. Koksharov A. V. et al. Stabilizatsiya penu nizkoiy kratnostiy natrievoy soliy karboksimetiltzelluloziy // Pozharovzrvobezopasnost. 2014. T. 23, No. 10. P. 79–83.

10. Koksharov A. V., Markov V. F. Povusheniye ustoychivostiy penu k obezvozhivaniyu proizvodnumi polisacharidov i poliakrilatom natriya // Technosphernaya bezopasnost. 2014. No. 3 (4). P. 31–34. URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.

11. Yakovlev A. A., Turitsyna M. V., Kuznetsov A. S. Issledovaniye vlianiua raslichnuch reagentov na razruscheniye pen i preduprezhdeniye penoobrazovaniua u buruvuch rastvorov // Vestnik PNRPU. Geologiya. Neftegazovoe i gornoe delo. 2015. № 15. P. 48–56.

УДК 662.311.1

sumbulryamova993@gmail.com

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ
МАССОВОЙ СКОРОСТИ ВЫГОРАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ****RESEACH OF METHODS FOR DETERMINING THE SPECIFIC
MASS BURN-UP RATE OF PETROLEUM PRODUCTS**

*Хуснутдинова С. М.,
Хафизов Ф. Ш., доктор технических наук,
Хафизов И. Ф., доктор технических наук,
Уфимский государственный нефтяной
технический университет, Уфа*

*Khusnutdinova S. M., Khafizov F. Sh., Khafizov I. F.,
Ufa state petroleum technical university, Ufa*

Величина массовой скорости выгорания нефтепродуктов используется для определения интенсивности теплового излучения, которая в свою очередь является важным фактором для оценки рисков пожаров на объектах нефтегазопереработки. Удельная массовая скорость выгорания определяется экспериментально. В настоящее время значения её величин приводятся в различных справочных материалах для ограниченного ряда нефтепродуктов. Значение удельной массовой скорости выгорания (m') для простых (однокомпонентных) веществ можно также вычислить расчетным путем. Формулы расчета величины m' в теории применимы как для простых так и для сложных веществ, однако процесс горения сложных топлив существенно отличается в связи с поэтапным выгоранием отдельных фракций в их составе. Поэтому для сложных веществ расчет должен производиться с учетом изменения плотности и температуры в процессе горения.

Для упрощения метода определения значения m' нефтепродуктов, являющихся многокомпонентными веществами, нами предлагается номограмма, которая позволяет определить величину удельной массовой скорости выгорания, зная плотность нефтепродукта при нормальных условиях и температуру кипения.

Ключевые слова: пожарный риск, удельная массовая скорость выгорания, удельная теплота сгорания, удельная теплота испарения, удельная теплоемкость.

The value of the mass burn-up rate of oil products is used to determine the intensity of thermal radiation which is an important factor for assessing the fire risk at oil and gas facilities. The specific mass burnup rate is determined experimentally. Currently its values are given in various references for a limited number of petroleum products. The value of the specific mass burn-up rate for simple (one-component) substances can also be determined by calculation. Formulas for calculating the specific mass burn-up rate in theory are applicable for both simple and complex substances, however the combustion process of complex fuels significantly differs due to the gradual burnout of individual fractions in their composition. Therefore for complex substances a calculation should be carried out taking into account changes in density and temperature during combustion.

To simplify the method for determining the specific mass burn-up rate of oil products which are complex substances, we propose a nomogram that allows you to determine the value of the mass burn-up rate, knowing the density of the oil product under normal conditions and the boiling point.

Keywords: fire risk, specific mass burn-up rate, specific heat of combustion, specific heat of vaporization, specific heat capacity.

Удельная массовая скорость выгорания, m' , $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ – это масса горючего вещества или материала, выгорающая в единицу времени с единицы площади пожара: $m' = m / (S_{\text{п}} \cdot \tau)$, где m – масса вещества, $S_{\text{п}}$ – площадь пожара, τ – длительность горения [1].

Величина m' используется при определении величин пожарного риска в производствах, например, в случае пожара пролива для определения интенсивности тепло-

вого излучения. Результаты расчета интенсивности теплового излучения используются для оценки безопасных расстояний при воздействии теплового излучения на людей, здания, сооружения и наружные установки.

В настоящее время показатель m' определяется экспериментальным. Так в различных справочных материалах на сегодняшний день приведены экспериментально-проверенные величины m' для ряда нефтепродуктов.

Таблица 1
Скорость выгорания горючих и легковоспламеняющихся жидкостей

Нефтепродукт	Скорость выгорания
	$\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$
Нефть	0,02–0,03
Мазут	0,02–0,03
Дизтопливо	0,05–0,06
Керосин	0,045–0,055
Бензин	0,045–0,053

Значения удельной массовой скорости выгорания небольшого ряда топлив приведены также в Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утверждена приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404, далее – Методика).

Также величину массовой скорости выгорания для простых (однокомпонентных) веществ можно вычислить расчетным путем, используя следующую формулу [2]:

$$m' = \frac{0.001 \cdot H}{L + C(T_b - T_a)}, \quad (1)$$

где H – удельная теплота сгорания топлива, $\text{кДж}/\text{кг}$;

L – удельная теплота испарения жидкости, $\text{кДж}/\text{кг}$;

C – удельная теплоемкость жидкости, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

T_b – температура кипения жидкости при атмосферном давлении, К ;

T_a – начальная температура жидкости или температура окружающей среды, К .

Однако возникает необходимость расчета величин удельной теплоты сгорания и испарения, удельной теплоемкости при заданном значении температуры, которые можно найти в справочных материалах для ограниченного ряда веществ. Нами исследованы методы расчета данных величин, применимые для горючих и легковоспламеняющихся жидких топлив.

Низшую теплоту сгорания нефтепродуктов можно определить по формуле Д. И. Менделеева (2), которая может быть применима для расчета теплоты сгорания как для веществ, имеющих сложный элементный состав, так и для индивидуальных веществ, если предварительно рассчитать массовую долю каждого элемента в соединении (ω) [3]:

$$H_{cr} = 339,4 \cdot \omega(C) + 1257 \cdot \omega(H) - 108,9[\omega(O) + \omega(N) - \omega(S)] - 25,1[9 \cdot \omega(H) + \omega(W)], \quad (2)$$

где $\omega(H)$, $\omega(O)$, $\omega(N)$, $\omega(S)$, $\omega(W)$ – значения массовых долей элементов и влаги в веществе, %.

Теплоемкость, C , кДж/(кг·К) — тепло, которое необходимо для нагревания единицы массы вещества на один градус.

Для определения величины удельной теплоемкости жидких нефтепродуктов широко используется эмпирическое уравнение Крэга:

$$C = \frac{1}{\sqrt{\rho_{15}^{15}}} [0,7615 + 0,0034 \cdot (T - 273)], \quad (3)$$

где ρ_{15}^{15} – относительная плотность нефтепродукта при температуре 15 °С, г/см³

Когда говорят о плотности вещества, обычно в отечественной практике используют величину *относительной плотности* нефти или нефтепродукта (обозначается ρ_4^{20}), которая равна отношению плотности нефти (нефтепродукта) при температуре 20 °С к плотности воды при температуре 4 °С.

Однако в ряде зарубежных стран за стандартную принята одинаковая температура нефти или нефтепродукта и воды при 60 °F, что соответствует температуре 15,5 °С. В данном случае относительная плотность обозначается ρ_{15}^{15} [4].

Взаимный пересчет значений относительных плотностей ρ_4^{20} и ρ_{15}^{15} производится следующим образом:

$$\rho_{15}^{15} = \rho_4^{20} + \frac{0,0035}{\rho_4^{20}}. \quad (4)$$

Величину *относительной плотности* ρ_4^{20} , как правило, можно найти в справочных таблицах.

Теплота испарения, L , кДж/кг – это количество теплоты, поглощаемое жидкостью при испарении (переходе ее в насыщенный пар). У нефтепродуктов теплота испарения меньше чем у воды [5].

Значение теплоты испарения нефтепродуктов при произвольной температуре можно найти по формуле Трутона:

$$L = k \cdot T/M, \quad (5)$$

где k – характеризующий фактор;

T – заданная температура или температура кипения жидкости, °С;

M – молекулярная масса вещества, г/моль.

Для большей части нефтепродуктов при атмосферном давлении значение k составляет 83,7–92,1. Более точно значение характеризующего фактора можно рассчитать по формуле В. А. Кистяковского [6]:

$$k = 36,63 + 19,13 \cdot \lg T. \quad (6)$$

Значения теплот испарения для некоторых нефтяных дистиллятов при атмосферном давлении могут иметь примерно следующие величины:

- для бензина 290–300 кДж/кг;
- для керосина 250–270 кДж/кг;
- для дизельного топлива 230–250 кДж/кг;
- для газойля 190–230 кДж/кг.

При изучении способов определения величины m' перед нами также стояла задача исследования возможности применения формулы (1) для расчета величины массовой скорости выгорания для сложных веществ (многокомпонентных). Для начала мы провели лабораторный эксперимент, определив величину m' для индивидуального вещества бензола (полученное в результате опыта значение $m' \approx 0,04$ кг/(м²·с) и сложного – бензина ($\approx 0,05$ кг/(м²·с)). Затем, используя формулу 1, рассчитали m' для бензола (полученное в результате расчета значение $m' = 0,047$ кг/(м²·с), и для бензина в интервале температур 50–210 °С с учетом изменения плотности в связи с увеличением температуры и выгорания фракций в процессе горения. Массовая скорость выгорания бензина в пределах 50–200 °С превысила

0,66 кг/(м²·с), в пределах 200–210 °С составила 0,56–0,65 кг/(м²·с). Таким образом, можно сделать вывод, что данная формула (1) для расчета m' применима для сложного жидкого топлива с учетом изменения плотности и температуры в процессе горения.

Для упрощения метода определения значения m' для нефтепродуктов, являющихся многокомпонентными веществами, нами предлагается номограмма, которая

позволяет определить величину m' , зная плотность нефтепродукта при нормальных условиях и температуру кипения (значение для фракции нефтепродукта с максимальной температурой кипения, так как в сложном веществе отдельные фракции выкипают при разной температуре). На рис. приведен пример в виде графика зависимости величины m' от температуры кипения и плотности для нефти.

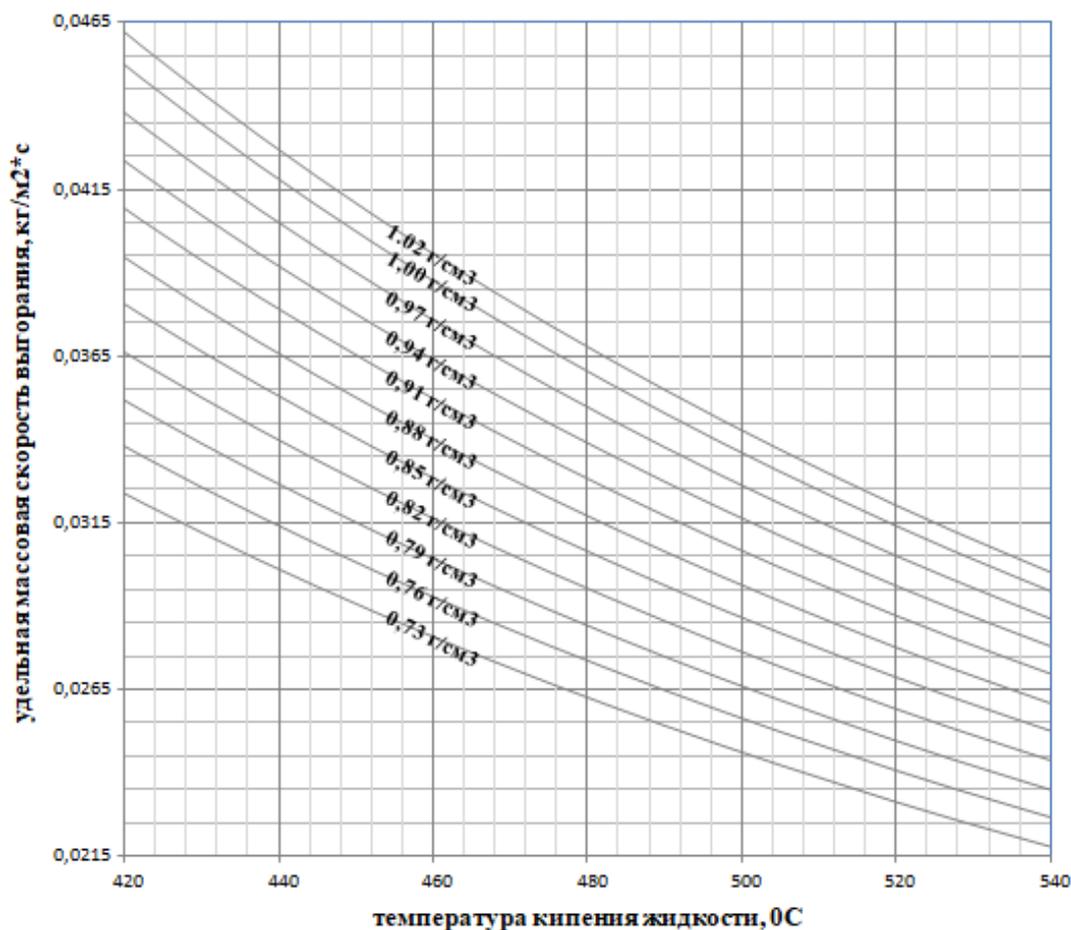


Рисунок. График зависимости значения удельной массовой скорости выгорания от плотности и температуры кипения продукта для нефтей

Литература

1. Тимофеева С. С. и др. Физико-химические основы развития и тушения пожара. 2013. С. 23–28.
2. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 14 сентября 2009 г. № 37.
3. Портола В. А., Луговцова Н. Ю., Торосян Е. С. Расчет процессов горения и взрыву. Томск, 2012. С. 35–36.
4. Матвеев С. Н. Теория и практика добычи нефти. Сургут, 2008. С. 351.
5. Хафизов Ф. Ш., Краснов А. В. Давление насыщенных паров для нефтепродуктов // Нефтегазовое дело. 2012. № 3.

6. Кирсанов Ю. Г. Расчетные и графические методы определения свойств нефти и нефтепродуктов. Екатеринбург, 2014. С. 90–96.

7. Смирнов Н. В. Методика испытаний по определению удельной массовой скорости выгорания твердых веществ и материалов. М., 2014. С. 8.

Referenses

1. Timofeeva S. S. et al. Fiziko-himicheskie osnovy razvitiya i tusheniya pozhara. 2013. P. 23–28.

2. Prikaz MCHS RF ot 10 iyulya 2009 g. N 404 «Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob"ektah» // Byulleten' normativnyh aktov federal'nyh organov ispolnitel'noj vlasti ot 14 sentyabrya 2009 g. N 37.

3. Portola V. A., Lugovcova N. YU., Torosyan E. S. Raschet processov goreniya i vzryva. Tomsk, 2012. S. 35–36.

4. Matveev S. N. Teoriya i praktika dobychi nefli. Surgut, 2008. P. 351.

5. Hafizov F. SH., Krasnov A. V. Davlenie nasyshchennyh parov dlya nefteproduktov // Neftegazovoe delo. 2012. № 3.

6. Kirsanov YU. G. Raschetnye i graficheskie metody opredeleniya svojstv nefli i nefteproduktov. Ekaterinburg, 2014. P. 90–96.

7. Smirnov N. V. Metodika ispytaniy po opredeleniyu udel'noj massovoj skorosti vygoraniya tverdyh veshchestv i materialov. M., 2014. P. 8.

УДК 614.84:31

eaozhegov@bk.ru

**ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ
УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРООПАСНЫМИ СОБЫТИЯМИ
В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

**APPLICATION OF CLUSTER ANALYSIS IN SOLVING TASKS MANAGEMENT
OF FIRE HAZARDOUS EVENTS IN SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS**

*Шидловский Г. Л., кандидат технических наук, доцент,
Дали Ф. А., кандидат технических наук, доцент,
Лебедев А. Ю., кандидат технических наук,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург,
Ожегов Э. А., кандидат технических наук,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Shidlowski G., Dali F., Lebedev A.,
Saint-Petersburg university of State fire service
of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg
Ozhegov E.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье описано применение кластерного анализа в решении задач управления пожароопасными событиями в социально-экономических системах. Результаты моделирования показали, что в зависимости от факторов, определяющих пожарную обстановку на территории, можно дать оценку пожарной опасности в регионе. Предлагаемый подход позволит спланировать необходимые противопожарные мероприятия в составе единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на различных уровнях.

Ключевые слова: объекты защиты, пожарная обстановка, территории, жилой сектор, социально-экономическая система, кластерный анализ.

This work is devoted to the application of cluster analysis in solving tasks of managing fire hazardous events in socio-economic systems. The simulation results showed that, depending on the factors that determine the fire situation in the territory, it is possible to assess the fire hazard in the region. The proposed approach will allow planning the necessary fire-fighting measures as part of a unified state system for the prevention and elimination of emergencies at various levels.

Keywords: objects, fire situation, territories, living sector, socio-economic system, cluster analysis.

Прогнозирование развития пожароопасных событий – актуальный вопрос в сфере повышения безопасности граждан, защиты их имущества, а также снижения рисков и угроз на различных объектах социально-экономической системы. Специфика прогнозирования такова, что при управлении пожароопасными событиями на рас-

сматриваемых объектах социально-экономической системы, особенно для крупных и сложных объектов, требуется большое количество справочной информации и расчетных методов моделирования обстановки, тем более в условиях чрезвычайной ситуации [1].

Большое значение имеют вопросы, связанные с моделированием ситуаций в местах расположения объектов пожарной

опасности с прилегающими населенными пунктами, которые в свою очередь являются источником пожароопасного события для жилого сектора (активов) социально-экономической системы как, например, населенные пункты, граничащие с лесными массивами. Такие объекты требуют постоянного совершенствования эффективности управления пожароопасными событиями [2].

Чтобы определить участки территории одного из регионов Российской Федерации, которые больше всего подвержены риску (вероятности) наступления и развития пожароопасных событий в жилом секторе сельских поселений социально-экономической системы предлагается провести кластерный анализ [3, 4].

В работах [5, 6] было предложено использование кластерного анализа при описа-

нии территорий по характеристикам пожарной опасности. Результаты исследования показали эффективность своего применения в одной из стран Юго-Восточной Азии. В качестве факторов пожарной опасности, учитывались: конструктивные особенности зданий и строений, особенности климата и рельефа местности, текущие условия погоды, частота возникновения пожаров, наличие и качество противопожарных средств, а также системные факторы, такие как социально-экономические, демографические, организационно-управленческие и материально-технические (относящиеся к деятельности противопожарной службы) [6].

Применительно к сельским поселениям такой подход с системой показателей социально-экономической системы делает его весьма интересным [7].

Переменные	Основные факторы, определяющие пожарную обстановку
1	участки территории с преобладающей застройкой строениями IV и V степени огнестойкости
2	расстояние от пожарной части до сельского поселения, км
3	расстояние до водоемистика, м
4	состояние дорог, %
5	средняя плотность застройки при расстоянии между строениями от 0 до 6 м, %
6	средний возраст строений, лет.
7	количество строений на участке, ед.
8	количество строений с печным отоплением, ед.
9	количество проживающих в деревне, ед.
10	количество жителей в деревне злоупотребляющих алкоголем, ед.
11	количество специальной транспортной техники, ед.
12	средний возраст проживающих в деревне, лет.
13	захламленность чердаков, %
14	среднее значение влажности деревянных конструкций строения, %
15	средняя скорость ветра месяца, мм
16	средняя температура месяца, °С
17	среднее количество осадков месяца, мм
18	растительность, количество деревьев %
19	частота пожаров на один объект надзора по категории риска, %
20	среднее количество штрафов на объект надзора, %

The screenshot shows the PROCED software interface with a menu bar (File, Edit, View, Format, Statistics, Data Mining, PROCED, Graphs, Tools, Data, Scorecard) and various tool icons. Below the interface is a table titled "Кластерный анализ сельских поселений" (Cluster analysis of rural settlements) with 13 columns corresponding to the variables in the table above and 10 rows of data.

1 населенный пункт	2 расстояние от ПЧ до СП	3 расстояние до водоемист.	4 состояние дорог	5 средняя плотность застройки	6 средний возраст строений	7 кол-во строений на участке	8 кол-во строений с печным отоплением	9 кол-во прож-х в деревне	10 кол-во жителей в деревне злоуп. алког.	11 кол-во спец. транс. тех.	12 средний возраст прож. в деревне	13 захламл. чердаков
1 деревня	30	800	30	60	60	18	18	19	16	2	64	98,6
2 деревня	18	1200	28	70	80	26	25	26	25	0	56	94,2
3 деревня	24	2000	50	50	80	24	20	23	20	1	53	90,8
4 деревня	12	1376	62	68	94	7	7	4	4	0	65	92,4
5 деревня	6	1864	48	65	70	36	30	43	30	4	52	88,8
6 деревня	10	800	42	78	44	60	46	68	20	3	45	96,2
7 деревня	18	150	74	49	76	10	8	8	10	10	66	90,2
8 деревня	40	2306	50	68	54	26	20	24	22	1	58	86,5
9 деревня	20	342	63	82	64	62	52	65	38	4	45	92,9
10 деревня	15	400	80	90	86	12	8	8	8	0	61	96,3

Рисунок 1. Исходные данные (усредненные показатели факторов, определяющие пожарную обстановку в сельских поселениях жилого сектора Ленинградской области)

При постановке задачи учитываются данные, содержащиеся в двухмерной мат-

рице размером $n \cdot f$ (где n – участки территории с преобладающей застройкой строе-

ниями 4 и 5 степени огнестойкости, f – факторы, влияющие на пожарную обстановку в регионе). Участки n разбиваются на кластеры (достаточно однородных подгрупп) Q_1, Q_2, \dots, Q_m так, что каждый объект принадлежал определенной «рисковой» группе.

Исходя из анализа исследования эмпирических данных, определяющих пожарную обстановку в пространстве и во времени на территориях сельских поселений (жилого сектора) социально-экономической системы, в качестве входных параметров были приняты во внимание следующие источники информации (рис. 1).

Значения, которые образуют похожие связи, характеризуются одинаковой вероятностью наступления пожароопасного случая. После чего можно дать оценку [4].

В любом алгоритме кластерного анализа необходимо рассчитать диапазон длины между объектами и объединить измерения.

Представленные данные имеют разные измерительные величины, поэтому их стоит унифицировать так, чтобы величина находилась в диапазоне от 0 до его стандартного отклонения 1. Сведения с унифицированными величинами приведены на рис. 2.

Стандартизировать выборку	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
населенный пункт	расстояние от ПЧ до СП	расстояние до водоист.	состояние дорог	средняя плотность застройки	средний возраст строений	кол-во строений на участке	кол-во строений с печным отоплением	кол-во прож-х в деревне	кол-во жителей в деревне зпуп. алког.	кол-во спец. транс. тех.	средний возраст прож. в деревне	захлам. чердаков	средн. знач. влажн. дер. констр. строения	средняя скорость ветра	средняя температура месяца
1 деревня	1,06757107	-0,4311713	-1,318397	-0,61118	-0,702095	-0,520491	-0,3477324	-0,42932	-0,318840993	-0,16317849	0,969593431	1,5800846	0,789099604	1,1556636	0,799670985
2 деревня	-0,1297049	0,10146773	-1,434555	0,152795	0,5980811	-0,1082209	0,10303181	-0,12266	0,550725352	-0,81589244	-0,064639562	0,4037103	-0,22909343	-0,543842	-0,088852332
3 деревня	0,468933088	1,16674569	-0,156814	-1,375155	0,5980811	-0,2112884	-0,2189426	-0,25409	0,0676329379	-0,48953546	-0,452476934	-0,505306	-0,48364169	-1,393594	1,24393264
4 деревня	-0,72834288	0,33582888	0,540136	0	1,5082045	-1,0873625	-1,0560761	-1,08644	-1,47826279	-0,81589244	1,09887255	-0,077534	1,29819612	1,1556636	-0,977375648
5 деревня	-1,32698087	0,98564844	-0,272972	-0,229192	-0,052007	0,40711675	0,42500623	0,622073	1,03381777	0,489535464	-0,581756058	-1,040022	-1,24728647	-0,713792	-1,86589896
6 деревня	-0,92788888	-0,4311713	-0,621447	0,7639749	-1,742236	1,64392712	1,45532438	1,717273	0,0676329379	0,163178488	-1,48670993	0,9384259	0,025454826	-1,053693	0,799670985
7 деревня	-0,1297049	-1,2967096	1,2370858	-1,451552	0,3380458	-0,9327612	-0,9916812	-0,91121	-0,89855189	2,44767732	1,22815168	-0,665721	-0,99273821	1,3256142	-0,088852332
8 деревня	2,06530105	1,57421451	-0,156814	0	-1,092148	-0,1082209	-0,2189426	-0,21028	0,260869903	-0,48953546	0,193918686	-1,654945	1,29819612	-0,03399	-0,977375648
9 деревня	0,069841098	-1,0410429	0,5982152	1,0695648	-0,44206	1,74699465	1,84169368	1,585849	1,80676563	0,489535464	-1,48670993	0,0561451	0,789099604	-0,543842	0,799670985
10 деревня	-0,42902389	-0,9638102	1,5855606	1,6807447	0,988134	-0,8296936	-0,9916812	-0,91121	-1,09178886	-0,81589244	0,581756058	0,9651617	-1,24728647	0,645812	0,355409327

Рисунок 2. Стандартизованные переменные

1	2	3	4	5	6	7
населенный пункт	расстояние от ПЧ до СП	расстояние до водоист.	состояние дорог	средняя плотность застройки	средний возраст строений	кол-во строений на участ.
1 деревня	1,06757107	-0,4311713	-1,318397	-0,61118	-0,702095	-0,520491
2 деревня	-0,1297049	0,10146773	-1,434555	0,152795	0,5980811	-0,1082209
3 деревня	0,468933088	1,16674569	-0,156814	-1,375155	0,5980811	-0,2112884
4 деревня	-0,72834288	0,33582888	0,540136	0	1,5082045	-1,0873625
5 деревня	-1,32698087	0,98564844	-0,272972	-0,229192	-0,052007	0,40711675
6 деревня	-0,92788888	-0,4311713	-0,621447	0,7639749	-1,742236	1,64392712
7 деревня	-0,1297049	-1,2967096	1,2370858	-1,451552	0,3380458	-0,9327612
8 деревня	2,06530105	1,57421451	-0,156814	0	-1,092148	-0,1082209
9 деревня	0,069841098	-1,0410429	0,5982152	1,0695648	-0,44206	1,74699465
10 деревня	-0,42902389	-0,9638102	1,5855606	1,6807447	0,988134	-0,8296936

Рисунок 3. Выбор диапазона измерений

Сначала следует понять, образуют ли сельские поселения «однородные» кластеры. Задачу можно решить с помощью

программного софта STATISTICA®, который позволяет задавать диапазон измерений

и способ, определяющий расстояние между кластерами (рис. 3).

Измерения определяются евклидовой длиной в n -мерном пространстве и рассчитываются:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Основным результатом является получение кластерно-иерархического дерева (рис. 4). Можно визуально увидеть, что населенные пункты, которые ближе всего находятся друг с другом формируют кластеры. Практически на всех участках на дереве образуется по два кластера.

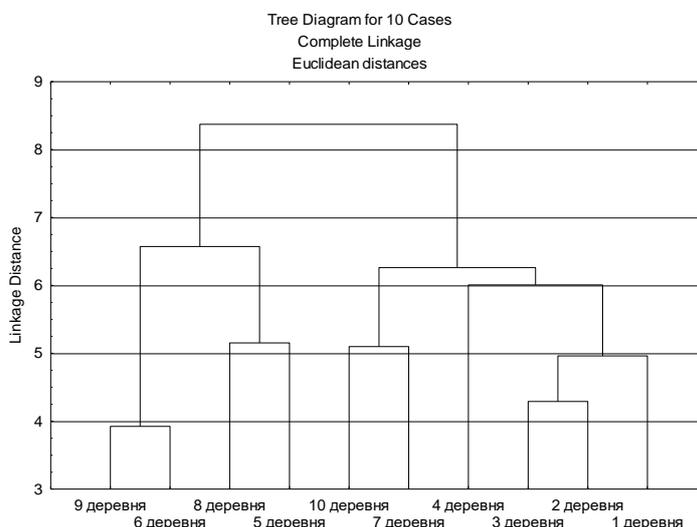


Рисунок 4. Кластерное дерево

После экспертного изучения можно сделать предположение, что по пожарной опасности сельские поселения образуют че-

тыре однородных кластера. Это можно проверить путем, разбивки исходных сведений методом К-средних и понять важность и однородность между группами (рис. 5).

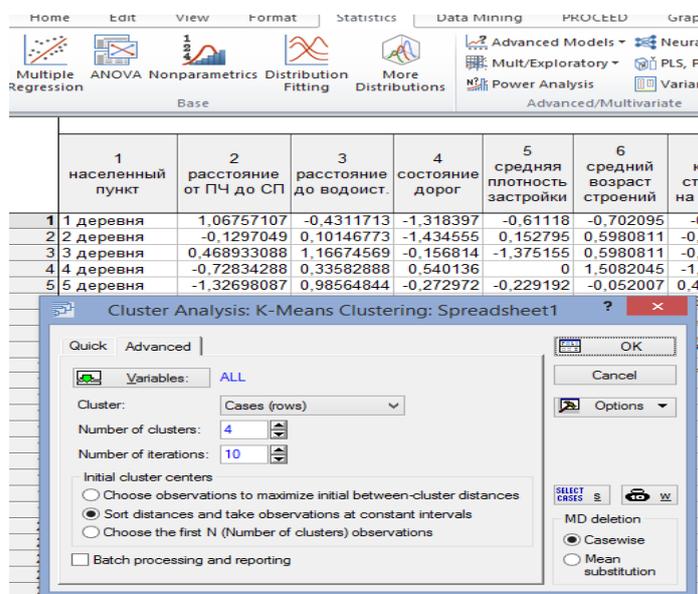


Рисунок 5. Разбивка исходных сведений методом К-средних

Когда проведен анализ, можно рассчитать средние показатели по каждому кластеру с целью дать оценку, насколько они отличаются друг от друга. В конечном счете, величины $p < 0.09$, что говорит о важности

отличия (рис. 6). В каждом из возможных кластеров находятся объекты с подобными эффектами на процесс развития пожароопасного события.

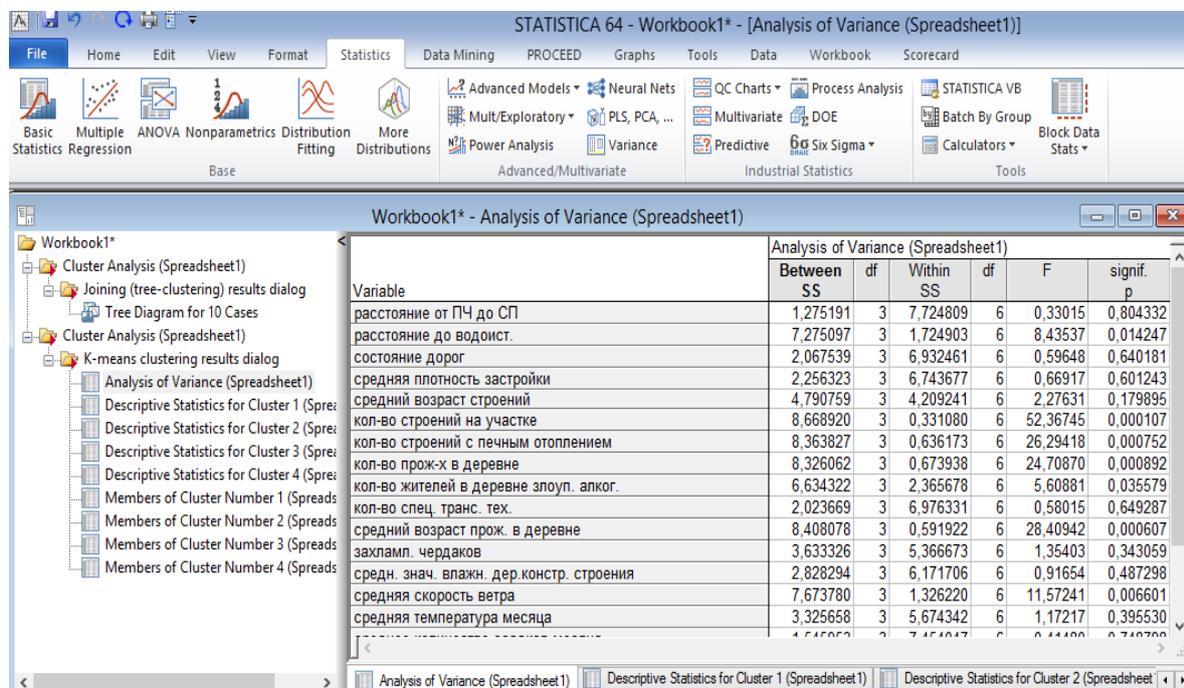


Рисунок 6. Вычисление важности отличия между кластерами

Для каждого кластера экспертом (специалистом) может быть определена вероятность наступления пожароопасного события в жилом секторе сельских поселений социально-экономической системы от возможного пожара.

Результаты расчетов показали, что рассматриваемую территорию условно

можно разделить на несколько кластеров пожарной опасности в зависимости от факторов, определяющих пожарную обстановку в сельских поселениях жилого сектора (социально-экономических, организационно-управленческих, материально-технических и т. д.) (табл. и рис. 7).

Таблица
Кластеры пожарной опасности

Кластеры пожарной опасности	Н	С	В	Ч
Уровень пожарной опасности	низкий	средний	высокий	чрезвычайный
Цветовая гамма				



Рисунок 7. Кластеры пожароопасности Ленинградской области

Таким образом, с помощью кластерного анализа можно определить количество населенных пунктов и количество домов,

попадающих в зону возможного риска развития пожароопасных событий.

Литература

1. Абдулалиев Ф. А., Иванов А. В. Описание развития пожара в сельских населенных пунктах на основе перколяционного процесса с использованием нейронных сетей // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2012. № 1.
2. Абдулалиев Ф. А., Моторыгин Ю. Д. Описание развития пожара с помощью перколяционной модели // Пожаровзрывобезопасность. 2011. № 8. Т. 19.
3. Хайдуков Д. С. Применение кластерного анализа в государственном управлении // Философия математики: актуальные проблемы. М., 2009. 287 с.
4. URL: <http://statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches>.
5. Минаев В. А., Топольский Н. Г., Дао Ань Туан. Проблемы и основные факторы оценки пожарных рисков во Вьетнаме // Технологии техносферной безопасности. 2016. № 1 (65). С. 9.
6. Минаев В. А., Топольский Н. Г., Дао Ань Туан. Типологизации территорий Вьетнама по характеристикам пожарной опасности в секторе хозяйствующих субъектов // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2017. № 4. С. 8–16.
7. Брушлинский Н. Н., Глуховенко Ю. М. Оценка рисков пожаров и катастроф // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1992. Вып. 1. С. 13–39.

References

1. Abdulaliev F. A., Ivanov A. V. Description of the development of a fire in rural settlements based on the percolation process using neural networks // Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia. 2012. № 1.
2. Abdulaliev F. A., Motorygin Yu. D. Description of the development of a fire using a percolation model // Pozharovzryvobezопасnost. 2011. No. 8. Vol. 19.

3. Khaidukov D. S. Application of cluster analysis in public administration // Philosophy of mathematics: topical problems. M., 2009. 287 p.
4. URL: <http://statsoft.ru/solutions/ExamplesBase/branches>.
5. Minaev V. A., Topolsky N. G., Dao An Tuan. Problems and main factors for assessing fire risks in Vietnam // Technosphere Safety Technologies. 2016. Issue. No. 1 (65). P. 9.
6. Minaev V. A., Topolsky N. G., Dao An Tuan. Typologization of Vietnamese territories by fire hazard characteristics in the sector of economic entities // Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia. 2017. № 4. P. 8–16.
7. Brushlinsky N. N., Glukhovenko Yu. M. Assessment of risks of fires and catastrophes // Security problems in emergency situations. M., 1992. P. 13–39.

УДК 614.8

pas_ural@mail.ru

**ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ВЫСОТНОЙ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ,
ОБОРУДОВАННОЙ СОВРЕМЕННЫМИ СИСТЕМАМИ БЕЗОПАСНОСТИ,
УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ**

**FEATURES OF ENSURING INDUSTRIAL SAFETY OF HIGH-ALTITUDE
EMERGENCY RESCUE TECHNICS EQUIPPED WITH MODERN SECURITY,
MANAGEMENT AND CONTROL SYSTEMS**

*Рассохин М. А., Юркин А. В.,
Перевалов А. С., кандидат технических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Rassokhin M., Yurkin A., Perevalov A.,
The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В статье поднимаются вопросы безаварийной эксплуатации пожарных автолестниц (АЛ) и автоподъемников коленчатых пожарных (АПК). Предлагаются решения для проведения технического освидетельствования и эксплуатационных испытаний высотной аварийно-спасательной техники (ВАСТ), оборудованной системами безопасности типа ПБЛ-240 или ОГМ-240 и их модификациями. Проводится анализ причин аварий и инцидентов, приведших к разрушению конструкции АЛ или АПК, причинению вреда здоровью сотрудникам и работникам противопожарной службы. Авторами предлагается комплекс мероприятий, направленных на минимизацию случаев нарушения требований промышленной безопасности в отношении к ВАСТ.

Ключевые слова: пожарная автолестница, автоподъемник коленчатый пожарный, статические и динамические испытания, система безопасности.

The article raises the issues of accident-free operation of fire car ladders and car lifts cranked fire. Solutions are offered for technical inspection and operational testing of high-altitude rescue technics equipped with safety systems such as PBL-240 or OGM-240 and their modifications. The analysis of the causes of accidents and incidents that led to the destruction of the structure of fire car ladders or car lifts cranked fire, causing harm to employees and employees of the fire service. The authors propose a set of measures aimed at minimizing cases of violation of industrial safety requirements in relation to high-altitude rescue technics.

Keywords: fire car ladder, car lifts cranked fire, static and dynamic tests, safety system.

В настоящее время одними из основных технических средств, применяемых для тушения пожаров и ведения аварийно-спасательных работ на высоте, являются АЛ и АПК. Указанные пожарные автомобили по своему устройству – сложные машины, относящиеся к категории грузоподъемных механизмов. В соответствии с требованиями

[1] объекты, на которых применяются грузоподъемные механизмы, относятся к опасным производственным объектам и к ним предъявляются высокие требования по обеспечению безопасности выполняемых работ. Их нарушение приводит к серьезным последствиям и значительным материальным потерям (рис. 1).



Рисунок 1. Аварии пожарных АЛ и АПК, произошедшие при проведении учений или в ходе проведения аварийно-спасательных работ

Для снижения аварийности при применении грузоподъемных машин необходимо анализировать каждый отказ или выход из строя ВАСТ, находить причины данных происшествий и принимать меры по их дальнейшему недопущению. В рассматриваемых работах [2–5] выделены следующие основные причины аварий и инцидентов:

- нарушение требований безопасности при непосредственном применении ВАСТ;
- техническая неисправность (элемента, узла, механизма), проявившаяся в ходе ведения боевых действий по тушению пожаров и при проведении аварийно-спасательных работ;
- несоответствие выбранной пло-

щадки для развертывания требованиям безопасности;

- нарушение правил эксплуатации при постановке на боевое дежурство;
- неготовность операторов и личного состава, задействованного в ходе выполнения работ с применением ВАСТ, к действиям при возникновении внештатных ситуаций;
- совокупность одного или нескольких вышеперечисленных факторов.

Кроме того, необходимо отметить, что большинство указанных причин возможно избежать на этапе постановки ВАСТ в боевой расчет. На данной стадии эксплуатации зачастую нарушаются правила постановки: не проводится ТО в полном объеме, в

боевой расчет ставится заведомо неисправная пожарная техника.

Наибольшую опасность, по мнению авторов, представляют причины, влекущие за собой нарушение грузовой устойчивости или конструкционной жесткости и, как следствие, опрокидывание АЛ (АПК) или разрушение его деталей и механизмов.

Анализ схемы опорной плоскости пожарной автолестницы (рис. 2) показывает, что на устойчивость оказывает влияние множество факторов: уклон площадки, масса стрелы (комплекта колен) с грузом, ветровая нагрузка, вылет и угол подъема стрелы, сила инерции и др.

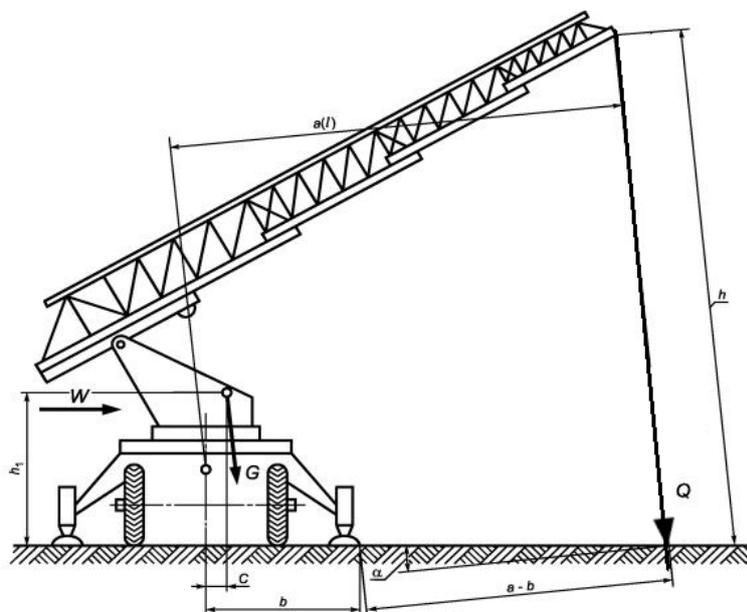


Рисунок 2. Расчетная схема опорной плоскости пожарной автолестницы:

G – масса автолестницы; h – высота подъема вершины (расстояние от вершин до плоскости, проходящей через точки опорного контура); Q – нагрузка на комплект колен; W – сила давления ветра, действующая перпендикулярно ребру опрокидывания; a – расстояние от плоскости, проходящей через ось вращения параллельно ребру опрокидывания, до вершины (вылет АЛ); b – расстояние от оси вращения лестницы до ребра опрокидывания; c – расстояние от плоскости, проходящей через ось вращения лестницы параллельно ребру опрокидывания, до центра массы автолестницы; α – угол наклона автолестницы; h_1 – расстояние от центра массы АЛ до плоскости, проходящей через точки опорного контура

Для контроля положения стрелы в пространстве, степени загруженности комплекта колен и запрета операций, приводящих к опрокидыванию (разрушению конструкции), современная ВАСТ оборудуется системой безопасности, управления и контроля (СБУК), интегрированной в систему управления подъемно-поворотным основанием. Главная задача, стоящая перед данной системой, – обеспечение координатной защиты и защиты от перегруза [6, 7]. Из вышесказанного следует, что корректная работа

СБУК позволяет минимизировать риск аварии, предупреждая оператора о наступлении граничных условий работы и блокируя опасные операции.

Для поддержания работоспособности, безопасности применения ВАСТ и своевременного выявления неисправностей производителем разработан комплекс мероприятий, включающих диагностирование, техническое обслуживание и ремонты ВАСТ. Для проведения комплексной оценки работоспособности, определения технического

состояния и проверки систем безопасности один раз в год АЛ и АПК должны проходить техническое освидетельствование. В ходе освидетельствования проводятся статические и динамические испытания. Статические испытания направлены на исследования напряжённо-деформированного состояния, а также статической прочности элементов АЛ и АПК. Динамические испытания призваны определить способность пожарного автомобиля выдерживать динамические нагрузки в эксплуатационном режиме.

Особенностями проведения статических и динамических испытаний является то, что они проводятся с превышением номинально допустимой (паспортной) нагрузки на 50 и 20 % соответственно. На данном этапе специалисты, проводящие освидетельствование, сталкиваются со следующей особенностью: при достижении загрузки стрелы (комплекта колен, люльки) равной 110 % от паспортной грузоподъемности, исправная СБУК блокирует ее движение. Таким образом, без применения дополнительных мероприятий провести самостоятельно испытания невозможно.

На некоторых моделях существует возможность механической блокировки центрального гидрораспределителя (электромагнитного клапана) или линейного контактора, отключающего механизмы АЛ или АПК. Это позволяет провести статические и динамические испытания, загрузив вершину необходимым грузом. Однако не все модели современной ВАСТ имеют возможность механически заблокировать исполнительные устройства, отключающие механизмы АЛ и АПК. Внедряясь в электрическую схему управления и самостоятельно изменять коммутацию может только квалифицированный наладчик электрооборудования и системы безопасности.

Для моделей ВАСТ, на которых установлены наиболее распространенные ограничители типа ОГМ-240 и ПБЛ-240, существует следующее решение данной особенности испытаний. На блоке индикации ограничитель грузоподъемности переводится в

положение «Настройка», при этом блокировка ограничения грузоподъемности происходить не будет, что позволит произвести испытания с необходимым контрольным грузом. При выполнении описанной операции необходимо участие наладчика приборов безопасности грузоподъемных машин, прошедшего аттестацию установленным порядком. После проведения статических и динамических испытаний он должен переключить переводчик в рабочий режим, а также, при необходимости, опломбировать его.

Перевод в режим «Настройка», в зависимости от модели прибора безопасности, производится различными способами:

- переключателем на задней панели блока индикации (располагается под завинчивающимся колпачком);
- переключением тумблера «Шунт» в положение «ВКЛ»;
- путем вращения винта-переключателя на лицевой панели блока индикации против часовой стрелки до появления символа режима настройки (отвертка и ключ) в правой части дисплея.

Как правило, доступ к винту (переключателю), переводящему блок индикации в режим настройки, ограничен и закрыт пломбой.

Следует отметить, что после того как прибор безопасности будет переведен в режим «Настройка», освидетельствование АЛ и АПК следует производить с максимальным соблюдением мер безопасности. СБУК в данном режиме не блокирует опасные операции, и вся ответственность проводимых испытаний ложится на оператора-испытателя.

Качественно проводимое освидетельствование ВАСТ выявляет и устраняет большинство технических причин, приводящих к авариям и инцидентам. Соответственно, проводить освидетельствование должны подготовленные специалисты, знающие устройство и тактико-технические характеристики испытываемых моделей, методику проведения испытаний, изучившие требования охраны труда при применении и испытаниях грузоподъемных механизмов.

При наличии на модели, проходящей освидетельствование, СБУК типа ОГМ-240, ПБЛ-240 или их аналогов, в состав комиссии в обязательном порядке должен быть включён наладчик приборов безопасности. Вопрос о составе комиссии, проводящей испытания, и непосредственно специалистах, задействованных в освидетельствовании является на данный момент открытым и требующим разъяснения.

На сегодняшний день в большинстве руководств по эксплуатации используемых в пожарно-спасательных частях моделей ВАСТ прописано, что для проведения освидетельствования (эксплуатационных испытаний) руководством пожарной охраны назначается комиссия. Данная возможность применима только при наличии у членов комиссии соответствующей квалификации на проведение испытаний. Участие специалиста с квалификацией «Инженер по пожарной безопасности» недостаточна для качественного проведения испытаний. Кроме того, при оборудовании АЛ или АПК современной системой безопасности разработчик СБУК требует производить техническое обслуживание начиная с ТО-2 только аттестованным наладчиком системы безопасности, следовательно и в составе комиссии по проведению освидетельствования данный специалист обязан присутствовать.

Еще одним проблемным вопросом во время проведения испытаний является возможность управления АЛ (АПК) штатным оператором. В соответствии с требованиями заводов-изготовителей к управлению ВАСТ допускаются водители-операторы, прошедшие обучение по программам переподготовки водителей для работы на специальных агрегатах АЛ (АПК). Оператор имеет право работать на технически исправной, прошедшей освидетельствование ВАСТ. Следовательно, когда ВАСТ ставится на испытания,

у нее уже закончился срок освидетельствования и штатный оператор, не прошедший дополнительную подготовку, не может быть испытателем. Кроме того, во время статических и динамических испытаний отключена система безопасности, и оператор, неготовый к работе в данных условиях, может допустить ошибку, значительно повышая риск аварии.

Большинство причин, приводящих к авариям или инцидентам, возникающим при применении АЛ или АПК, можно свести к минимуму. Для этого необходимо выполнение следующих условий: совершенствование подготовки водителей-операторов, улучшение качества технического обслуживания, освидетельствования и эксплуатационных испытаний.

Подготовка операторов должна осуществляться по программам, дающим не только базовые знания об устройстве и основах управления, но достаточные навыки работы в условиях близких к граничным. В процессе обучения необходимо формировать компетенции, направленные на способность управлять АЛ (АПК) в аварийных режимах работы. С поступлением на вооружение новой ВАСТ операторы должны проходить повышение квалификации, знакомясь с особенностями конструкции и эксплуатации данных образцов.

Повышение качества технического обслуживания, освидетельствования и эксплуатационных испытаний необходимо развивать по двум направлениям:

- совершенствование подготовки задействованных специалистов;
- совершенствование необходимой материально-технической базы.

При невозможности выполнить данные условия привлекаются сторонние организации, которые соответствуют требованиям руководящих документов.

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. Рассохин М. А. и др. Проблемы обеспечения безопасности пожарных автолестниц и пожарных автоподъемников при проведении аварийно-спасательных работ // Актуальные проблемы и инновации в обеспечении безопасности: мат. Дней науки с международным участием (3–7 декабря 2018 г.), посвященных 90-летию со дня образования Уральского института ГПС МЧС России: в 2 ч. – Екатеринбург, 2019. С. 140–145.

3. Рассохин М. А., Юркин А. В., Перевалов А. С. Проблемы обеспечения промышленной безопасности высотной аварийно-спасательной техники // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сб. мат. Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охраны России, Иваново, 11 декабря 2019 г. – Иваново, 2019. – С. 483–487.

4. Щербakov А. Ю. и др. Техническое диагностирование причин аварии автоподъемника автомобильного коленчатого пожарного АКП-50 (6540) ПМ-514Б // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 12–2. – С. 281–282.

5. Обыденov В. А. и др. Исследование устойчивости мобильных грузоподъемных машин методом конечных элементов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. Вып. 3. С. 30–36.

6. Юркин А. В., Рассохин М. А., Перевалов А. С. Совершенствование систем безопасности, управления и контроля высотной аварийно-спасательной техники // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: сб. мат. Всероссийской научно-практической конференции, 26 апреля 2019 года, г. Железногорск. – 2019. – С. 591–596.

7. Кадьров А. К. Обеспечение безопасной работы пожарных грузоподъемных машин // Приборы безопасности грузоподъемных машин: сб. документов. Челябинск, 2010. С. 48–52.

References

1. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 21.07.1997 № 116-FZ «O promyshlennoj bezopasno-sti opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov».

2. Rassohin M. A. et al. Problemy obespecheniya bezopasno-sti pozharnyh avtolestnic i pozharnyh avtopod"emnikov pri provedenii avarijno-spasatel'nyh rabot // Aktual'nye problemy i innovacii v obespechenii bezopasnosti: mat. Dnej nauki s mezhdunarodnym uchastiem (3–7 dekabrya 2018 g.), posvyashchennyh 90-letiyu so dnya obrazovaniya Ural'skogo instituta GPS MCHS Rossii: v 2 chastyah. – Ekaterinburg, 2019. P. 140–145.

3. Rassohin M. A., YUrkin A. V., Perevalov A. S. Problemy obespecheniya promyshlennoj bezopasnosti vysotnoj avarijno-spasatel'noj tekhniki // Sovremennye pozharobezopasnye materialy i tekhnologii: sb. mat. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 370-j godovshchine ob-razovaniya pozharnoj ohrany Rossii, Ivanovo, 11 dekabrya 2019 g. – Ivanovo, 2019. P. 483–487.

4. SHCHerbakov A.YU. et al. Tekhnicheskoe diagnostirovanie prichin avarii avtopod"emnika avtomobil'nogo kolenчатого pozharnogo АКП-50 (6540) ПМ-514Б // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2015. № 12–2. P. 281–282.

5. Obydenov V. A. et al. Issledovanie ustojchivosti mobil'nyh gruzopod"emnyh mashin metodom konechnyh elementov // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskije nauki. 2011. Vyp. 3. P. 30–36.

6. YUrkin A. V., Rassohin M. A., Perevalov A. S. Sovershenstvovanie sistem bezopasnosti, upravleniya i kontrolya vysotnoj avarijno-spasatel'noj tekhniki // Aktual'nye problemy obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i zashchity ot chrezvychajnyh situacij: sb. mat. Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 26 aprelya 2019 goda, g. ZHeleznogorsk. – 2019. – P. 591–596.

7. Kadyrov A. K. Obespechenie bezopasnoj raboty pozharnyh gruzopod"emnyh mashin // Pribory bez-opasnosti gruzopod"emnyh mashin. Sbornik dokumentov. Vyp. 2. CHelyabinsk, 2010. P. 48–52.

УДК 699.814

yvgontarenko@gmail.com

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ВЫТЯЖНОЙ ПРОТИВОДЫМНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ КОРИДОРОВ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

A METHOD FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF THE EXHAUST SMOKE VENTILATION SYSTEM FOR RESIDENTIAL AND PUBLIC CORRIDORS

Гонтаренко Ю. В., Однолько А. А., кандидат технических наук, Воронежский государственный технический университет, Воронеж

Gontarenko Y., Odnolko A., Voronezh State Technical University, Voronezh

Актуальность работы обосновывается необходимостью совершенствования расчета параметров противодымной вентиляции (ПДВ). Цель работы разработка методики расчета параметров системы вытяжной противодымной вентиляции (СВПДВ) коридоров жилых и общественных зданий, адаптированной для инженерного применения. Задачи: оценка современного состояния научно-технических проблем в области расчета параметров СВПДВ, обобщение наработок по расчету параметров СВПДВ и на их базе разработка методики в понимании четкой последовательности действий, и доведение ее до уровня инженерного применения. В результате работы показана актуальность разработки методик расчета параметров систем ПДВ, приведена оценка современного состояния научно-технических проблем в области расчета параметров СВПДВ, представлена методика расчета параметров СВПДВ коридоров жилых и общественных зданий, адаптированная для инженерного применения.

Ключевые слова: методика расчета параметров противодымной вентиляции, вытяжная противодымная вентиляция, система противодымной вентиляции, система противодымной защиты, дымоудаление.

The relevance of the work is justified by the need to improve the calculation of parameters of smoke ventilation (SV). Goal of the work: to develop a method for calculating the parameters of the exhaust smoke ventilation system (ESVS) for residential and public corridors, adapted for engineering applications. Tasks: to assess the current state of scientific and technical problems in the calculation of the parameters ESVS, summarizing developments in the calculation of the parameters ESVS and on their basis the development of the methodology in understanding the precise sequence of actions and bring it to the level of engineering application. The results proved the urgency of development of methods of calculation of the parameters SV systems, assesses current state of scientific and technical problems in the calculation of the parameters ESVS, the technique of calculation of parameters ESVS corridors of residential and public buildings, adapted for engineering application.

Keywords: methods for calculating the parameters of smoke ventilation, exhaust smoke ventilation, smoke ventilation system, smoke protection system, smoke removal.

Актуальность. Одним из элементов системы противопожарной защиты является система противодымной защиты (СПДЗ), которая включает в себя в том числе такой

способ защиты, как использование вытяжной ПДВ [1]. Значимость ПДВ освещена нами ранее в [2–5]. Расчет параметров СВПДВ, согласно [6], может быть выполнен

в соответствии с [7], также на практике применяются рекомендации [8]. При этом указанные рекомендации [7, 8] не содержат методики в определении [9], а именно не доведены до уровня «инструкции, алгоритма, четкого описания способа». Отсутствием четкой последовательности действий по расчету и затруднениями, которые, как показывает практика, испытывают разработчики в своей работе, обоснована актуальность разработки предлагаемой методики расчета параметров СВПДВ коридоров жилых и общественных зданий как одной из частей расчета систем ПДВ в целом.

Цель работы – разработка методики расчета параметров СВПДВ коридоров жилых и общественных зданий, адаптированной для инженерного применения.

Задачи:

1) оценка современного состояния научно-технических проблем в рассматриваемой области;

2) обобщение наработок по расчету параметров СВПДВ и на их базе разработка методики в понимании четкой последовательности действий, и доведение ее до уровня инженерного применения.

В настоящее время расчет параметров СВПДВ производится в соответствии с рекомендациями [7, 8].

Рекомендации [7] не содержат выраженного алгоритма, последовательности действий и предлагают лишь основные формулы, недостаточные для применения указанных рекомендаций на практике. Условие определения предельной толщины дымового слоя удаляемых ПГ, приведенное в рекомендациях [7], неоднозначно и подразумевает возможность определения различных значений указанного параметра для одного и того же случая. Зависимость определения температуры ПГ, удаляемых из коридора, не учитывает расстояние от горящего помещения до дымоприемного устройства (ДУ).

Рекомендации [8] имеют следующие проблемные вопросы, затрудняющие их использование на практике:

– не приведены зависимости определения толщины дымового слоя удаляемых ПГ;

– не приведен алгоритм выбора зависимости определения максимальной среднеобъемной температуры в горящем помещении (МСТГП);

– не приведена методика определения основных параметров пожарной нагрузки (ПН) помещения;

– в примерах расчетов, приведенных в рекомендациях, используются не все предложенные зависимости, что, как показывает практика, вызывает затруднения у разработчиков.

С учетом устранения отмеченных проблемных вопросов существующих наработок [7, 8] предлагаемая методика расчета параметров СВПДВ коридоров жилых и общественных зданий принимает следующий вид.

1. Температура воздуха (ТВ) в здании при работе СВПДВ $T_{П}$, К, вычисляется по (1) [8]:

$$T_{П} = \frac{T_{Н} + T_{В}}{2}, \quad (1)$$

где $T_{Н}$ — ТВ наружного, К [8], принимается по [10];

$T_{В}$ — ТВ внутреннего, К [8].

2. Плотность воздуха (ПВ) приточного $\rho_{П}$, кг/м³, вычисляется по (2) [8]:

$$\rho_{П} = \frac{353}{T_{П}}. \quad (2)$$

Согласно [8] любые используемые в расчете плотности определяются указанной зависимостью путем подстановки в нее значения соответствующей температуры.

3. Распределения наружных давлений со стороны наветренного $P_{ни}$, заветренного $P_{нз}$ фасадов на уровне i -го этажа и давление на уровне выброса ПГ $P_{выбр}$, Па, вычисляются по (3–5) [8]:

$$P_{ни} = 0,4 \cdot \rho_H \cdot V_B^2 - g \cdot h_i \cdot (\rho_H - \rho_{II}), \quad (3)$$

$$P_{нзи} = -0,3 \cdot \rho_H \cdot V_B^2 - g \cdot h_i \cdot (\rho_H - \rho_{II}), \quad (4)$$

$$P_{выбр} = 0,4 \cdot \rho_H \cdot V_B^2 - g \cdot h_{выбр} \cdot (\rho_H - \rho_{II}), \quad (5)$$

где ρ_H — ПВ наружного, кг/м³ [8];

g — ускорение свободного падения, м/с² [8];

V_B — скорость ветра, м/с [8], принимается по [10];

h_i — высота пола i -го этажа над уровнем планировочной отметки земли (УПОЗ), м [8];

$h_{выбр}$ — высота выбросного отверстия СВПДВ над УПОЗ, м [8].

4. Давление внутри здания на уровне i -го этажа P_{vi} , Па, вычисляется по (6) [8]:

$$P_{vi} = \frac{P_{ни} + P_{нзи}}{2}. \quad (6)$$

5. Массовый расход ПГ, удаляемых из коридора, $G_{ПГ}$, кг/с, по (7) [8]:

$$G_{ПГ} = A \cdot B_{II} \cdot H_{II}^{3/2}, \quad (7)$$

где A — размерный коэффициент; для жилых зданий принимается $A = 0,96$ кг/(с·м^{5/2}), для общественных $A = 1,2$ кг/(с·м^{5/2}) [8];

B_{II} — ширина дверного проема (ДП) из коридора в лестничную клетку (ЛК), м [8];

H_{II} — высота ДП из коридора в ЛК, м [8].

6. Определяется предельная толщина дымового слоя, исходя из (8) [7]:

$$0,5 \leq h_d / H \leq 0,6, \quad (8)$$

h_d — предельная толщина дымового слоя, м [7];

где H — высота коридора, м [7].

Указанное условие приведено только

в методических рекомендациях [7]. В рекомендациях [8] порядок определения предельной толщины дымового слоя отсутствует. Согласно принципам обеспечения пожарной безопасности рассматривается наихудший сценарий развития пожара, исходя из этого с учетом высоты коридора здания следует принимать наибольшее значение предельной толщины дымового слоя. Это обусловлено тем, что согласно используемым в расчете зависимостям значение температуры ПГ, удаляемых из коридора многоэтажного здания определяемой зависимостями (19–22), прямо пропорционально значению предельной толщины дымового слоя, а производительность вентилятора СВПДВ прямо пропорциональна указанной температуре. Выбрав наименьшее значение предельной толщины дымового слоя, искусственно занижается значение температуры ПГ, удаляемых из коридора, и, как следствие, производительности вентилятора. Наибольшая величина предельной толщины дымового слоя также обуславливает более сложные условия эвакуации при пожаре, что делает такой вариант наихудшим.

7. Определяется вид объемного пожара в помещении путем сравнения величины, приведенной удельной ПН помещения g_k , кг/м², с ее критическим значением, $g_{kкр}$, кг/м² [7].

Если $g_k > g_{kкр}$, то в помещении будет пожар, регулируемый вентиляцией (ПРВ) [7]; если $g_k < g_{kкр}$, то в помещении будет пожар, регулируемый ПН (ПРН) [7].

7.1. Удельная ПН, отнесенная к площади пола помещения, g_0 , кг/м², вычисляется по (9) [7]:

$$g_0 = \frac{M \sum m_i Q_{ni}^p}{F_f Q_{нд}^p}, \quad (9)$$

где Q_{ni}^p , $Q_{нд}^p$ – соответственно теплота сгорания i -го вещества или материала в составе ПН и теплота сгорания древесины, Дж/кг [7];

m_i – относительная массовая доля i -го вещества или материала в составе ПН [7];

F_f – площадь пола помещения, м² [7];

M – масса ПН помещения, кг [7].

7.2. Суммарная площадь внутренней поверхности ограждающих строительных конструкций помещения (ПОСКП), F_w , м², вычисляется по (10) [7]:

$$F_w = 6 \cdot V^{2/3}, \quad (10)$$

где V – объем помещения, м³ [7].

7.3. Суммарная площадь проемов помещения, A_0 , м², вычисляется по (11) [7]:

$$A_0 = \sum A_i, \quad (11)$$

где A_i – площадь i -го проема помещения, м² [7].

7.4. Вычисляется удельная приведенная ПН, g_k , кг/м², отнесенная к площади тепловоспринимающей ПОСКП, по (12) [7]:

$$g_k = \frac{M \sum m_i \cdot Q_{ni}^p}{(F_w - A_0) \cdot Q_{нд}^p}. \quad (12)$$

$$T_{0max} = T_B + 940 \cdot \exp(0,0047 \cdot g_0 - 0,141). \quad (16)$$

МСТГП T_{0max} , К, при ПРН, определяется по (17) [7, 8]:

$$T_{0max} = T_B + 224 g_k^{0,528}. \quad (17)$$

9. Вычисляется температура ПГ, поступающих из горящего помещения в коридор, T_0 , К, по (18) [7, 8]:

$$T_0 = 0,8 \cdot T_{0max}. \quad (18)$$

10. Определяется температура ПГ, $T_{ПГ}$, К, удаляемых из коридоров жилых или общественных зданий. В методических рекомендациях [7] для этого применяется зависимость (19):

7.5. Проемность помещения, Π , м^{1/2}, вычисляется по (13) [7]:

$$\Pi = \frac{\sum A_i \cdot h_{0i}^{1/2}}{V^{2/3}}, \quad (13)$$

h_{0i} – высота i -го проема помещения, м [7].

7.6. Вычисляется удельное количество воздуха, необходимое для полного сгорания ПН помещения, V_0 , м³/кг, по (14) [7]:

$$V_0 = 0,263 \cdot \frac{\sum m_i \cdot Q_{Hi}^p}{1000}. \quad (14)$$

7.7. Вычисляется удельное критическое количество ПН, $g_{кр}$, кг/м², по (15) [7]:

$$g_{кр} = \frac{4500 \cdot \Pi^3}{1 + 500 \cdot \Pi^3} + \frac{V^{1/3}}{6 \cdot V_0}. \quad (15)$$

8. В зависимости от результата выполнения неравенства $g_k > g_{кр}$ определяется тип пожара и соответствующая ему зависимость определения МСТГП.

МСТГП T_{0max} , К, при ПРВ, определяется по (16) [7, 8]:

$$T_{III} = T_B + \frac{1,22 \cdot (T_0 - T_B) \cdot \left(2 \cdot h_D + \frac{F_{кор}}{l_{кор}}\right)}{l_{кор}} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-0,58 \cdot l_{кор}}{2 \cdot h_D + \frac{F_{кор}}{l_{кор}}}\right)\right), \quad (19)$$

где $F_{кор}$ — площадь коридора, м² [7];

$l_{кор}$ — длина коридора, м [7].

Рекомендации [8] предлагают более усовершенствованную зависимость, учитывающую расстояние от горящего помещения до ДУ, а также конфигурацию коридора.

Температура ПГ, удаляемых из коридоров прямолинейной конфигурации жилых и общественных зданий, T_{III} , К, определяется по (20) [8]:

$$T_{III} = (0,0368x^2 - 3,9258x + 119,81) + T_B + \frac{1,22 \cdot (T_0 - T_B) \cdot \left(2 \cdot h_D + \frac{F_{кор}}{l_{кор}}\right)}{l_{кор}} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-0,58 \cdot l_{кор}}{2 \cdot h_D + \frac{F_{кор}}{l_{кор}}}\right)\right), \quad (20)$$

где x — расстояние от горящего помещения до ДУ, м² [8].

Температура ПГ, удаляемых из коридоров угловой конфигурации жилых и общественных зданий, T_{III} , К, определяется по (21) [8]:

$$T_{III} = (-0,0488x^2 - 0,8243x + 77,346) + T_B + \frac{1,22 \cdot (T_0 - T_B) \cdot \left(2 \cdot h_D + \frac{F_{кор}}{l_{кор}}\right)}{l_{кор}} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-0,58 \cdot l_{кор}}{2 \cdot h_D + \frac{F_{кор}}{l_{кор}}}\right)\right). \quad (21)$$

Температура ПГ, удаляемых из коридоров кольцевой конфигурации жилых и общественных зданий, T_{III} , К, определяется по (22) [8]:

$$T_{III} = (0,0067x^2 - 4,3122x + 88,453) + T_B + \frac{1,22 \cdot (T_0 - T_B) \cdot \left(2 \cdot h_D + \frac{F_{кор}}{l_{кор}}\right)}{l_{кор}} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-0,58 \cdot l_{кор}}{2 \cdot h_D + \frac{F_{кор}}{l_{кор}}}\right)\right). \quad (22)$$

11. Вычисляется площадь проходного сечения дымового клапана, $F_{кл}$, м², по (23) [8]:

$$F_{кл} = (a_{кл} - 0,03) \cdot (b_{кл} - 0,05), \quad (23)$$

где $a_{кл}$ — больший из установочных размеров клапана (УРК), м [8];

$b_{кл}$ — меньший из УРК, м [8].

12. Вычисляется скорость ПГ в клапане $V_{кл}$, м/с, по (24) [8]:

$$V_{кл} = \frac{G_{ПГ}}{F_{кл} \rho_{ПГ}} \quad (24)$$

13. Вычисляются потери давления в дымовом клапане $\Delta P_{кл}$, Па, по (25) [8]:

$$\Delta P_{кл} = \frac{\xi_{кл} \rho_{ПГ} V_{кл}^2}{2}, \quad (25)$$

где $\xi_{кл}$ — коэффициент местного сопротивления открытого дымового клапана, принимается равным 4 [8].

14. Вычисляется давление в шахте СВПДВ на уровне первого обслуживаемого этой шахтой этажа $P_{Ш1}$, Па, по (26) [8]:

$$P_{Ш1} = P_{ш1} - \Delta P_{кл}, \quad (26)$$

15. Вычисляется характеристика сопротивления газопроницанию (ХСГ) шахты с установленными в ней закрытыми клапанами, $S_{Ш}$, 1/(кг·м), по (27) [8]:

$$S_{Ш} = \frac{S_{уд}}{F_{кл}^2}, \quad (27)$$

где $S_{уд}$ — удельная ХСГ, м³/кг; для шахты из металла принимается $S_{уд} = 1600$ м³/кг, из бетона $S_{уд} = 1500$ м³/кг, из кирпича $S_{уд} = 500$ м³/кг [8].

16. Вычисляется массовый расход воздуха (МРВ), поступающего в шахту СВПДВ через неплотности и щели дымового клапана и стен шахты $G_{\phi i}$, кг/с, по (28) [8]:

$$G_{\phi i} = \left(\frac{P_{ei} - P_{Шi}}{S_{Ш}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (28)$$

где $P_{Шi}$ — давление в шахте СВПДВ на уровне i -го этажа, Па [8].

При первом обращении к формуле, то есть при расчете параметра для первого этажа здания, значение параметра $P_{Шi}$ используется из (26), при последующих — из (32).

17. Вычисляется массовый расход ПГ в шахте СВПДВ с $i-1$ -го на i -й этаж $G_{Шi-1}$, кг/с, по (29) [8]:

$$G_{Шi-1,i} = G_{Шi} + G_{\phi 1} + G_{\phi 2} + \dots + G_{\phi i-1}, \quad (29)$$

где $G_{\phi 1}$, $G_{\phi 2}$, $G_{\phi i-1}$ — МРВ, поступающего в шахту СВПДВ через неплотности и щели дымового клапана и стен шахты соответственно на 2, 3 и $i-1$ -м этажах, кг/с [8].

Формулу следует применять для расчета массового расхода в шахте СВПДВ с $i-1$ -го на i -й этаж, начиная с условия $i = 2$.

18. Вычисляется скорость ПГ в шахте СВПДВ между $i-1$ -м и i -м этажами $V_{Шi-1,i}$, м/с, по (30) [8]:

$$V_{Шi-1,i} = \frac{G_{Шi-1,i}}{a_{Ш} \cdot b_{Ш} \cdot \rho_{Шi-1,i}}, \quad (30)$$

где $a_{Ш}$, $b_{Ш}$ — размеры проходного сечения шахты СВПДВ, м [8];

$\rho_{Шi-1,i}$ — плотность ПГ между $i-1$ -м и

i -м этажами, кг/м³ [8].

С учетом отсутствия указаний по определению указанной плотности в рекомендациях [8] здесь и далее следует принять $\rho_{Шi-1,i} = \rho_{ПГ}$.

19. Вычисляется эквивалентный диаметр проходного сечения, $d_{эkv}$, м, по (31) [8]:

$$d_{эkv} = \frac{2 \cdot f_{Ш}}{a_{Ш} + b_{Ш}}, \quad (31)$$

где $f_{Ш}$ — площадь проходного сечения шахты СВПДВ, м² [8].

20. Вычисляется давление в шахте СВПДВ на уровне i -го этажа $P_{Шi}$, Па, по (32) [8]:

$$P_{III_i} = P_{III_{i-1}} - \lambda \cdot \frac{h_{эм}}{d_{экв}} \cdot \frac{\rho_{III_{i-1,i}} \cdot V_{III_{i-1,i}}^2}{2}, \quad (32)$$

где $P_{III_{i-1}}$ — давление на уровне $i-1$ -го этажа, Па [8];

λ — коэффициент сопротивления трения, для металла принимается $\lambda = 0,02$; для кирпича принимается $\lambda = 0,1$; для бетона принимается $\lambda = 0,05$ [8];

$h_{эм}$ — высота этажа, м [8].

При первом обращении к данной формуле следует начинать с условия $i = 2$, принимая для P_{III_1} значение, полученное в (26).

В рекомендациях [8] в данной зависимости вместо параметра $V_{III_{i-1,i}}$ используется параметр $V_{III_{i-1/1,2}}$, что, предположительно, опечатка, так как такой параметр не встречается в тексте указанных рекомендаций за исключением данной формулы.

21. Далее цикл расчета, ограниченный последовательностью зависимостей (28, 29, 30, 32) следует проводить повторно в количестве в зависимости от того, сколько этажей в здании, обслуживаемых данной СВПДВ.

22. Вычисляется суммарный МРВ, поступающего в шахту СВПДВ через щели и неплотности в дымовых клапанах и стенах

шахты G_{ai} , кг/с, по (33) [8]:

$$G_{ai} = \sum G_{\phi i}. \quad (33)$$

23. Вычисляется температура ПГ в шахте СВПДВ на уровне i -го этажа T_i , К, по (34) [8]:

$$T_i = \frac{T_B \cdot G_{ai} + T_{III} \cdot G_{III}}{G_{III} + G_{ai}}. \quad (34)$$

24. Вычисляется производительность вентилятора СВПДВ, $L_{вент}$, м³/ч, по (35) [8]:

$$L_{вент} = \frac{3600 \cdot (G_{III} + G_{aN})}{\rho_N}, \quad (35)$$

G_{aN} — суммарный МРВ, фильтрующийся в шахту СВПДВ с этажей от 2-го до верхнего, кг/с [8];

ρ_N — плотность ПГ на уровне верхнего этажа, кг/м³ [8].

25. Вычисляется давление, которое должен обеспечивать вентилятор СВПДВ, $P_{вент}$, Па, по (36) [8]:

$$P_{вент} = P_{нн.в.} - P_{III_N} + g \cdot h_N \cdot (\rho_N - \rho_{II}) + \Delta P_{сети}, \quad (36)$$

где $P_{нн.в.}$ — наружное давление на наветренном фасаде на уровне выбросного отверстия, Па [8];

$P_{нн.в.}$ — давление в шахте СВПДВ на уровне расположения верхнего дымового клапана, Па [8];

h_N — расстояние по вертикали от дымового клапана последнего, обслуживаемого данной СПДВ этажа, до выбросного отверстия, м [8];

$P_{сети}$ — потери давления в сети обвязки вентилятора, Па [8].

26. Вычисляется производительность вентилятора СВПДВ, P_{sv} , приведенная к

стандартным параметрам наружного воздуха в теплый период года по (37) [8]

$$P_{sv} = \frac{1,2 \cdot P_{вент}}{\rho_N}. \quad (37)$$

При неавтоматизированном расчете параметров СВПДВ по настоящей методике полезно будет составить таблицы для значений поэтажных параметров.

В результате работы обоснована актуальность разработки методик расчета параметров систем ПДВ, приведена оценка современного состояния научно-технических

проблем в области расчета СВПДВ, проведено обобщение наработок по расчету параметров СВПДВ и на их базе разработана и

доведена до уровня инженерного применения методика в понимании четкой последовательности действий.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 11.12.2020).
2. Гонтаренко Ю. В., Сушко Е. А., Однолько А. А. Совершенствование и автоматизация расчета параметров противодымной вентиляции как модуля автоматизированной системы проектирования систем обеспечения пожарной безопасности объекта // Сборник научных трудов международной студенческой научно-практической конференции «Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации». 2017. С. 20–25.
3. Гонтаренко Ю. В. и др. Анализ проблем совершенствования противодымной вентиляции и разработка усовершенствованной модели расчета параметров противодымной вентиляции // Комплексные проблемы техносферной безопасности: мат. Международной научно-практической конференции. 2017. С. 31–35.
4. Гонтаренко Ю. В. и др. Анализ современного состояния проблемы противодымной вентиляции и разработка усовершенствованной методики расчета ее параметров // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Актуальные вопросы безопасности при формировании культуры безопасной жизни: мат. XIV Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности. В 3 частях. 2018. С. 166–169.
5. Гонтаренко Ю. В., Однолько А. А. Анализ нормативной базы, методик расчета, программного обеспечения и иных источников в области расчета параметров противодымной вентиляции и постановка целей и задач дальнейших исследований // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Задачи, технологии и решения комплексной безопасности: сб. ст. по материалам XV Международной научно-практической конференции. 2020. С. 195–199.
6. СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности: утв. и введ. в действие Приказом МЧС России от 21.02.2013 № 116). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200098833> (дата обращения: 11.12.2020).
7. Методические рекомендации к СП 7.13130.2013 Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий. М., 2013. 58 с.
8. Рекомендации АВОК 5.5.1-2018 «Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий» // ООО ИИП «АВОК-ПРЕСС», 2018. 68 с.
9. Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. М., 1999. 479 с.
10. СП 131.13330.2018 СНиП 23-01-99* Строительная климатология. URL: <http://docs.cntd.ru/document/554402860> (дата обращения: 11.12.2020).

References

1. Tekhnicheskii reglament o trebovaniakh pozharnoi bezopasnosti: Federalnyi zakon ot 22.07.2008 № 123-FZ (red. ot 27.12.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> (data obrashcheniia: 11.12.2020).
2. Gontarenko Iu. V., Sushko E. A., Odnolko A. A. Sovershenstvovanie i avtomatizatsiia rascheta parametrov protivodymnoi ventilatsii kak modul'ia avtomatizirovannoi sistemy proektirovaniia sistem obespecheniia pozharnoi bezopasnosti obekta // Sb. nauchnykh trudov mezhdunarodnoi studencheskoi nauchno-prakticheskaya konferenciya «Sovremennye tekhnologii v zadachah upravleniia, avtomatiki i obrabotki informatsii». 2017. P. 20–25.
3. Gontarenko Iu. V. et al. Analiz problem sovershenstvovaniia protivodymnoi ventilatsii i razrabotka usovershenstvovannoi modeli rascheta parametrov protivodymnoi ventilatsii // Kompleksnye problemy tekhnosfernoi bezopasnosti: mat. Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. 2017. P. 31–35.
4. Gontarenko Iu. V. et al. Analiz sovremennogo sostoianiia problemy protivodymnoi ventilatsii i razrabotka usovershenstvovannoi metodiki rascheta ee parametrov // Kompleksnye problemy tekhnosfernoi bezopasnosti. Aktualnye voprosy bezopasnosti pri formirovanii kultury bezopasnoi zhizni: mat. XIV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi Godu kultury bezopasnosti. V 3 chastiah. 2018. P. 166–169.
5. Gontarenko Iu. V., Odnolko A. A. Analiz normativnoi bazy, metodik rascheta, programmnogo obespecheniia i inyh istochnikov v oblasti rascheta parametrov protivodymnoi ventilatsii i postanovka tcelei i zadach dalneishih issledovaniy // Kompleksnye problemy tekhnosfernoi bezopasnosti. Zadachi, tekhnologii i resheniia kompleksnoi bezopasnosti: sb. st. po mat. XV Mezhdunarodnoi nauch.-prav. konferentsii, 2020. P. 195–199.
6. SP 7.13130.2013. Otoplenie, ventilatsiia i konditsionirovanie. Trebovaniia pozharnoi bezopasnosti: utv. i vveden v deistvie Prikazom MCHS Rossii ot 21.02.2013 N 116. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200098833> (data obrashcheniia: 11.12.2020).

7. Metodicheskie rekomendatsii k SP 7.131130.2013 «Raschetnoe opredelenie osnovnykh parametrov protivodymnoi ventilatsii zdanii». M., 2013. 58 p.
8. Rekomendatsii AVOK 5.5.1.–2018 «Raschet parametrov sistem protivodymnoi zashchity zhylykh I obshchestvennykh zdanii» // ООО ИП «AVOK-PRESS». 2018. 68 p.
9. Raizberg B. A., Lozovskii L. Sh., Starodubtceva E. B. Sovremennyi ekonomicheskii slovar. M., 1999. 479 p.
10. SP 131.13330.2018. SNiP 23-01-99* Stroitelnaia klimatologiya». URL: <http://docs.cntd.ru/document/554402860> (data obrashcheniia: 11.12.2020).

УДК 614.842.864

ekononenko51@mail.ru

**РАЗВИТИЕ ПОНЯТИЯ РИСКА В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ****DEVELOPING THE CONCEPT OF RISK IN THE FIELD
OF SAFETY MANAGEMENT AT THE CURRENT STAGE**

*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*

В статье на основании анализа развития риск-ориентированного подхода в техническом регулировании идентифицирован риск применения документов, не соответствующих современным требованиям и сформулирована проблема создания постоянно обновляемого нормативного и методического обеспечения в области обеспечения пожарной безопасности.

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

In the article based on the analysis of the development of the risk-based approach in technical regulation, the risk of using documents that do not meet modern requirements is identified and the problem of creating constantly updated regulatory and methodological support in the field of fire safety is formulated.

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

Философия безопасности, основанная на концепции приемлемого риска, в настоящее время широко применяется в практике технического регулирования на уровне законодательных и подзаконных актов, а также документов по стандартизации. Понятия «риск» и «безопасность» являются ключевыми в основополагающем Федеральном законе «О техническом регулировании» № 184-ФЗ [1], а также в принятых на его основе технических регламентах о требованиях пожарной безопасности (от 22.07.2008 № 123-ФЗ) [2] и о безопасности зданий и сооружений (от 30.12.2009 № 384-ФЗ) [3].

Основной акцент современного технического регулирования сделан на оценку выполнения требований к товарам, услугам

и процессам в формах сертификации, лицензирования, контроля и надзора. Эффективная оценка соответствия объектов допустимому уровню риска возможна при выполнении следующих условий:

– требования четко определены в подзаконных актах и нормативных документах по стандартизации; установлены и разделены обязательные требования, как правило, по безопасности и положения, носящие рекомендательный характер;

– лица, проводящие оценку, компетентны; их заключениям и возникающим при этом официальным документам можно доверять.

Для выполнения этих условий приняты федеральные законы «Об аккредитации в национальной системе аккредитации»

(от 28.12.2013 № 412-ФЗ) [4], «О стандартизации в Российской Федерации» (от 29.06.2015 № 162-ФЗ) [5], а также новые законодательные акты «Об обязательных требованиях в Российской Федерации» (от 31.07.2020 № 247-ФЗ) [6] и «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» (от 31.07.2020 № 248-ФЗ) [7].

В целях упорядочения требований, проверяемых при оценке соответствия, и *снижения рисков неправильного применения нормативных документов* в стране проводится «регуляторная гильотина», в ходе которой отменяются устаревшие нормативно-правовые акты. Работа ведётся в двух направлениях:

1) построение новой системы обязательных требований, соответствующих современному уровню технологического развития и риск-ориентированному подходу;

2) установление детальных правил, относящихся к организации контрольно-надзорной деятельности.

Ключевой датой для прекращения действия множества документов, в том числе в области обеспечения пожарной безопасности, стало 1 января 2021 года. Кроме того, Федеральным законом «Об обязательных требованиях в Российской Федерации» (от 31.07.2020 № 247-ФЗ) [6] установлено, что для нормативных правовых актов Правительства РФ и федеральных органов исполнительной власти или уполномоченных организаций, содержащих обязательные требования, должен предусматриваться срок действия, как правило, не превышающий 6 лет со дня вступления документов в силу.

Это решение, с одной стороны, направлено на регулярный пересмотр обязательных требований, а с другой стороны – заставляет лица, применяющие документы в своей деятельности, не менее регулярно обновлять информацию. Риск применения устаревших документов подлежит систематическому управлению как в области практической деятельности, так и в области подготовки специалистов в образовательных организациях.

В целях обеспечения систематизации обязательных требований и информирования заинтересованных лиц Правительством РФ создается реестр обязательных требований, содержащий перечень обязательных требований, информацию об установивших их нормативных правовых актах, сроке их действия.

В конце ноября 2020 года правительство Российской Федерации внесло на рассмотрение Госдумы проект Федерального закона «О внесении изменений в федеральный закон «О пожарной безопасности» (от 21.12.1994 № 69-ФЗ) [8] и статьи 1 и 22 Федерального закона «О лицензировании отдельных видов деятельности» (от 04.05.2011 № 99-ФЗ) [9]. Развиваются комплексы стандартов «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» и «Менеджмент риска». Основные дефиниции, применяемые в этой области, представлены в действующем стандарте ГОСТ Р 51897–2011 «Менеджмент риска. Термины и определения».

Такой подход отражает общемировую тенденцию управления безопасностью: все современные системы менеджмента качества и безопасности, разработанные на уровне международных стандартов, такие как системы менеджмента качества (СМК по ИСО 9001:2015), системы экологического менеджмента (СЭМ по ИСО 14001:2015), проектного менеджмента (ПМ по ИСО 21500), менеджмента информационной безопасности (СМИБ по ИСО 27001), направлены на анализ внутренней и внешней среды организаций, выявление угроз и содержат элементы управления рисками.

Сегодня на риск-ориентированном подходе основаны многие подзаконные акты по проведению государственного контроля и надзора в разных областях деятельности, включая измерения в сфере государственного регулирования единства измерений, которая включает важнейшие направления обеспечения безопасности (согласно Федеральному закону «Об обеспечении единства измерений» (от 22.07.2008 № 102-ФЗ) [10]. Методология анализа и управления

рисками в настоящее время активно внедряется во многих министерствах и ведомствах, прежде всего в МЧС России, в том числе в рамках согласования требований национального (от 22.07.2008 № 123-ФЗ) [2] и межгосударственного (ТР ЕАЭС 043/2017, вступил в действие 01.01.2020) технических регламентов о пожарной безопасности [11].

Применение интегральных количественных показателей риска, определяемых на основании статистических данных по методике Н. Н. Брушлинского, при апостериорном анализе позволяет корректировать управленческие решения по организации и эффективности деятельности пожарной охраны, муниципальных образований, регионов и т. д. [12].

Риск тесно связан с неопределенностью, так как оба термина связаны с описанием ситуации, когда детерминированность исхода события отсутствует, однако Ф. Х. Найт указывает, что существуют различия между риском и неопределенностью, которые сводятся к объему доступной информации об исследуемой ситуации: если можно количественно и качественно определить степень вероятности того или иного события, то говорить следует о риске, если нет – о неопределенности [13].

Опасность при этом понимается как источник потенциального ущерба либо вреда или ситуация с возможностью нанесения ущерба, а риск или степень риска – как сочетание частоты или вероятности и последствий определенного опасного события. То есть понятие риска всегда включает два элемента: частоту, с которой происходит опасное событие и последствия опасного события. На этом подходе базируются современные правила определения частоты проверок для разных объектов.

Официально риск-ориентированный подход введен постановлением Правительства «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (от 17.08.2016 № 806) [14]. Так, для измерений,

выполняемых в сфере государственного регулирования единства измерений (согласно [10], к этой сфере относятся и обеспечение безопасности, и проведение испытаний при обязательной оценке соответствия), установлено, что проверки объектов проводятся для категории высокого риска – ежегодно; для категории значительного риска – один раз в 2 года; для категории среднего риска – не чаще чем один раз в 3 года; для категории умеренного риска – не чаще чем один раз в 5 лет. В отношении юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, деятельность которых отнесена к категории низкого риска, плановые проверки не проводятся [15].

В области обеспечения пожарной безопасности также применяются деление объектов на категории и нормы, основанные на риск-ориентированном подходе. Однако нормы пересматриваются по результатам применения риск-ориентированного подхода. Так, Постановление Правительства РФ от 9 октября 2019 года № 1303 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» [16], вступившее в силу 19 октября 2019 года, существенно ужесточило требования пожарной безопасности в отношении плановых проверок. С отсрочкой до 1 января 2021 года оно отменяет действующие критерии отнесения объектов защиты к определенной категории риска, то есть целиком Приложение к Положению о федеральном государственном пожарном надзоре, утвержденному постановлением Правительства РФ от 12 апреля 2012 года № 290 [17], а также все изменения, которые в него вносились до текущего момента постановлениями Правительства РФ.

Согласно изменениям ежегодные расчеты «средних рисков» будет делать МЧС России; для расчета рисков на 2021 год будут браться данные за 2019 год; в дальнейшем предусмотрено формирование пятилетнего статистического ряда значений и определение их среднестатистической величины. Эти значения предполагается использовать для определения категорий объектов.

Сегодня самой общей современной инструкцией по восприятию и практической оценке риска в области управления деятельностью организаций любого уровня можно считать международный стандарт ИСО 31000:2018, который применяется в России в форме национального стандарта ГОСТ Р ИСО 31000–2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» [18], вступившего в действие в марте 2020 года. Согласно этому документу, организации всех типов и размеров сталкиваются с внешними и внутренними факторами и влиянием, которое создает неопределенность в отношении достижения поставленных целей. Менеджмент риска учитывает внешнюю и внутреннюю среду организации, включая поведение людей и культурные факторы.

В этом нормативном документе риск (risk) определяется как «следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей». При этом под следствием влияния неопределенности понимается отклонение от ожидаемого результата или события (позитивное и/или негативное).

Имеется в виду, что цели могут быть различными по содержанию (в области экономики, здоровья, экологии и т. п.) и назначению (стратегические, общеорганизационные, относящиеся к разработке проекта, конкретной продукции и процессу). При этом риск можно представить в виде последствий возможного события (включая изменения обстоятельств) и соответствующей вероятности, а неопределенность понимается как состояние полного или частичного отсутствия информации необходимой для понимания события, его последствий и их вероятностей.

Таким образом, с учетом действующих подходов, оценка риска – это использование доступной информации и научно-обоснованных прогнозов для оценки опасности воздействия вредных факторов окружающей среды и условий на здоровье человека. Она может выполняться в форме экспертизы решений (качественная оценка) и с применением расчетных методов.

Эффективность (состоятельность) оценки риска существенно зависит от следующих факторов:

- наличия и полноты научной, технической и нормативной информации об объекте;
- адекватности и точности применяемых расчетных методик;
- вспомогательных средств для применения методик на практике (баз данных, систем получения и обработки информации и пр.);
- квалификации и компетентности экспертов, осуществляющих анализ риска;
- организации процедуры анализа риска, включающей вопросы выбора объектов для анализа, финансирования экспертизы и способы привлечения наиболее квалифицированных специалистов для экспертизы.

Одной из важнейших составляющих качества жизни мирового сообщества является безопасность, то есть достаточный уровень защищенности людей, материальных и духовных ценностей, окружающей среды от различного рода опасностей (биологической, химической, радиационной, пожарной, информационной, социальной и др.).

Интересно отметить, что именно в области пожарной безопасности сформировались широко применяемые и постоянно совершенствуемые методы количественной оценки индивидуального пожарного риска. Индивидуальный риск оценивается как частота поражения отдельного человека опасными факторами (в случае пожарного риска – опасными факторами пожара) и рассчитывается априорно на этапе проектирования или в рамках экспертизы конкретного объекта. Первое описание расчетной методики было приведено в ГОСТ 12.1.004–91* [19] и было положено в основу первых компьютерных программ для расчета; после установления допустимого уровня риска на законодательном уровне в техническом регламенте [2, 18] приказами МЧС России были утверждены методики определения

расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности и на производственных объектах [20,21]. 01.01.2021 вступило в силу постановление Правительства Российской Федерации от 22 июля 2020 года № 1084 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» [22].

Методики расчетов получили серьезную программную поддержку и стали широко использоваться добросовестными и не очень пользователями, которые использовали их для формальной благоприятной оценки состояния объектов защиты. Кроме того, в основе расчетных методик лежат эмпирические уравнения, которые содержат большое количество поправок по сравнению с базовым уравнением Менделеева–Клапейрона, а теплофизические характеристики пожарной нагрузки далеко не всегда точно известны. Оценка возможной погрешности (интервала неопределенности результатов) методики показала, что она составляет не менее 10 %. Это неплохо для инженерного расчета, но должно учитываться при принятии решений о соответствии объекта установленному допустимому значению индивидуального пожарного риска.

Критерии допустимого риска, закрепляемые в законодательстве РФ, задаются директивно, причем термины «приемлемый» и «допустимый» в разных источниках относятся к различным уровням риска, но иногда используются как взаимозаменяемые. В зарубежных странах на сегодняшний

день наиболее широкое распространение для обеспечения пожарной и иной безопасности получил подход, в соответствии с которым всю шкалу значений индивидуального и социального пожарного риска разбивают на три области: область недопустимого риска, средняя (промежуточная) область, область пренебрежимо малого риска. Общепринятых значений уровня риска тех или иных потенциально опасных производств в мире не существует (значения риска варьируются в интервале от 10^{-3} до 10^{-8}).

Использование единообразной терминологии для снятия барьеров в понимании технических и организационных решений является одним из важнейших аспектов стандартизации. Согласно действующей концепции гармонизации положений международных и отечественных стандартов необходима постоянная работа по приведению терминологии в актуальной области анализа рисков в соответствие со сложившейся на региональном и международном уровне.

Развитие риск-ориентированного подхода требует создания международных словарей-справочников и других нормативных документов, посвященных понятийным и терминологическим аспектам, подобно тому как это существует в области создания систем менеджмента. Опыт применения такого подхода, накопленный в области пожарной безопасности, имеет общечеловеческое значение как для развития научных аспектов, так и для практического применения при решении широкого круга задач.

Литература

1. О техническом регулировании: федер. закон Российской Федерации от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ (ред. от 22.12.2020).
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
3. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: федер. закон Российской Федерации от 30.12.2009 № 384-ФЗ (ред. от 02.07.2013).
4. Об аккредитации в национальной системе аккредитации: федер. закон Российской Федерации от 28.12.2013 № 412-ФЗ (ред. от 08.12.2020).
5. О стандартизации в Российской Федерации: федер. закон Российской Федерации от 29.06.2015 № 162-ФЗ (ред. от 03.07.2016).
6. Об обязательных требованиях в Российской Федерации: федер. закон Российской Федерации от 31.07.2020 № 247-ФЗ.
7. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: федер. закон Российской Федерации от 31.07.2020 № 248-ФЗ.

8. О пожарной безопасности: федер. закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 22.12.2020).
9. О лицензировании отдельных видов деятельности: федер. закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ (ред. от 31.07.2020).
10. Об обеспечении единства измерений: федер. закон от 22.07.2008 № 102-ФЗ (ред. от 08.12.2020).
11. Технический регламент Евразийского экономического союза «О требованиях к средствам обеспечения пожарной безопасности и пожаротушения» (ТР ЕАЭС 043/2017) от 23.06.2017 № 40.
12. Брушлинский Н. Н. и др. Пожарные риски. Вып. 1. Основные понятия. М., 2004. 57 с.
13. Найт Ф. Х. Понятия риска и неопределенности // THESIS: теория и история экономических и социальных институтов и систем. 1994. № 5.
14. Постановление Правительства Российской Федерации от 17.08.2016 № 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» (ред. от 05.11.2020).
15. Постановление Правительства Российской Федерации от 06.04.2011 № 246 «Об осуществлении федерального государственного метрологического надзора» (ред. от 26.12.2017).
16. Постановление Правительства Российской Федерации от 9 октября 2019 года № 1303 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
17. Постановление Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2012 года № 290 «О федеральном государственном пожарном надзоре» (ред. от 12.10.2020).
18. ГОСТ Р ИСО 31000–2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство: введ. в действие 01.03.2020.
19. ГОСТ 12.1.004–91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. Введен в действие 01.07.1992.
20. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 (ред. от 02.12.2015).
21. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 (ред. от 14.12.2010).
22. Постановление Правительства Российской Федерации от 22 июля 2020 года № 1084 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска». Введен в действие с 01.01.2021.

References

1. O tekhnicheskom regulirovanii: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 27 dekabrya 2002 g. № 184-FZ (red. ot 22.12.2020).
2. Tekhnicheskij reglament o trebovaniyah pozharnoj bezopasnosti: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 22.07.2008 № 123-FZ (red. ot 27.12.2018).
3. Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti zdaniy i sooruzhenij: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 30.12.2009 № 384-FZ (red. ot 02.07.2013).
4. Ob akkreditacii v nacional'noj sisteme akkreditacii: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 28.12.2013 № 412-FZ (red. ot 08.12.2020).
5. O standartizacii v Rossijskoj Federacii: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 29.06.2015 № 162-FZ (red. ot 03.07.2016).
6. Ob obyazatel'nyh trebovaniyah v Rossijskoj Federacii: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 31.07.2020 № 247-FZ.
7. O gosudarstvennom kontrole (nadzore) i municipal'nom kontrole v Rossijskoj Federacii: feder. zakon Rossijskoj Federacii ot 31.07.2020 № 248-FZ.
8. O pozharnoj bezopasnosti: feder. zakon ot 21.12.1994 № 69-FZ (red. ot 22.12.2020).
9. O licenzirovanii otdel'nyh vidov deyatel'nosti: feder. zakon ot 04.05.2011 № 99-FZ (red. ot 31.07.2020).
10. Ob obespechenii edinstva izmerenij: feder. zakon ot 22.07.2008 № 102-FZ (red. ot 08.12.2020).
11. Tekhnicheskij reglament Evrazijskogo ekonomicheskogo soyuza «O trebovaniyah k sredstvam obespecheniya pozharnoj bezopasnosti i pozharotusheniya» (TR EAES 043/2017) ot 23.06.2017 № 40.
12. Brushlinskij N. N. et al. Pozharnye riski. Vyp. 1. Osnovnye ponyatiya. M., 2004. 57 p.
13. Najt F. H. Ponyatiya riska i neopredelennosti // THESIS: teoriya i istoriya ekonomicheskikh i social'nyh institutov i sistem. 1994. № 5.
14. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 17.08.2016 № 806 «O primenenii risk-orientirovannogo podhoda pri organizacii otdel'nyh vidov gosudarstvennogo kontrolya (nadzora) i vnesenii izmenenij v nekotorye акты Pravitel'stva Rossijskoj Federacii» (red. ot 05.11.2020).
15. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 06.04.2011 N 246 «Ob osushchestvlenii federal'nogo gosudarstvennogo metrologicheskogo nadzora» (red. ot 26.12.2017).
16. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 9 oktyabrya 2019 goda № 1303 «O vnesenii izmenenij v nekotorye акты Pravitel'stva Rossijskoj Federacii».

17. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 12 aprelya 2012 goda № 290 «O federal'nom gosudarstvennom pozharnom nadzore» (red. ot 12.10.2020).

18. GOST R ISO 31000–2019 «Menedzhment riska. Principy i rukovodstvo». Vved. v dejstvie 01.03.2020.

19. GOST 12.1.004–91 Sistema standartov bezopasnosti truda (SSBT). Pozharnaya bezopasnost'. Obshchie trebovaniya. Vveden v dejstvie 01.07.1992.

20. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska v zdaniyah, sooruzheniyah i stroeniyah razlichnyh klassov funkcional'noj pozharnoj opasnosti: prikaz MChS Rossii ot 30.06.2009 № 382 (red. ot 02.12.2015).

21. Ob utverzhdenii metodiki opredeleniya raschetnyh velichin pozharnogo riska na proizvodstvennyh ob'ektah: prikaz MChS Rossii ot 10.07.2009 № 404 (red. ot 14.12.2010).

22. Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 22 iyulya 2020 goda № 1084 «O poryadke provedeniya raschetov po ocenke pozharnogo riska». Vveden v dejstvie s 01.01.2021.

УДК 614.842.612/615

koksharovab@e1.ru

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОВСПЕНИВАЮЩИХСЯ
ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕКИСЛОГО АММОНИЯ
И НАТРИЕВОЙ СОЛИ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ****EXPLORING THE POSSIBILITY OF OBTAINING THERMAL FOAMING
FIRE EXTINGUISHING COMPOSITIONS BASED ON AMMONIUM CARBONATE
AND CARBOXYMETHYLCELLULOSE SODIUM SALT**

*Кокшаров А. В., кандидат химических наук,
Гайнуллина Е. В., кандидат технических наук, доцент,
Кондратьева М. Л., кандидат химических наук,
Марков В. Ф., доктор химических наук, профессор,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Koksharov A., Gaynullina E., Kondratieva M., Markov V.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе представлены результаты изучения возможности получения термовспенивающегося состава на основе стандартных пенообразователей с добавлением аммония углекислого или аммония углекислого кислого и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na КМЦ). Тушение предлагаемым составом осуществляется без использования пеногенераторов для получения пены, он может применяться в тонкораспыленном виде, что позволяет тушить оборудование, находящееся под напряжением, плохо смачивающиеся вещества и материалы, а также существенно сократить расход огнетушащего вещества.

Ключевые слова: воздушно-механическая пена, термовспенивающийся состав, аммонийные соли угольной кислоты, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na КМЦ), пенообразователь, термическая устойчивость пены, модельный очаг пожара.

The paper presents the results of studying the possibility of obtaining a thermally foaming composition based on standard foaming agents with the ammonium carbon dioxide or ammonium carbon dioxide and the sodium salt of carboxymethylcellulose (Na СМC) addition. Extinguishing with the proposed composition is carried out without the use of foam generators to produce foam, it can be used in a thinly sprayed form, which allows to extinguish live electrical equipment, poorly wetting substances and materials, and also significantly reduce the fire extinguishing agent consumption.

Keywords: air-mechanical foam, thermally foaming composition, ammonium salts of carbonic acid, sodium salt of carboxymethylcellulose (Na СМC), foaming agent, thermal stability of foam, model fire source.

Вода и водные растворы, содержащие различные добавки, подаваемые как в виде сплошных струй, так и в тонкораспыленном виде, по-прежнему – самое популярное и наиболее часто применяемое на практике огнетушащее вещество [1, 2]. Основным недостатком воды, как огнетушащего вещества, заключается в том, что из-за высокого

поверхностного натяжения ($72,8 \cdot 10^{-3}$ Дж/м²) она плохо смачивает неполярные твердые и особенно волокнистые вещества и материалы. Для устранения этого недостатка к воде добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ) [3]. На практике используют водные растворы ПАВ, поверхностное натяжение которых в 2–3 раза меньше, чем у

воды. Применение растворов ПАВ позволяет уменьшить расход воды при тушении пожаров на 35–50 %, снизить время тушения на 20–30 %, что обеспечивает тушение одним и тем же ее объемом на большей площади [3, 4, 5].

Огнетушащий эффект применения воды и водных растворов в тонкораспыленном состоянии направлен не только на охлаждение зоны горения до температуры потухания, но и на флегматизацию горючей смеси. Однако они не обладают способностью изолировать пары горючего вещества от кислорода воздуха и теплового воздействия пламени [6]. Такой способностью обладают пены, поскольку помимо охлаждающего действия, слой пены экранирует горящие поверхности от лучистого теплового потока очага пожара и разбавляет горючую смесь в зоне горения парами пенообразующего раствора [1, 2].

Огнетушащая эффективность водных растворов значительно повышается, если в очаг пожара подавать пену, полученную механическим способом или в результате химической реакции. В химических пенных огнетушителях типа ОП-10 (ГОСТ 16005-70) реализовано вспенивание водного раствора за счет выделения углекислого газа в процессе взаимодействия серной кислоты с карбонатом натрия в присутствии пенообразователя. В огнетушителях образование пены, как и в пеногенераторных установках, происходит непосредственно в их объеме. В

итоге общие технические трудности применения пены связаны, в первую очередь, с использованием специального пеногенерирующего оборудования, а также ограничением дальности ее подачи [6]. Отметим также, что с повышением кратности пены уменьшается время её устойчивости.

Однако перечисленные недостатки можно устранить, если образование пены при подаче водного раствора будет происходить непосредственно в зоне горения. Решение данного вопроса может быть связано с использованием в составе пенообразующего раствора веществ, способных легко разлагаться при незначительном нагревании непосредственно в зоне горения с выделением газообразных продуктов.

Нами в условиях лабораторных испытаний было установлено [7], что термическое воздействие на водный раствор ПАВ, содержащий соль карбоната аммония, приводит к разложению последней, в результате чего происходит вспенивание раствора выделяющимися при этом газообразными продуктами термолиты, основным из которых выступает углекислый газ. Отметим при этом, что получение пены из термовспенивающегося состава при соприкосновении его с пламенем газовой горелки сопровождается значительным увеличением её объема. На рис. 1 показано вспенивание водного раствора, содержащего ПАВ и карбонатную соль аммония, при термическом воздействии на него пламенем газовой горелки.



Рисунок 1. Вспенивание водного раствора, содержащего ПАВ и карбонатную соль аммония, при термическом воздействии на него пламенем газовой горелки

На основе проведенных предварительных исследований нами был предложен огнетушащий состав, состоящий из четырех основных компонентов: пенообразователь, стабилизатор пены, термовспенивающий агент, и вода.

В качестве термовспенивающего агента используется карбонат $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ или гидрокарбонат аммония NH_4HCO_3 . Аммонийные соли угольной кислоты являются нестабильными соединениями и в воде легко гидролизуются с образованием гидроксида аммония и углекислого газа.

Термическая диссоциация карбоната аммония начинается при 30–40 °С, гидрокарбоната аммония – при 60 °С. С выделением аммиака и углекислого газа:



Терморазложение обоих соединений при дальнейшем повышении температуры протекает с очень высокой скоростью. Продуктами термической деструкции аммиака, не поддерживающего горения, являются азот, монооксид азота и пары воды

Экспериментально установлено, что вспенивание данного состава происходит при температуре выше 70 °С, в результате чего образование пены будет происходить непосредственно в зоне горения. Благодаря этому раствор можно подавать в виде распылённой струи и осуществлять тушение оборудования, находящегося под напряжением до 0,4 кВ [8]. По сравнению с пеной распылённая жидкость лучше проникает во внутреннее пространство при тушении штабелей пиломатериалов, соломы, мусора и т. д. Вспениваясь она заполняет внутреннее пространство, что препятствует проникновению воздуха вглубь материала. По образованию пены можно визуально определять разогретые поверхности, охлаждение которых необходимо во избежание дальнейших разрушений.

В результате образуется пена, пузырьки которой наполнены двуокисью углерода. Образующийся гидроксид аммония

создает в растворе щелочную среду, благодаря которой прекращается гидролиз аммонийной соли угольной кислоты. Для того чтобы гидролиз мог протекать, необходима повышенная температура раствора. Именно данное свойство аммонийной соли угольной кислоты позволяет регулировать процесс вспенивания раствора.

Гидролиз карбонатных солей аммония активно протекает при температуре выше 70 °С. Однако повышенная температура негативно сказывается на пенообразующей способности ПАВ и устойчивости пены к температурным и механическим воздействиям [9].

Уменьшение влияния негативных процессов, которые приводят к разрушению пены, было достигнуто при добавлении в раствор стабилизирующего агента – натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na КМЦ). Данное соединение приводит к увеличению вязкости жидкой фазы, что замедляет скорость истечения жидкости из пены и повышает ее устойчивость к обезвоживанию [10, 11, 12]. Высокая сорбирующая способность полимера позволяет удерживать в пене достаточно большое количество жидкости, уменьшает диффузию двуокиси углерода за счет сохранения толщины пузырьковой пленки. Во время тушения на пену воздействует высокий уровень теплового излучения от факела пламени и разогретых горючих материалов. Известно, что при высокой температуре Na КМЦ способна спекаться. В результате на поверхности пены и на нижнем слое создается механически прочная пленка, защищающая пену от температурного воздействия. Дальнейший прогрев пены позволяет получить прочный пенный каркас [13].

В качестве пенообразователя может использоваться любое поверхностно-активное вещество. В нашем случае использовался пенообразователь общего назначения ПО-6РЗ [14].

Определение оптимального соотношения веществ оценивалось по объему и устойчивости пены на разогретых до 300 °С

поверхностях при вариации содержания аммония углекислого и Na КМЦ (рис. 2).

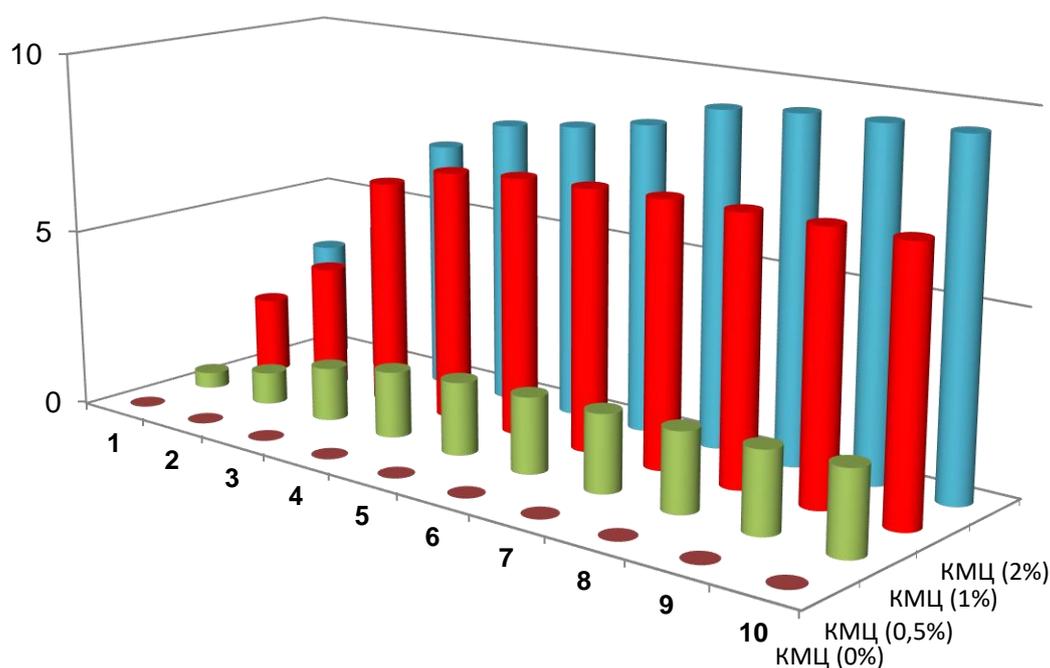


Рисунок 2. Зависимость кратности пены от содержания NH_4CO_3 и Na КМЦ

Установлено, что отсутствие Na КМЦ не приводит к образованию пены, поскольку получение устойчивого пенного каркаса при высоких температурах невозможно вследствие потери пенообразующей способности ПАВ. Поэтому добавка Na КМЦ имеет важное значение для процесса пенообразования и поддержания устойчивости пены.

Увеличение содержания в растворе вспенивающего агента (NH_4CO_3) от 0 % до 4 % приводит к увеличению кратности пены, образующейся при соприкосновении с разогретой поверхностью. Кратность пены при концентрации карбоната аммония свыше 4 % остается постоянной. Вероятно, в результате низкой теплопроводности пены успевает претерпеть разложение только часть вспенивающего агента, а оставшаяся – остаётся не эффективна. Таким образом, лучшим соотношением NH_4CO_3 и Na КМЦ является 4 % и 2 % соответственно.

Таким образом, оптимальный состав предлагаемой термовспенивающейся композиции следующий: пенообразователь

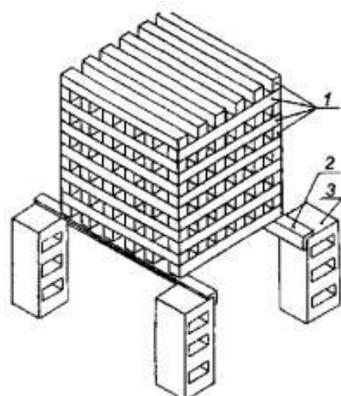
ПО-6 4 %, аммоний углекислый 4 % или аммоний углекислый кислый 6 %, натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (Na КМЦ) 2 %, остальное вода.

Для приготовления огнетушащего раствора в воду добавляют отмеренные количества веществ и перемешивают до полного растворения в следующей последовательности: Na КМЦ; NH_4HCO_3 или $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, ПО-6. Далее полученным раствором заправляют средства пожаротушения, в качестве которых могут выступать ранцевые установки пожаротушения, первичные средства пожаротушения и др.

Для подтверждения эффективности предлагаемого состава были проведены испытания растворов на основе аммонийных солей угольной кислоты при тушении модельных очагов пожара класса А. Целью испытаний было сравнить эффективность термовспенивающегося состава с водой и водными растворами ПАВ.

Испытания проводили при тушении модельного очага класса 2А, который представляет собой деревянный штабель в виде куба, установленный на жестких опорах

(рис. 3), из водно-эмульсионного огнетушителя ОВЭ-8 согласно ГОСТ Р 51057–2001 [15].



1 – деревянные бруски; 2 – стальной уголок; 3 – бетонный (металлический) блок

Рисунок 3. Устройство деревянного штабеля (модельного очага пожара А) для проведения испытаний

Огнетушитель заправлялся восемью литрами, после чего с помощью компрессора в полости огнетушителя создавалось требуемое давление, и затем осуществлялось тушение модельного очага. Чтобы определить количество огнетушащего веще-

ства, истраченного на тушение очага, производилось взвешивание огнетушителя до и после тушения. Затем все повторялось с описанным выше термовспенивающимся составом. Результаты огневых испытаний приведены в таблице.

Таблица.

Результаты огневых испытаний термовспенивающегося состава в сравнении с водой

Огнетушащее вещество	Вода	Термовспенивающийся состав
Затрачено, л	4	2,4

По результатам огневых испытаний очевидно, что на тушение модельного очага требуется меньше огнетушащего вещества по сравнению с нормами, указанными в ГОСТе Р 51057–2009 [15]. При этом расход термовспенивающегося состава в 1,6 раза меньше, чем воды.

Таким образом, был разработан термовспенивающийся состав на основе водного раствора пенообразователя, аммония

углекислого или аммония углекислого кислого и натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы, который возможно применять в тонкораспыленном виде, что позволит тушить оборудование, находящееся под напряжением до 0,4 кВ, плохо смачиваемые материалы, а также получать пену без использования пеногенераторов и значительно сократить расход огнетушащего вещества.

Литература

1. Шрайбер Г. Огнетушащие средства. Химико-физические процессы при горении и тушении. М., 1975. 240 с.
2. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности / А. Н. Баратов, Е. Н. Иванов. М., 1979. 368 с.
3. Иванников В. П. Справочник руководителя тушения пожаров. М., 1987. 286 с
4. Патент РФ №2622815, 20.06.2017 Устройство для получения самовспенивающейся газонаполненной пены // Патент России №2016114621; 14.04.2016 № 17 / Копылов Н. П., Копылов С. Н., Забегаев В. И., Агафонов В. В., Кузнецов А. Е., Родионов Е. С., Кононов Б. В.
5. Патент РФ №2622303С1, 14.06.2017 Комбинированный состав для пожаротушения, способ комбинированного пожаротушения и микрокапсулированный огнегасящий агент // Патент России №2016100669; 11.01.2016 / Забегаев В. И.
6. Техника пожарная. Переносные и передвижные устройства пожаротушения с высокоскоростной подачей огнетушащего вещества: ГОСТ Р 51057–2001.
7. Кокшаров А. В., Филиппов А. В. Способ получения пены в первичных средствах пожаротушения // Техносферная безопасность. 2013. № 1. С. 26–29.
8. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны: приказ Мин. Труда и соц. защиты РФ № 881н от 11.12.2020. Ст. 325.
9. Кокшаров А. В., Осипенко С. И., Гайнуллина Е. В. Исследование термической устойчивости пены различной кратности // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29, № 3. С. 103–110.
10. Кокшаров А. В. Повышение огнетушащей способности пены низкой кратности // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2013. № 4 (9). С. 48–49.
11. Кокшаров А. В. и др. Стабилизация пены низкой кратности натриевой солью карбоксиметилцеллюлозы // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23, № 10. С. 79–83.
12. Кокшаров А. В., Марков В. Ф. Повышение устойчивости пены к обезвоживанию производными полисахаридов и полиакрилатом натрия // Техносферная безопасность. 2014. № 3 (4) С. 31–34. URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.
13. Martin A. Hubbe et al. Enhanced Absorbent Produkts Incorporating Cellulose and Its Derivatives: A Review // BioResources. 2013. Vol. 8, No. 4. P. 6556–6629.
14. Яковлев А. А., Турицына М. В., Кузнецов А. С. Исследование влияния различных реагентов на разрушение пен и предупреждение пенообразования у буровых растворов // Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2015. № 15. С. 48–56.
15. Техника пожарная. Огнетушители переносные общие технические требования: ГОСТ Р 53291–2009.

References

1. Schreiber G., Post P. Ognetchashie sredstva. Chimiko-fisicheskie protzessy pri gorenii i tushenii. M., 1975. 240 p.
2. Pozharotushenie na predpriyatiyah himicheskoy b neftepererabatuvauchey promyshlennosty / A. N. Baratov, E. N. Ivanov. M., 1979. 368 p.
3. Ivannikov V. P Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozharov. – M., 1987. 286 p.
4. Patent RF №2622815, 20.06.2017 Ustroystvo dlya polucheniya samovspenivayushchey gazonapolnennoy peni // Patent Rossii №2016114621; 14.04.2016 № 17 / Kopilov N. P., Kopilov S. N., Zabegaev V. I., Agafonov V. V., Kyznecov A. E., Rodionov E. S., Kononov B. V.
5. Patent RF №2622303C1, 14.06.2017 Kombinirovanniy sostav dlya pozharotusheniya, sposob kombinirovannogo pozharotusheniya i mikrokapulirovanniy ognegasyaschiy agent // Patent Rossii №2016100669; 11.01.2016 / Zabegaev V. I.
6. Tehnika pozhar'naya. Perenosniye i peredvizhniye ustroystva pozharotusheniya s visokoskorostnoy podachey ognetchashchego veschestva: GOST R 51057–2001.
7. Koksharov A. V., Filppov A. V. Sposob polucheniya peni v pervichnih sredstvakh pozharotusheniya // Tehnosfernaya bezopasnost. 2013. №1. P. 26–29.
8. Ob utverzhenii Pravil po ohrane truda v podrazdeleniyah pozhar'noj ohrany: Prikaz Min. Truda i soc. zashchity RF № 881n ot 11.12.2020, st. 325.
9. Koksharov A. V., Osipenko S. I., Gaynullina E. V. Issledovaniye termicheskoy ustoychivosti peni razlichnoy kratnosti // Pozharovzrivobezopasnost. 2020. T. 29, № 3. P. 103–110.
10. Koksharov A. V. Povisheniye ognetchashchey sposobnosti peni nizkoy kratnosti // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. 2013. № 4 (9). P. 48–49.
11. Koksharov A. V. et al. Stabilizaciya peni nizkoy kratnosti natrievoy solyu karboksimetilcellulozi // Pozharovzrivobezopasnost. 2014. T. 23, № 10. P. 79–83.

12. Koksharov A. V., Markov V. F. Povsheniye ustoychivosti peni k obezvozhivaniyu proizvodnimi polisaharidov i poliakrilatom natriya // Tehnosfernaya bezopasnost. 2014. № 3 (4) P. 31–34. URL: <http://uigps.ru/content/nauchnyy-zhurnal>.
13. Martin A. Hubbe et al. Enhanced Absorbent Produkts Incorporating Cellulose and Its Derivatives: A Review // BioResources. 2013. Vol. 8, No. 4. P. 6556–6629.
14. Yakovlev A. A., Turitsyna M. V., Kuznetsov A. S. Issledovaniue vlianiua raslichnuch reagentov na razruscheniue pen i preduprezhdeniye penoobrazovaniua u burovuch rastvorov // Vestnik PNRPU. Geologiya. Neftegazovoue i gornoue delo. 2015. № 15. P. 48–56.
15. Tehnika pozharnaya. Ognetusiteli perenosniye obschiye tehicheskiye trebovaniya: GOST R 53291–2009.

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

УДК 614.8, 34.09

pl112@yandex.ru

**ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ: ОТДЕЛЬНЫЕ ПРОБЕЛЫ В ОПРЕДЕЛЕНИИ.
ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ****EMERGENCY SITUATIONS: SPECIFIC GAPS IN DEFINITION.
PROPOSALS TO REMOVE THEM**

*Шишкин П. Л.,
Вишняков А. В., кандидат биологических наук, доцент,
Мураев Н. П., кандидат педагогических наук, доцент,
Осипчук А. О., кандидат технических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Shishkin P., Vishnyakov A., Muraev N., Osipchuk A.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Неверное понимание того или иного нормативного правового термина может затруднить выполнение отдельных практических мероприятий, в том числе связанных и с деятельностью МЧС России. В настоящей работе авторским коллективом вносится предложение по корректировке действующего основополагающего термина чрезвычайная ситуация. Рассматривая вновь возникающие, невозможные ещё в недавнее время общественные явления, которые, в частности, включают имущественные отношения, следует отметить, что их содержание может носить непредсказуемый характер, выражающийся в существенном нарушении условий жизнедеятельности людей на длительное время, то есть определяющий возникновение чрезвычайной ситуации на какой-либо территории или объекте. При этом повышение эффективности работы органов государственной власти в сложившейся ситуации предполагает наличие обоснованной, учитывающей все современные реалии терминологии, закреплённой в нормативных правовых актах.

Ключевые слова: линия газопровода, орган власти, самоуправство, собственность, термин, федеральное законодательство, чрезвычайная ситуация.

An incorrect understanding of one or another regulatory legal concept may complicate the implementation of certain practical measures, including those related to the activities of the Russian Emergencies Ministry. In this work, the team of authors makes a proposal to correct the current fundamental term "Emergency". Considering newly emerging, recently impossible social phenomena, which, in particular, include property relations, it should be noted that their content can be unpredictable, expressed in a significant violation of the living conditions of people for a long time, that is, determining the occurrence of an emergency on any territory or object. At the same time, an increase in the efficiency of the work of public authorities in the current situation presupposes the existence of a reasonable terminology that takes into account all modern realities, enshrined in regulatory legal acts.

Keywords: gas pipeline, authority, arbitrariness, property, term, federal law, emergency.

Для обеспечения слаженной и результативной работы всех составляющих единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций необходимы развитие и повсеместное использование единого общепринятого понятийного аппарата, в том числе и терминов, представленных в федеральном законодательстве. Некорректное понимание какого-либо термина может снизить эффективность деятельности того или иного органа власти или другой структуры при ликвидации чрезвычайной ситуации (ЧС), создать искусственные преграды при реализации установленных компетенций. Терминология сферы защиты от ЧС формируется на основе значительного количества нормативных документов и имеющегося практического опыта по предупреждению ЧС и ликвидации их последствий.

В последние годы в нормативные правовые акты и нормативно-технические документы было предложено и уже внесено большое количество изменений, в том числе в сфере терминов и определений. О необходимости проведения масштабных работ в этом направлении неоднократно заявлялось специалистами МЧС России, других органов государственной власти и иных заинтересованных структур. При этом были предложены конкретные научно обоснованные меры по совершенствованию и обязательному использованию единого понятийного аппарата [1–5].

Важно отметить, что в последнее время, стали возникать такие явления, о которых не могло быть и речи буквально несколько лет назад. Подразумеваются действия лиц, имеющих в собственности объекты: подвесные канатные дороги, гидротехнические сооружения, линии электропередач, объекты электросетевого хозяйства и т.д. При этом собственники часто не в полной мере осознают, что их имущество в соответствии с федеральным законодательством относится к категории «особо опасные, технически сложные и уникальные объекты» [6]. Так, граждане становятся собственниками подвесных канатных дорог, гидротехнических сооружений, линий электропередач, иных объектов электросетевого хозяйства и т. д.

Так, в Свердловской области летом 2020 года случилось происшествие, в результате которого жители поселка Таватуй Невьянского ГО остались без газоснабжения: это более 1,5 тыс. человек, а также дети, отдыхающие в загородных оздоровительных лагерях, расположенных вблизи. При этом следует учитывать, что во многих домах посёлка отсутствует горячее водоснабжение, в результате чего жители вынуждены использовать газовые водонагревательные котлы. Причиной этого происшествия стало то, что местный предприниматель, собственник газовой магистрали, под предлогом опасности взрыва перекрыл запорную арматуру подачи природного топлива потребителям (рис.).



Рисунок. Переговоры у заблокированной задвижки между представителями администрации посёлка Таватуй и собственником газовой магистрали (фото с сайта «Уральский МЕРИДИАН»)

Выполнять требования о возобновлении подачи газа в посёлок местной власти, представителей МВД и Прокуратуры России, квалифицирующих описываемые события как самоуправство, указанный предприниматель отказался, мотивируя целым рядом причин, в том числе и ссылаясь на право частной собственности.

Оставив за рамками настоящей статьи техническое состояние газопровода, мотивы, которыми руководствовался предприниматель, и правовую оценку его действий, авторы обратились к другой составляющей данной непростой ситуации.

Как уже было упомянуто выше, более 1,5 тыс. человек были лишены возможности приготовить пищу и подогреть воду на достаточно длительный срок. При этом даже после возобновления подачи газа этот процесс по причинам технического характера продолжался неделю, что свидетельствует о долговременном характере сложностей бытового характера для населения.

Так как описываемое событие привело к нарушению условий жизнедеятельности людей, его по определению, установленному федеральным законодательством [7] в

полной мере, можно отнести к ЧС. В этом случае нарушение нормальных условий жизни проявлялось не в прямом причинении вреда жизни и здоровью и не в материальном ущербе, хотя имели место затраты на приобретение электрических нагревательных приборов и дополнительные траты по оплате электроэнергии, здесь проявились иные социально-негативные последствия.

Основываясь на этом, глава Невьянского городского округа в строгом соответствии со своими полномочиями подписал постановление о введении в Таватуйе режима ЧС [8].

Обращаясь в федеральному законодательству, определяющему, что *чрезвычайная ситуация – это обстановка на определённой территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей*» [7],

можно заключить, что данный термин не в полной мере подходит к рассматриваемому в настоящей статье событию, чем пытался воспользоваться упомянутый собственник газопровода.

Вне всякого сомнения, присутствовало нарушение условий жизнедеятельности людей, но сами факторы, характеризующие обстановку на территории конкретного посёлка Таватуй, содержащиеся в определении ЧС, а именно: авария, опасное природное явление, катастрофа, распространение заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийное или иное бедствие имеют с конкретным событием весьма условную и далеко небесспорную связь. Кроме того, учитывая содержание закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», а также термины, которые устанавливаются МЧС России [9, 10], возникает ещё один вопрос, связанный с классификацией рассматриваемой ЧС. Определяется она как природная или как техногенная?

Всё это, по мнению авторов, однозначно требует внесения в определение чрезвычайной ситуации, которое устанавливается федеральным законодательством, а именно указанным выше законом. Так, представляется целесообразным, изложить пункт 1 статьи 1 закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»

в следующем виде: *«чрезвычайная ситуация – это обстановка на определённой территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, а также действие или бездействие каких-либо лиц, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей».*

На основании вышеизложенного также возможно представить принятый в МЧС России термин «чрезвычайная ситуация техногенная» [9] следующим образом: *«чрезвычайная ситуация техногенная – обстановка, при которой в результате возникновения аварии или катастрофы или деятельности каких-либо лиц, в том числе и не имеющей разрушающего характера, на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей среде».*

Таким образом, понятийный аппарат, применяемый в области защиты населения от ЧС, постоянно нуждается в тщательной корректировке не только с позиций развития науки и техники, но и с учётом изменений в современных социальных процессах.

Литература

1. Лукьянович А. В., Иванова М. А., Кудрявцев В. А. О необходимости разработки национальных стандартов в области формирования культуры безопасности жизнедеятельности // Технология гражданской безопасности. 2013. № 1. С. 32–36.
2. Корнеев К. В., Иванова М. А., Кудрявцев В. А. Совершенствование и обязательное повсеместное использование единого понятийного аппарата – залог успешной работы МЧС России // Технологии гражданской безопасности. 2014. № 4 (42). С. 54–60.
3. Сарасеко В. В. Актуализация понятийного аппарата применения группировок сил гражданской обороны субъекта Российской Федерации // Опыт ликвидации крупномасштабных чрезвычайных ситуаций в России и за рубежом: тезисы докладов XIX Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 2014. С. 164–165.
4. Мураев Н. П. и др. Совершенствование понятийного аппарата в области средств радиационной, химической и биологической защиты // Техносферная безопасность. 2018. № 3. С. 163–166.
5. Вишняков А. В. и др. К вопросу о потенциально опасных объектах: отдельные неопределённости в терминологии // Вопросы оборонной техники: Серия 16. Технические средства противодействия терроризму. 2017. № 5–6 (107–108). С. 109–114.

6. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации от 03.01.2005. № 1 (часть I). Ст. 16.

7. Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (в ред. от 23.06.2020) // Собрание законодательства Российской Федерации от 26.12.1994. № 35. Ст. 3648.

8. Вести Урал. Новости: Режим ЧС ввели в Невьянском городском округе из-за отключения газа. URL: <http://66.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/5389099> (дата обращения: 17.08.2020).

9. Термины МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/789> (дата обращения: 18.08.2020).

10. Термины МЧС России. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/3466> (дата обращения: 18.08.2020).

References

1. Korneev K. V., Ivanova M. A., Kudryavcev V. A. Sovershenstvovanie i obyazatel'noe povsemestnoe ispol'zovanie edinogo ponyatijnogo apparata – zalog uspešnoj raboty MCHS Rossii // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2014. № 4 (42). P. 54–60.

2. Luk'yanovich A. V., Ivanova M. A., Kudryavcev V. A. O neobходимosti razrabotki nacional'nyh standartov v oblasti formirovaniya kul'tury bezopasnosti zhiznedejatel'nosti // Tekhnologiya grazhdanskoj bezopasnosti. 2013. № 1. P. 32–36.

3. Saraseko V. V. Aktualizaciya ponyatijnogo apparata primeneniya gruppirovok sil grazhdanskoj oborony sub"ekta Rossijskoj Federacii // Opyt likvidacii krupnomasshtabnyh chrezvychajnyh situacij v Rossii i za rubezhom: rezisy dokladov НИИ Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii po problemam zashchity naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij. 2014. P. 164–165.

4. Muraev N. P. et al. Sovershenstvovanie ponyatijnogo apparata v oblasti sredstv radiacionnoj, himičeskoj i biologičeskoj zashchity // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2018. № 3. P. 163–166.

5. Vishnyakov A. V. et al. K voprosu o potencial'no opasnyh ob"ektah: Otdel'nye neopredelyonnosti v terminologii // Voprosy oboronnoj tekhniki: Seriya 16. Tekhnicheskie sredstva protivodejstviya terrorizmu. 2017. № 5–6 (107–108). P. 109–114.

6. Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 29.12.2004 № 190-FZ // Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii ot 03.01.2005 № 1. Chast' I. St. 16.

7. Federal'nyj zakon ot 21.12.1994 № 68-FZ «O zashchite naseleniya i territorij ot chrezvychajnyh situacij prirodnoho i tekhnogennogo haraktera» (v red. ot 23.06.2020) // Sobranie zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii ot 26.12.1994. № 35. St. 3648.

8. Vesti Ural. Novosti: Rezhim CHS vvveli v Nev'yanskom gorodskom okruge iz-za otklyucheniya gaza. URL: <http://66.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/5389099> (data obrashcheniya: 17.08.2020).

9. Terminy MCHS Rossii. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/789> (data obrashcheniya: 18.08.2020).

10. Terminy MCHS Rossii. URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/3466> (data obrashcheniya: 18.08.2020).

УДК 614.87

pl112@yandex.ru

**ОБЪЯВЛЕНИЕ РЕЖИМА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ
В УСЛОВИЯХ ШТОРМОВОГО ВЕТРА: ПРОБЛЕМЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ****THE DECLARATION OF THE STATE OF EMERGENCY IN THE CONDITIONS
OF STORM WIND: PROBLEMS AND SUGGESTIONS**

*Шишкин П. Л.,
Осипчук А. О., кандидат технических наук, доцент,
Мураев Н. П., кандидат педагогических наук,
Вишняков А. В., кандидат биологических наук, доцент,
Логонов В. В., кандидат технических наук, доцент,
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Shishkin P., Oispchuk A., Muraev N., Vishnyakov A., Loginov V.,
The Ural Institute of State Firefighting Service
of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Изменение принятых критериев, связанных с различными формами деятельности человека, является объективным показателем развития общества. В настоящей статье были рассмотрены отдельные проблемные составляющие, связанные с критериями информации о чрезвычайных ситуациях на примере скорости ветра в сложных погодных условиях. Показано определённое несоответствие данного показателя реальным обстоятельствам, когда в условиях крупных населённых пунктов, имеют место гибель населения и повреждение объектов инфраструктуры. Указывается необходимость проведения определённых научных исследований, позволяющих реализовать внесение корректных изменений в руководящие документы по данному направлению защиты от чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: критерии информации, критерии отнесения к чрезвычайной ситуации, падение подъёмного крана, скорость ветра, специальный коэффициент, стихийное бедствие, шторм.

The change in the accepted criteria associated with various forms of human activity is an objective indicator of the development of society. In this article, we examined some problematic components associated with the criteria for information on emergency situations using the example of wind speed in difficult weather conditions. A certain inconsistency of this indicator with real circumstances is shown, when in the conditions of large settlements, there are deaths of the population and damage to infrastructure. The necessity of carrying out certain scientific researches is pointed out, allowing to implement the introduction of correct changes in the guidelines for this area of protection against emergencies.

Keywords: crane fall, wind speed, special coefficient, natural disaster, information criteria, criteria for attribution to an emergency, storm.

Обстоятельством, предшествующим подготовке данной статьи, стало такое стихийное бедствие, как шквалистый ветер, обрушившийся на Свердловскую область 25 мая 2020 года. В результате этого природного явления без электричества остались

более 135 тыс. человек, был нанесён значительный ущерб имуществу отдельных граждан и организаций, и, самое печальное, произошла гибель пяти человек [1; 2].

Уже в процессе работы над настоящей статьёй за период лета и начало осени

текущего 2020 г. статистика подобных явлений и их негативных последствий была значительно расширена как в Свердловской области, так и во многих других субъектах Российской Федерации [3; 4].

Ранее авторским коллективом уже поднимался вопрос о необходимости изменения критериев, определяющих когда в случае разгула стихии вводится режим чрезвычайной ситуации (далее – ЧС). Так в 2017 г. после трагических событий в Московском регионе, сопровождающихся гибелью 18 человек [5–7] была опубликована статья [8], в которой в качестве одного из выводов выносилось положение, что в настоящее время представляется целесообразным и необходимым внести поправку в такой критерий отнесения к ЧС по опасным метеорологическим явлениям, как скорость ветра (включая порывы), которая заключается в его снижении с действующего значения 25 м/с на менее значимое.

При этом важно отметить, что термины «ураган» и «ураганный ветер», используемые в средствах массовой информации, в случае рассматриваемого чрезвычайного происшествия не являются корректными, а носят более эмоциональный характер, чем строго научный. Согласно принятой Всемирной метеорологической организацией (*World Meteorological Organization*) и применяемой в Российской Федерации для приближённой оценки скорости ветра шкалой Бофорта ураганом называется ветер, имеющий скорость более 32,6 м/с, однако такой скорости у перемещаемых воздушных масс на территории города Москвы и Московской области в мае 2017 г. по утверждению главы Гидрометцентра Р. М. Вильфанда не наблюдалось, т.е. можно вести речь только о шторме и штормовом ветре, имеющем числовое значение скорости 21,0–24,4 м/с [8]. Аналогичное мнение в мае 2020 г. по событиям в Свердловской области, когда порывы ветра не превышали показатель 25 м/с, высказала коллега указанного специалиста – начальник отдела метеорологических прогнозов «Уральского

управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» А. С. Мишарина [9].

Таким образом, при ветре, который ни коим образом не является ураганом, мало того, его скорость не превышала значение 25 м/с, т. е. формально не позволяла ввести режим ЧС [10; 11], имели место человеческие жертвы и значительный материальный ущерб, определяющий также значительные затраты на ликвидацию последствий стихийных бедствий. Кроме того, учитывая тот факт, что документ, устанавливающий критерии информации о ЧС, был введён в действие в 2004 г., а редакция этого нормативного правового акта в 2009 г. не касалась обсуждаемого в статье показателя, решение обозначенного в настоящей статье вопроса является задачей, актуальность которой не вызывает сомнений.

При обосновании необходимости изменения показателя скорости ветра для возможности введения режима ЧС следует учитывать и то, что изменяющийся климат на территории нашей страны, предполагает рост природных катаклизмов подобных рассматриваемому в работе [12; 13].

В подтверждение этого представляется целесообразным привести в качестве примера действия органов государственной власти Свердловской области в мае 2017 г., когда на территории области также имел место разгул стихии, аналогичный бедствиям, случившимся в то же время в Московском и иных регионах [5–7]. Несмотря на то, что скорость ветра была менее 25 м/с, в городе Нижнем Тагиле был введён режим ЧС, позволивший минимизировать ущерб от стихийного бедствия [14].

Таким образом, учитывая вышеизложенные обстоятельства, авторы посчитали необходимым выработать определённые предложения, направленные на решение обсуждаемого вопроса.

Прежде всего, анализируя стихийное бедствие, имевшее место в Свердловской области 25 мая 2020 года, следует отметить определённую многофакторность поражаю-

щего действия этих явлений. Так, в ходе разгула стихии в итоге погибло 5 человек. Один из них получил травмы, несовместимые с жизнью, от упавшей на него ветви тополя, вторая жертва погибла от сильного удара незафиксированной створки ворот, распахнувшейся при воздействии на неё порыва шквального ветра, а на третьего человека упал

фрагмент кровли, оторванный от здания, в результате чего наступил летальный исход. Два человека погибло при падении потерявших устойчивость подъёмных кранов на территории строительной площадки (рис. 1) и на разгрузочно-погрузочной площадке производственной базы «Акортес» (рис. 2) [15; 16].



Рисунок 1. Место падения упавшего башенного крана (фотография портала E1. RU)



Рисунок 2. Место падения упавшего подъёмного крана на территории производственной базы «Акортес» (из материалов РИА «Новый день»)

При этом важно отметить, что в случае получения прогноза о каких-либо неблагоприятных погодных явлениях МЧС России в рамках своих компетенций по инфор-

мированию населения осуществляет рассылку СМС-сообщений, предупреждающих, в частности, о сильном ветре. Однако население к подобному информированию в

большинстве случаев относится без должного внимания. Это, прежде всего, вызвано тем, что данные предупреждения в настоящее время, к сожалению, приняли формальный характер. Как правило, они содержат такую фразу: «*На территории области ожидаются ...*». При этом Свердловская область имеет значительную по площади территорию (194307 км²) с самыми разными географическими условиями, что определяет наличие в разных районах непохожих погодных условий. Так, например, в одно и то же лето в городе Екатеринбурге может иметь место многократное превышение месячной нормы осадков, а в городе Красноуфимске за весь аналогичный период возможно полное их отсутствие. Таким образом, СМС-оповещение, содержание которого зачастую не носит конкретного характера, не является выходом из сложившегося положения.

Возвращаясь к характеру опасных факторов, имеющих место при разгуле стихии, следует указать, что появление оторванного фрагмента кровли с большой долей уверенности можно отнести к браку, допущенному при монтаже этой конструкции

здания. При рассмотрении случая гибели человека от удара створки распашных ворот, получившей от порыва ветра смертельный импульс, представляется возможным говорить о несчастном случае. Таким образом, подобные события в настоящей работе оказались за рамками рассмотрения.

Иные происшествия, а именно падение подъёмного крана или дерева либо части его кроны уже можно признать событиями, последствия которых возможно в той или иной степени предугадать или даже управлять ими [14]. Говоря о значительном количестве подъёмных башенных кранов на строительных площадках городов, можно утверждать, что это стало распространённым, самым обыденным явлением. Данные грузоподъёмные машины стали непреложной частью современного городского пейзажа, а учитывая в подавляющем большинстве случаев многоэтажный характер современной застройки, определяющий применение при строительстве высотных многотонных кранов (рис. 3), представляется возможным говорить о значительном характере повреждений на близлежащей территории в случае их падения.



Рисунок 3. Подъёмные краны на строительстве многоэтажных зданий

Если рассматривать возможность эксплуатации подъёмных башенных кранов, то следует указать, что в настоящее время действует нормативный документ, введённый в действие ещё в 1978 г. [17]. Данный государственный стандарт определяет необходимость учёта целого ряда факторов для всех состояний эксплуатации указанных

грузоподъёмных кранов – нерабочем и рабочем, т. е. при котором выполняется перемещение грузов и иные действия. В документе нормативно утверждается порядок расчёта безопасности эксплуатации кранов в условиях ветровой нагрузки, учитывающих районирование территории страны, высоту расположения элемента конструкции крана,

скорости ветра, динамическое давление, высоту окружающих строительную площадку зданий и деревьев, рельеф местности и её нахождение над уровнем моря, площадь груза и т.д.

Указанный документ допускает рабочее состояние для большинства современных моделей кранов, эксплуатируемых на строительных объектах в условиях положительных температур, при ветре со скоростью 22 м/с. В то же время, максимальная скорость ветра 25 мая 2020 г. не превышала 15 м/с [18], и при этом имело место два случая падения данных грузоподъемных машин, и оба сопровождались человеческими жертвами. Это обстоятельство и потенциальная опасность для находящихся поблизости стационарных объектов, транспортных средств и, самое главное, людей, определяемая значительными габаритами и массой кранов, свидетельствует о необходимости пересмотра основных положений, регулирующих их безопасную эксплуатацию в городских условиях, тем более в условиях плотной застройки.

Рассматривая вторую принимаемую во внимание составляющую обозначенной в настоящей работе проблемы, а именно, падение деревьев, сопровождающееся негативными последствиями, следует указать на состояние древесной растительности в городских условиях. При этом важно помнить, что, например, только в Москве растёт около 30 млн деревьев [18]. Ухудшающаяся экология, усиление хозяйственной деятельности человека, появление и размножение биологических вредителей, существование которых ранее было не присуще для данной местности, оказывают негативное воздействие на деревья. Они усыхают, гниют изнутри, получают разрушение корневой системы и ствола и в итоге не выдерживают

давления, создаваемого по фронту движения воздушных масс, даже если их перемещение имеет скорость менее или равное 25 м/с, т. е. ниже показателя, соответствующего введению режима ЧС [10].

Рассматривая, к примеру, такое распространённое в городских условиях дерево как тополь, необходимо принимать во внимание, что при средней жизни 150 лет, в соответствии с руководящим документом [16] оно подлежит обязательной вырубке в возрасте 50 лет или даже ранее в случае опасности для человека и его имущества, так как его ветви становятся хрупкими, ствол имеет значительные скрытые участки гниения, корневая система необратимо повреждается при различных земляных работах, что определяет опасность их роста вблизи местонахождения человека.

Если ранее коммунальные службы следили за состоянием зелёных насаждений, то в настоящее время говорить, что это выполняется везде и в полном объёме, не приходится. Сообщения о внезапно рухнувших деревьях стали обыденными сообщениями в СМИ.

Помимо этого, по мнению специалистов-биологов, следует учитывать ещё одно немаловажное обстоятельство, заключающееся в особенности климата большей части территории России, влияющее на стойкость дерева в условиях сильного ветра. Так, промерзание грунта в холодное время года определяет рост корневой системы в последующие периоды не в глубину, а преимущественно по горизонтальным направлениям, что отрицательно сказывается на устойчивости древесных растений [8]. Специалисты называют это явление недостаточностью корневой плиты, приводящее к падению даже относительно молодых и в целом здоровых деревьев (рис. 4).



Рисунок 4. Вывороченная с корнем молодая сосна с недостаточной корневой плитой (город Заречный, последствия штормового ветра в Свердловской области, 25 мая 2020 года, фото из открытых источников)

При этом важно отметить, что данное негативное явление стало свойственно в том числе и считавшимся ранее устойчивыми к ветровому воздействию семействам деревьев – буковым и хвойным (дубы, сосны, лиственницы и т. д.).

Вырубать деревья в возрасте 20 лет, растущие в пределах крупных городских поселений, однозначно представляется абсурдным и вредным для экологии положением. В этом случае для обеспечения безопасности населения должны реализовываться совершенно другие меры.

Рассмотрев опасности, связанные с обрушением при сильном ветре строительных кранов и падением деревьев, авторы считают необходимым внесение изменений в отдельные вопросы деятельности МЧС России, в частности по информированию о ЧС, включая обязательный порядок действий как отдельных граждан, так и целых организаций, в частности, ведущих строительные работы с использованием подъемных кранов.

В основу данной работы должны лечь научные исследования, обобщающие информацию о всех подобных происшествиях, учитывающие их связь с метеоусловиями, особенностями городской застройки и состоянием зелёных насаждений в черте муни-

ципальных образований. Цель данных – выработка критериев безопасности населения и производственного персонала на объекте экономики, расположенного в крупном муниципальном образовании в условиях штормового ветра.

Так, например, говоря о математическом аппарате, позволяющем адекватно оценить опасности обсуждаемого плана и выработать конкретные предложения, которые будут носить обязательный характер при их реализации, следует указать на целый ряд методик, успешно используемых в МЧС России. Среди них можно привести Методику оценки надёжности защиты производственного персонала на объекте экономики от радиоактивного воздействия, Методику оценки надёжности защиты производственного персонала на химически опасном объекте при аварийном выбросе (разливе) опасных химических веществ и т. д. В этих успешно апробированных документах за основу берётся использование ряда коэффициентов, связанных с определёнными критериями.

Опираясь на данное обстоятельство, представляется необходимым и возможным указать, что введение режима ЧС в условиях разгула стихии возможно и при скорости ветра, включая порывы, менее показателя

25 м/с, установленного действующим руководящим документом, утверждающим критерии информации о чрезвычайных ситуациях [10]. В этих случаях, несмотря на возможность продолжения работы подъёмными кранами согласно Нормам ветровой нагрузки [17], на строительных площадках, расположенных в пределах территорий, где введён и действует режим ЧС, в обязательном порядке следует прекратить работу всех подъёмных кранов, в частности, стрелового типа, и перевести узлы и механизмы указанных грузоподъёмных машин в безопасное положение.

Оценка безопасности (степени защищённости) населения в условиях штормового ветра выполняется с учётом группы независимых специальных коэффициентов, условно обозначенных как K_6 , K_p и K_T .

Коэффициент K_6 можно, например, назвать коэффициентом общей безопасности, а коэффициенты K_p и K_T коэффициентами безопасности по древесной растительности и по строительным башенным кранам соответственно. При превышении хотя бы одного из данных коэффициентов установленного показателя на территории, где имеет место перемещение воздушных масс со скоростью 21,0–24,4 м/с следует незамедлительно вводить режим ЧС.

Коэффициент K_6 (K_1 – K_4) показывает какая часть населения (N_3) от его общего числа ($N_{\text{общ}}$) находится в безопасности в условиях штормового ветра.

Так, расчёт главного показателя безопасности в условиях штормового ветра – K , определяющего выработку управленческого решения, т.е. введение режима ЧС, можно представить соотношением, выраженным формулой (1):

$$K = N_3 / N_{\text{общ}}, \quad (1)$$

где N_3 – часть населения от общего числа проживающих (находящихся) на определённой территории, обеспеченная надёжной защитой;

$N_{\text{общ}}$ – общее число проживающих (находящихся) на определённой территории.

При этом под населением понимается также и персонал всех объектов, осуществляющих деятельность на рассматриваемой территории.

Коэффициент K_1 выступает как показатель, учитывающий отношение количества населения, находящегося в различных помещениях, к общему количеству граждан, присутствующих на территории в момент начала разгула стихии.

Значение коэффициента K_2 определяется возможностями системы оповещения, действующей на территории, где дует штормовой ветер. Оценивается до какого числа граждан возможно своевременное доведение сигналов оповещения по отношению к общему числу присутствующих на территории.

Коэффициент K_3 показывает состояние обученности населения способам защиты от разгула стихии и правилам действий по сигналам оповещения. Оценивается как доля населения от его общего числа, имеющая положительную оценку, полученную в ходе последнего учения или тренировки подсистемы (звена) РСЧС, проводимого в муниципальном образовании.

Каждый из указанных коэффициентов, определяемых во всех случаях как соотношение каких-либо показателей, имеет значение от 0,0 до 1,0.

При значении суммарного коэффициента, например, 0,75 и выше безопасность населения в условиях штормового ветра устанавливается как «соответствует установленным требованиям». При значении менее 0,75 безопасность населения признаётся как «не соответствует установленным требованиям», т.е. данное обстоятельство указывает на необходимость введения режима ЧС с реализацией всех мероприятий, связанных с обеспечением безопасности.

Коэффициент K_p определяется соотношением количества деревьев, имеющих возраст старше 50 лет (D_{50}), к общему количеству деревьев ($D_{\text{общ}}$), растущих на территории рассматриваемого муниципального образования или района (формула 2).

$$K_p = D_{50} / D_{\text{общ}}, \quad (2)$$

Можно предположить, что при стремлении значения коэффициента K_p к единице безопасность населения будет стремиться к нулю и наоборот, чем меньшее числовое выражение будет иметь рассматриваемый коэффициент, тем в более безопасном состоянии будет находиться население. Таким образом, условно можно принять положение, определяющее то, что, когда коэффициент K_p превысит значение 0,3, на территории в условиях штормового ветра следует вводить режим ЧС.

Рассматривая коэффициент K_t представляется возможным взять за основу показатель, который выражается общей высотой конструкций башенных кранов, выполняющих работы на территории площадью в 1 км^2 . При этом если суммарная высота конструкций кранов на указанной площади будет равна, к примеру, 300 м и менее, то территория будет считаться безопасной для населения, когда дует ветер, имеющий скорость 21,0–24,4 м/с. В этом случае режим ЧС при условии соответствия указанных выше коэффициентов K_b и K_p критериям безопасности для населения режим ЧС вводиться не будет. В случае превышения значения коэффициента K_t представленного показателя, т. е. тогда, когда суммарная высота конструкций башенных кранов на площади в 1 км^2 будет выше 300 м, то даже при соответствии двух других коэффициентов критериям безопасности, на территории необходимо вводить режим ЧС.

Следует отметить, что представленные выше коэффициенты опираются прежде всего на возможность получения полной информации по всем их составляющим. Так сведениями о примерном количественном и возрастном составе деревьев в парках и лесах, находящихся в ведении муниципалитетов всегда владеют специально уполномоченные органы – муниципальные лесничества, комитеты лесного хозяйства и т. д. Аналогичное состояние дел имеет место и в вопросах сведений по качественным и количественным показателям башенных кранов, выполняющих работы на строительных площадках городов и районов.

Также важно отметить, что авторами, при их понимании необходимости проведения полномасштабных научных исследований, в вопросе, связанном с методикой выбора критериев введения режима ЧС в условиях ветра, имеющего скорость менее 25 м/с, но представляющего реальную угрозу для населения, ставилась цель обозначить лишь примерный путь разработки данного документа. Безусловно в данном случае потребуется выбор и обоснование целого ряда дополнительных коэффициентов, а также условий их применения. К таким коэффициентам, например, можно уверенно отнести характер застройки в городе или районе.

Возможно, представленные в настоящей статье сведения могут послужить темой выполняемой в специализированных учреждениях МЧС России перспективной научно-исследовательской работы, которая будет опираться на большой объём статистических данных, учитывать экономическую составляющую проблемы и целый ряд сопутствующих вопросов, которые могут возникнуть уже по ходу проведения исследований.

Вне всякого сомнения, если бы, например, в условиях шквалистого ветра, обрушившегося на Свердловскую область 25 мая 2020 г. был бы введён режим ЧС и реализован план мероприятий, предусмотренных для данной обстановки, то количество человеческих жертв, полученных людьми тяжёлых травм и масштабы разрушений инфраструктуры, а также повреждение имущества жителей и организаций были бы сведены к минимуму. В заключении следует сделать следующие выводы.

1. Чрезвычайные ситуации, вызываемые стихийными бедствиями, несмотря на принимаемые усилия органов власти и иных организаций, продолжают носить катастрофический характер, предполагающий гибель людей и значительный ущерб инфраструктуре.

2. Действующие критерии отнесения к чрезвычайным ситуациям были введены в 2004 году, и отдельные из них в настоящее

время не в полной мере отвечают современным условиям, имеющим место при стихийных бедствиях, что не позволяет органам государственной власти субъектов Российской Федерации устанавливать режим чрезвычайной ситуации в определённых местах проживания или нахождения людей, следствием чего может быть их гибель, получение увечий и т. д.

3. Представляется целесообразным внести изменение с последующим введе-

нием режима чрезвычайной ситуации в такой критерий отнесения к чрезвычайным ситуациям по опасным метеорологическим явлениям, как скорость ветра (включая порывы) – 25 м/с (п. 2.3.1.) на территории муниципальных образований, заключающееся в снижении его количественного показателя. Выбор числовых значений должен иметь дифференцированный подход, отражающий состояние целого ряда показателей, присущих конкретному муниципальному образованию.

Литература

1. Кошкина А., Чернобривцева В. Свердловской области устраняют последствия урагана // Областная газета. 2020. № 92 (8876).
2. В Екатеринбурге погиб рабочий, сидевший в рухнувшем кране. Конструкция упала из-за сильного ветра // E1.RU. Новости. URL: https://www.e1.ru/news/spool/news_id-69278707.html (дата обращения: 27.05.2020).
3. Разрушительные штормы // GeoCenter.info. Информационно-аналитический портал. 2020 г., июль. URL: <https://geocenter.info/new/razrushitelnye-shtormy-ijul-2020> (дата обращения: 27.07.2020).
4. Скорость ветра – детальная статистика за последние годы. Статистика по скорости ветра за последние годы – 2014–2020 гг. (Свердловская обл.) // База данных Climate-Energy. URL: http://climate-energy.ru/weather/2017/wind/ekaterinburg_wind_2017.php (дата обращения: 01.10.2020).
5. Ураган в Москве: Число жертв майского урагана в Москве и Подмосковье возросло до 18 человек // ТВ Центр. URL: <http://www.tvc.ru/news/show/id/118350> (дата обращения: 31.05.2020).
6. Разгул стихии: жертвами урагана в Москве стали 11 человек // РИА Новости. Происшествия 20:24 29.05.2017. URL: <https://ria.ru/incidents/20170529/1495344310.html> (дата обращения: 31.05.2020).
7. Семёнова А. Москву сдуло ветром // Газета.ru. URL: <https://www.gazeta.ru/social/2017/05/30/10698653.shtml#page1> (дата обращения: 02.06.2020).
8. Мураев Н. П. и др. Объявление режима чрезвычайной ситуации в условиях штормового ветра: проблемы и предложения // Техносферная безопасность. 2017. № 3 (16). С. 82–88.
9. Новый День: Метеорологи: сильный ветер в мае для Урала – норма. URL: <https://newdaynews.ru/ekaterinburg/693004.html> (дата обращения: 02.06.2020).
10. Приказ МЧС России от 08.07.2004 № 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях» (ред. от 24.02.2009).
11. Ахраменко А. В МЧС объяснили, почему не было экстренного оповещения об урагане в Москве // Вечерняя Москва. Вып. от 31.05.2017. URL: <http://www.vm.ru/news/384608.html> (дата обращения: 30.05.2020).
12. Измалков В. И. Тенденции глобального изменения климата Земли и его влияние на увеличение количества стихийных бедствий, катастроф и их возможные последствия // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2012. Т. 2, № 1. С. 445–453.
13. Мохов И. И., Семёнов В. А. Погодно-климатические аномалии в российских регионах и их связь с глобальными изменениями климата // Метеорология и гидрология. 2016. № 2. С. 16–28.
14. Дополнительные силы спасателей прибыли в муниципалитеты, где введен режим ЧС из-за ураганного ветра / Главное управление МЧС России по Свердловской области. URL: <http://66.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/5389099> (дата обращения: 09.06.2020).
15. Майский ураган в Екатеринбурге. Подробности 25 мая 2020, 19:21. В Екатеринбурге погиб рабочий, сидевший в рухнувшем кране. Конструкция упала из-за сильного ветра // E1.RU. URL: https://www.e1.ru/news/spool/news_id-69278707.html (дата обращения: 10.06.2020).
16. Тринько В., Саливанчук А., Отман А. «Он пытался выбраться, но не успел», – очевидцы рассказали об обрушении крана во время урагана и о погибшем машинисте [видео] // РИА «Новый день». URL: <https://newdaynews.ru/ekaterinburg/693067.html> (дата обращения: 01.06.2020).
17. ГОСТ 1451–77. Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения (с Поправкой).
18. Постановление Правительства Москвы от 30 сентября 2003 г. № 822-ПП «О Методических рекомендациях по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке».

References

1. Koshkina A., Chernobrivceva V. Sverdlovskoj oblasti ustranyayut posledstviya uragana // Oblastnaya gazeta. 2020. № 92 (8876).
2. V Ekaterinburge pogib rabochij, sidevshij v ruhnuvshem krane. Konstrukciya upala iz-za sil'nogo vetra // E1.RU. Novosti. URL: https://www.e1.ru/news/spool/news_id-69278707.html (data obrashcheniya: 27.05.2020).
3. Razrushitel'nye shtormy, iyul' 2020 // GeoCenter.info. Informacionno-analiticheskij portal. URL: <https://geocenter.info/new/razrushitelnye-shtormy-ijul-2020> (data obrashcheniya: 27.07.2020).
4. Skorost' vetra – detal'naya statistika za poslednie gody. Statistika po skorosti vetra za poslednie gody – 2014–2020 gg., (Sverdlovskaya obl.) // Baza dannyh Climate-Energy. URL: http://climate-energy.ru/weather/2017/wind/ekaterinburg_wind_2017.php (data obrashcheniya: 01.10.2020).
5. Uragan v Moskve: CHislo zhertv majsogo uragana v Moskve i Podmoskov'e vozroslo do 18 chelovek // TV Centr. URL: <http://www.tvc.ru/news/show/id/118350> (data obrashcheniya: 31.05.2020).
6. Razgul stihii: zhertvami uragana v Moskve stali 11 chelovek // RIA Novosti. Proisshestiya 20:24 29.05.2017. URL: <https://ria.ru/incidents/20170529/1495344310.html> (data obrashcheniya: 31.05.2020).
7. Semyonova A. Moskvu sdulo vetrom // Gazeta.ru. URL: <https://www.gazeta.ru/social/2017/05/30/10698653.shtml#page1> (data obrashcheniya: 02.06.2020).
8. Muraev N. P. et al. Ob"yavlenie rezhima chrezvychajnoj situacii v usloviyah shtormovogo vetra: Problemy i predlozheniya // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2017. № 3 (16). P. 82–88.
9. Meteorologi: sil'nyj veter v mae dlya Urala – norma // Novyj Den'. URL: <https://newdaynews.ru/ekaterinburg/693004.html> (data obrashcheniya: 02.06.2020).
10. Prikaz MCHS Rossii ot 08.07.2004 № 329 «Ob utverzhdenii kriteriev informacii o chrezvychajnyh situacijah» (red. ot 24.02.2009).
11. Ahramenko A. V MCHS ob"yasnili, pochemu ne bylo ekstremnogo opoveshcheniya ob uragane v Moskve // Vechernyaya Moskva. Vyp. ot 31.05.2017. URL: <http://www.vm.ru/news/384608.html> (data obrashcheniya: 30.05.2020).
12. Izmalkov V. I. Tendencii global'nogo izmeneniya klimata Zemli i ego vliyanie na uvelichenie kolichestva stihijnyh bedstvij, katastrof i ih vozmozhnye posledstviya // Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya. 2012. T. 2, № 1. P. 445–453.
13. Mohov I. I., Semyonov V. A. Pogodno-klimaticheskie anomalii v rossijskih regionah i ih svyaz' s global'nymi izmeneniyami klimata // Meteorologiya i gidrologiya. 2016. № 2. P. 16–28.
14. Dopolnitel'nye sily spasatelej pribyli v municipalitety, gde vveden rezhim CHS iz-za uragannogo vetra / Glavnoe upravlenie MCHS Rossii po Sverdlovskoj oblasti. URL: <http://66.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/5389099> (data obrashcheniya: 09.06.2020).
15. Proisshestiya, Majsij uragan v Ekaterinburge, Podrobnosti 25 maya 2020, 19:21. V Ekaterinburge pogib rabochij, sidevshij v ruhnuvshem krane. Konstrukciya upala iz-za sil'nogo vetra // E1.RU. URL: https://www.e1.ru/news/spool/news_id-69278707.html (data obrashcheniya: 10.06.2020).
16. Trin'ko V., Salivanchuk A., Otman A. «On pytalsya vybrat'sya, no ne uspel», – ochevidcy rasskazali ob obrushenii krana vo vremya uragana i o pogibshem mashiniste [video] // RIA «Novyj den'»: Ekaterinburg. URL: <https://newdaynews.ru/ekaterinburg/693067.html> (data obrashcheniya: 01.06.2020).
17. GOST 1451–77. Krany gruzopod"emnye. Nagruzka vetrovaya. Normy i metod opredeleniya (s Popravkoj).
18. Postanovlenie Pravitel'stva Moskvy ot 30 sentyabrya 2003 g. № 822-PP «O Metodicheskikh rekomendacijah po ocenke zhiznesposobnosti derev'ev i pravilam ih otbora i naznacheniya k vyrubke i peresadke».

**ПОДХОДЫ К ВЫБОРУ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ТЕХНОГЕННОГО
ХАРАКТЕРА ПРИ ПОСТРОЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ**

**APPROACHES TO THE SELECTION OF RATIONAL PARAMETERS OF ELEMENTS
OF THE SYSTEM FOR MONITORING EMERGENCY SITUATIONS OF
AN ANTHROPOGENIC NATURE IN THE CONSTRUCTION OF
A COMPREHENSIVE SYSTEM FOR THE SAFETY OF THE POPULATION**

*Назаров А. А.,
Сибирская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, Железногорск*

*Nazarov A.,
Siberian Fire and Rescue Academy
EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk*

В статье проведен анализ существующих методов и подходов построения системы защиты населения от ЧС техногенного характера, а также особенностей оценки и мониторинга техногенных источников риска концепции развития современной теории безопасности сложных систем Critical Infrastructure Resilience (CIR) (жизнеспособность критической инфраструктуры). Показано, что в основе традиционного подхода (Safety I) безопасность оценивается как отсутствие нежелательных последствий и отчетливых признаков опасности, представляя бимодальные сведения о режиме функционирования системы в критериях «опасно (неправильно)» и «безопасно (правильно)». Подход Safety II, действует с позиции мультимодальности функционирования системы, основываясь на принципе мониторинга как сбоя системы, так и нормальной ее работы, прогнозирования событий и направлений их развития. Отмечено, что реализуемая в настоящий момент в России концепция в целом соотносится с принципами Safety II, что проявляется в ориентации обоих подходов на принятие превентивных управленческих решений и сохранение работоспособности системы даже в кризисных ситуациях. На основе проведенного анализа и обобщения результатов исследований, выполненных другими авторами, сделан вывод о необходимости применения новых подходов учитывающих, как региональные особенности построения системы, так и рациональное использование ресурсов в зависимости от возникающих угроз на основе гибких мультимодальных показателей.

Ключевые слова: жизнеспособность критической инфраструктуры; мониторинг; комплексная безопасность; риск; параметрический подход; системный анализ.

The article analyzes the existing methods and approaches in the construction of a system for protecting the population from man-made emergencies, as well as the features of assessing and monitoring man-made sources of risk in the concept of the development of the modern theory of security of complex systems «Critical Infrastructure Resilience» (CIR). It is shown that in the basis of the traditional approach (Safety I), safety is evaluated as the absence of undesirable consequences and clear signs of danger, presenting bimodal information about

the mode of operation of the system in the criteria: «dangerous (incorrect)» and «safe (correct)». The Safety II approach is suitable from the point of view of the multi-modality of the system functioning, based on the principle of monitoring both the system failure and its normal operation, predicting events and directions of their development. It is noted that the concept currently being implemented in Russia generally correlates with the principles of Safety II, which is manifested in the orientation of both approaches to making preventive management decisions and maintaining the system's operability even in crisis situations. Based on the analysis and generalization of the results of research carried out by other authors, it is concluded that it is necessary to apply new approaches that take into account both the regional features of the system construction and the rational use of resources, depending on emerging threats, in conditions of limited resources on the basis of flexible multi-modal indicators.

Keywords: critical infrastructure resilience; monitoring; integrated security; risk; parametric approach; system analysis.

Безопасность любого государства заключается в защите его конституционного строя, суверенитета и территориальной целостности, установлении политической, экономической и социальной стабильности, безусловном исполнении законов и решительном противодействии возникающим внешним и внутренним угрозам. В «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» [1], утвержденной, подчеркиваются неразрывная взаимосвязь и взаимозависимость национальной безопасности и социально-экономического развития страны [2].

В целях реализации полномочий государства в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в настоящее время в России создана и успешно функционирует единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). Единая система РСЧС объединяет органы управления, силы и средства федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций, привлекаемых для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [3].

Согласно установленному правовыми актами порядку, единая система состоит из функциональных и территориальных подсистем, действующих на федераль-

ном, межрегиональном, региональном, муниципальном и объектовом уровнях. Указанная квалификация уровней системы обусловлена принципом соответствующего реагирования, достаточными силами и средствами адекватно возникающих угроз (чрезвычайным ситуациям).

Классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (угроз) определена Постановлением Правительства [4] и предусматривает шесть типов чрезвычайных ситуаций в зависимости от тяжести последствий и вовлеченной в ситуацию территории

Каждый режим функционирования предусматривает проведение ряда мероприятий, осуществляемых органами управления системы. Одним из ключевых мероприятий является сбор, обработка и обмен в установленном порядке информацией в области защиты населения и территорий от ЧС и обеспечение пожарной безопасности, изучение состояния окружающей среды, мониторинг опасных природных явлений и техногенных процессов.

Сбор и обработка данных мониторинга является как основой для принятия превентивных мер предотвращения ЧС, так и условием своевременного реагирования на инциденты. В зависимости от полученных данных органы управления принимают соответствующее решение. Обобщенная схема

мероприятий по сбору данных и мониторингу обстановки в зависимости от режима функционирования представлена на рис. 1.

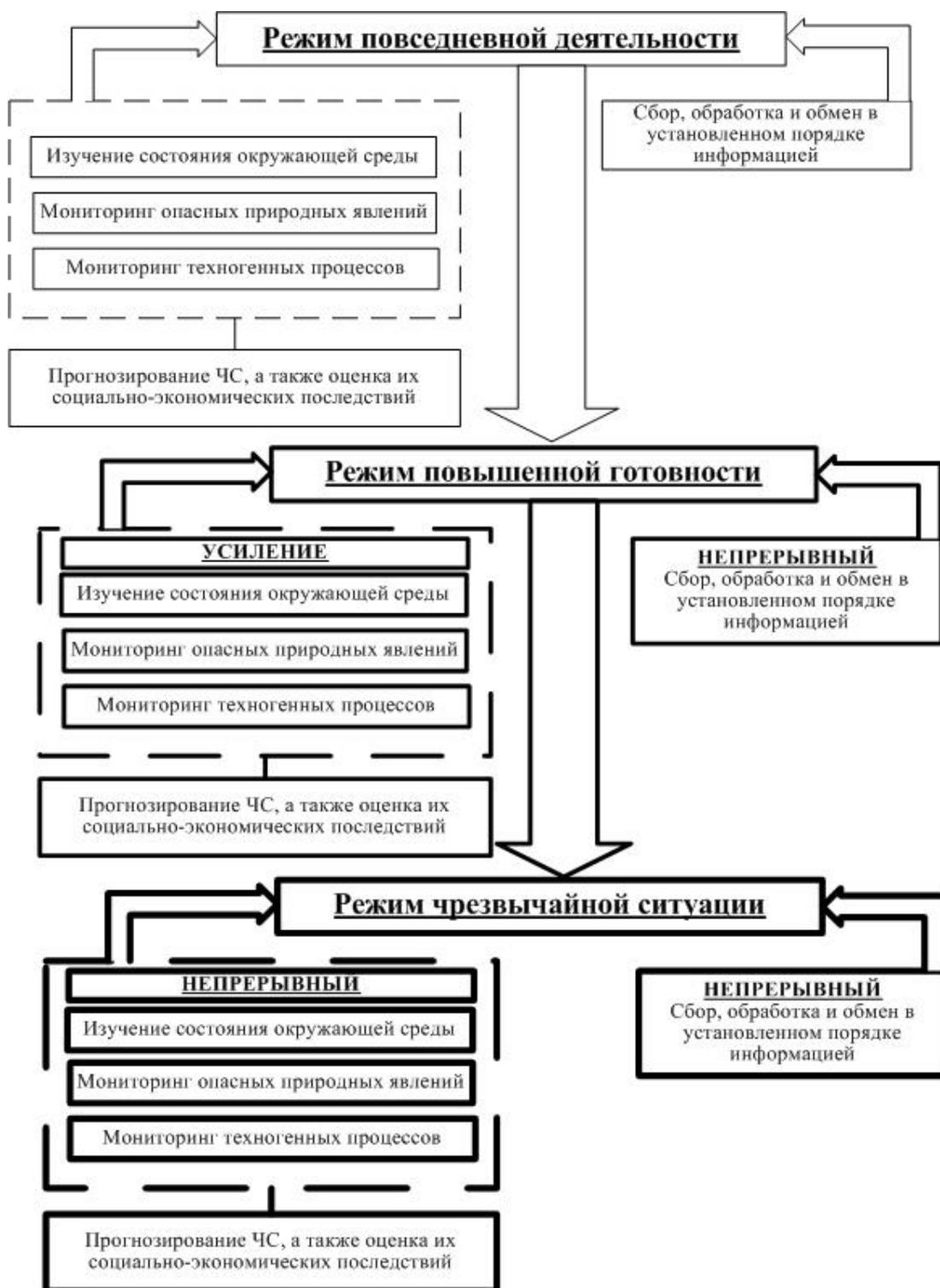


Рисунок 1. Схема организации мониторинга в зависимости от режима функционирования

В целях реализации задач в рамках функционирования системы РСЧС предусмотрено создание подсистемы мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (СМП ЧС). Основные задачи, функции, организацию управления, состав сил и средств, а также деятельность СМП ЧС определены положением о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций

единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [5].

Исходя из установленных задач СМП ЧС, возможно выделить два основных направления: мониторинг и прогнозирование. Решение этих двух основных задач позволяет определить возможный характер ЧС и масштаба их развития, разработать рекомендации по управлению рисками ЧС, а также мероприятия по предупреждению, локализации, ликвидации и смягчению негативных последствий (рис. 2).

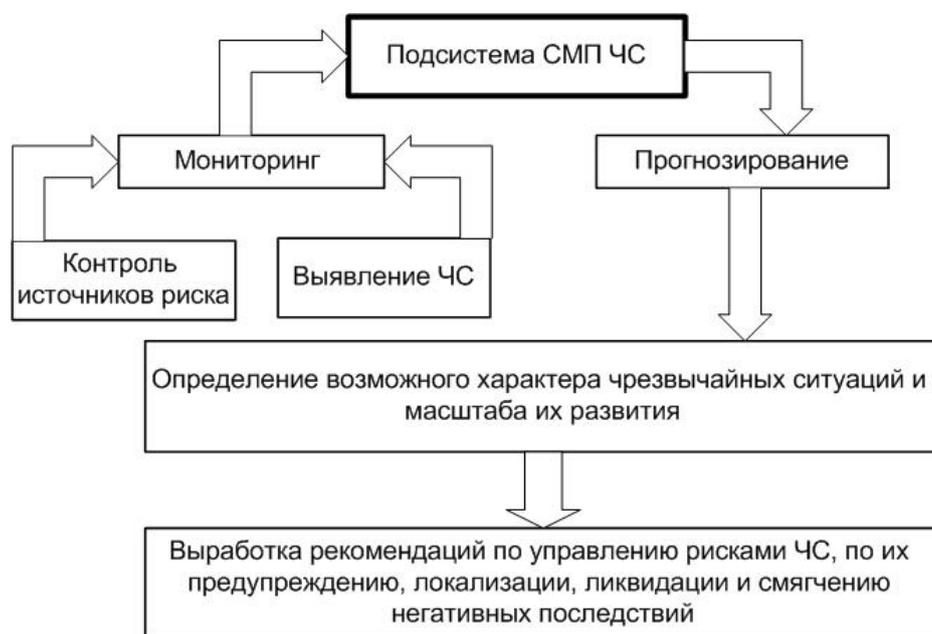


Рисунок 2. Задачи СМП ЧС (СМП – система мониторинга и прогнозирования; ЧС – чрезвычайная ситуация)

Информационное обеспечение функциональной подсистемы СМП ЧС осуществляется путем информационного обмена с функциональными и территориальными подсистемами РСЧС сведениями о прогнозируемых и возникших чрезвычайных ситуациях и их последствиях, о радиационной,

химической, медико-биологической, взрывной, пожарной и экологической безопасности на соответствующих территориях, а также сведениями о деятельности организаций независимо от форм собственности, органов местного самоуправления, государственных органов исполнительной власти.



Рисунок 3. Элементы СМП ЧС (СМП – система мониторинга и прогнозирования; ЧС – чрезвычайная ситуация; ГИС – геоинформационные системы; БД – база данных)

Утвержденная в настоящий момент концепция комплексной системы обеспечения безопасности жизнедеятельности населения (КСОБЖН), реализуемая межведомственной комиссией, предусматривает создание информационных систем, систем мониторинга на разных уровнях управления и, как следствие, создание рациональной и эффективной системы обеспечения безопасности населения путем снижения вероятности реализации угроз природного, техногенного характера. Достижение поставленных Концепцией задач планируется осуществить, в том числе, за счет:

– предотвращения кризисных ситуаций путем оснащения объектов защиты техническими средствами обеспечения безопасности и инструментальными средствами контроля функционирования средств (систем) жизнеобеспечения;

– эффективного мониторинга текущей обстановки и представления информации для действий территориальных органов федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и должностных лиц администраций объектов, обеспечивающей своевременность принятия управленческих решений. Общая схема построения КСОБЖН представлена на рис. 4.

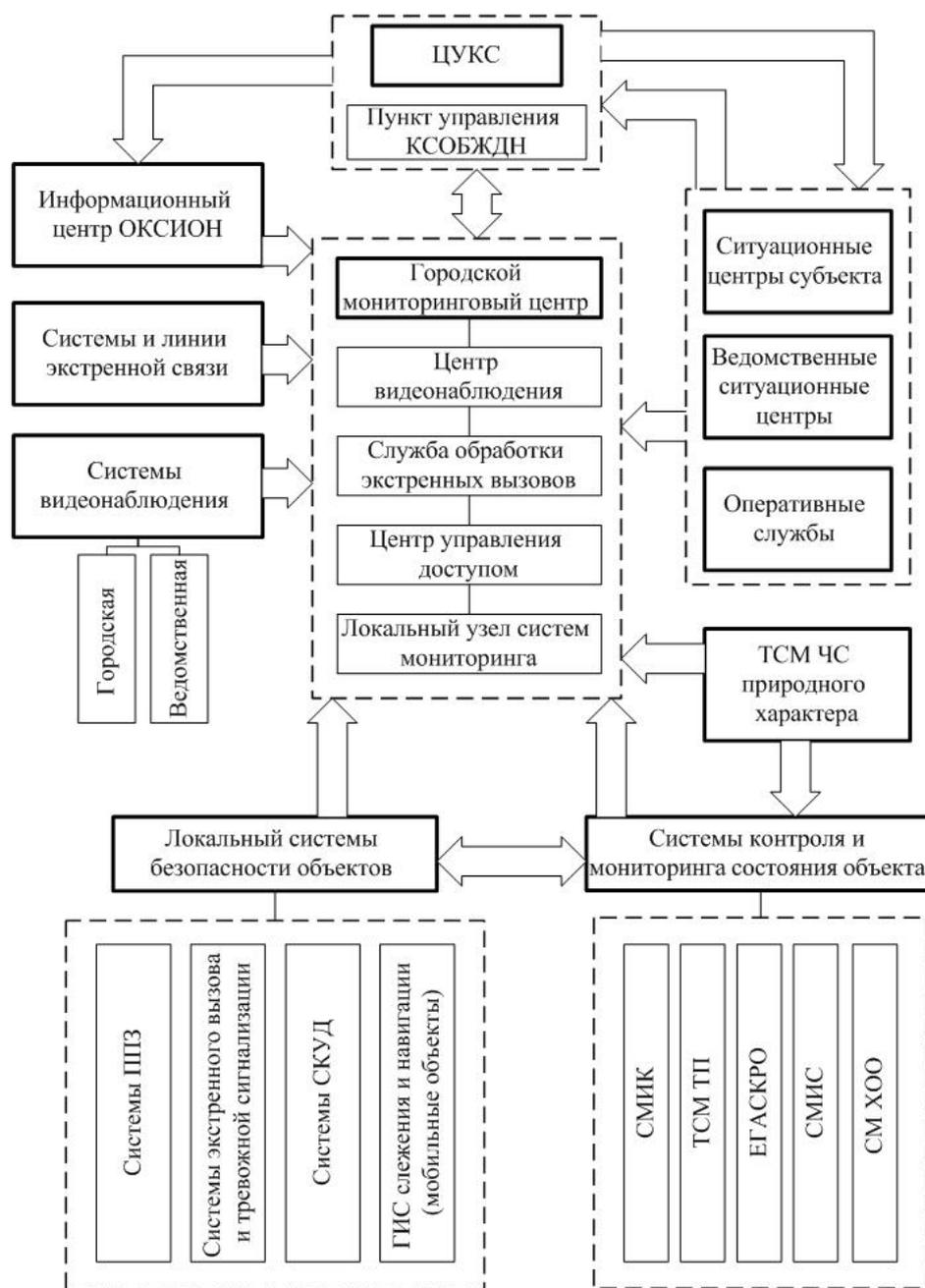


Рисунок 4. Общая структура системы мониторинга КСОБЖН (ЦУКС – Центр управления в кризисных ситуациях; ТСМ – технические средства мониторинга; СМИК – система мониторинга инженерных конструкций; СМИС – система мониторинга инженерных систем; ЕГАСКРО – система контроля радиационной опасности; СМ ХОО – система мониторинга химически опасных объектов; ППЗ – противопожарная защита; СКУД – система контроля и управления доступом; ГИС – геоинформационная система)

Несмотря на большой объем накопленных знаний в данной области, остаются проблемные вопросы при решении задачи обоснования рациональных параметров системы защиты населения от чрезвычайных

ситуаций техногенного характера. Кроме того, существующие методики не ориентированы на проектирования систем комплексной безопасности на территориях, отличающихся специфическими рисками.

Обзор работ в данной области на современном этапе развития показывает, что в последние годы одной из тенденций в области изучения сложных систем является использование термина «критическая инфраструктура», являющаяся совокупным определением различных сфер деятельности человека, в рамках которых сохраняются жизненно важные функции общества и личности. Данный термин закреплен в Директиве Совета Европейского Союза 2008/114/ЕС от 8 декабря 2008 г. «О европейских критических инфраструктурах и мерах по их защите» [6]. В большинстве рассмотренных зарубежных работ обеспечение комплексной безопасности жизнедеятельности человека и общества рассматривается в парадигме данного термина. Комплексное научное направление в данной области за рубежом получило название Critical Infrastructure Resilience (CIR) (жизнеспособность критической инфраструктуры); оно затрагивает широкий спектр вопросов оценки устойчивости функционирования систем различной природы, управления безопасностью в широком смысле.

Исследованиям в этой области в рамках концепции CIR за рубежом посвящены работы: L. Labaka; J. Hernantes; J. M Sarriegi; S. Cassotta; R. Sidortsov; C. Pursiainen; M. E. Goodsite и др. [7–11]. В большинстве исследований решаются задачи по разработке систем индикаторов, отражающих состояние как системы, так и основных влияющих на систему факторов. Эти индикаторные системы, как правило, представлены иерархической структурой. При оценке индикаторов в основном применяются методы экспертной оценки различных показателей компонентов системы.

Наличие широкого спектра работ в данной области российских и зарубежных исследователей подтверждает актуальность темы и характеризует определенную степень ее разработанности. Тем не менее, несмотря на обширную базу знаний, описывающую алгоритм построения и функционирования системы как в рамках отечественной концепции КСОБЖ, так и зарубежной

CIR, вопросы выбора и обоснования рациональных параметров системы мониторинга при построении системы не затронуты. Кроме того, рассмотренные подходы не учитывают поэтапное построение системы в условиях органичных ресурсов, а также региональных особенностей и специфических рисков территории с особым режимом функционирования.

Один из перспективных подходов обеспечения безопасности (Safety II) предлагается шведским ученым Эриком Холлнагелем (Erik Hollnagel) [12]. В основе традиционного подхода (Safety I) безопасность оценивается как отсутствие нежелательных последствий и отчетливых признаков опасности, представляются бимодальные сведения о режиме функционирования системы в критериях: «опасно (неправильно)» и «безопасно (правильно)». Это приводит к тому, что управленческое решение по реагированию происходит когда что-то случается или определяется как неприемлемый риск. Подход Safety II изначально действует с позиции мультимодальности функционирования системы, основываясь на принципе мониторинга как сбоя системы, так и нормальной ее работы, прогнозирования событий и направлений их развития. Основной упор при контроле делается на выявление точек процесса с высокой вариативностью и сложностью. Отмечено, что реализуемая концепция КСОБЖН в целом соотносится с принципами Safety II, что проявляется в ориентации обоих подходов на принятие превентивных управленческих решений и сохранение работоспособности системы даже в кризисных ситуациях. В настоящее время в России реализация этого подхода отчасти получила свое отражение в риск-ориентированном подходе при оценке и организации реагирования на риски.

В результате анализа, проведенного в данной работе, а также исследования различных концепций обеспечения безопасности выделены два основных направления в области исследования техногенных источников риска на современном этапе: оценка,

анализ риска и управление риском. Отмечено, что в настоящий момент в проводимых исследованиях наблюдается переход от концепции минимизации возможного ущерба к концепции превентивной стратегии управления риском, концентрации внимания на нормальном функционировании системы и ее элементов, повышение роли систем контроля и мониторинга при управлении. В рамках вышеуказанной парадигмы приоритетная роль отводится системам контроля и мониторинга состояний системы в соответствии со сложностью и опасностью контролируемой системы.

На основе полученных данных возможно сформулировать концептуальную математическую модель системы, описывающую общее состояние системы мониторинга чрезвычайных ситуаций техногенного характера в зависимости от уровня опасности объектов мониторинга.

$$P_m \cup \{A_t \subseteq (A_n \cup B_m), B_m\},$$

где P_m – множество состояний системы мониторинга чрезвычайных ситуаций техногенного характера; A_t – множество состояний уровня опасности источника техногенного риска; A_n – множество состояний

уровня опасности внешних воздействий, обусловленных природно-климатическими условиями; B_m – множество оценок элементов системы мониторинга в зависимости от характеристик контролируемого объекта.

В рамках реализации риск-ориентированного подхода, принятой в Российской Федерации оценки состояний уровня опасности источника техногенного риска и уровня опасности внешних воздействий, обусловленных природно-климатическими условиями, предлагается использовать 6-бальную оценочную шкалу. Оценку элементов системы мониторинга в зависимости от характеристик контролируемого объекта предлагается проводить по разрабатываемому алгоритму с использованием разновидностей кривой Харрингтона [13–16].

На основе проведенного анализа и результатов исследований, выполненных другими авторами, возможно сформулировать общую задачу, а именно обосновать выбор элементов системы мониторинга с определёнными значениями B_m , при которых значение P_m не превышает значения $P_{кр}$, и стремится максимуму, где $P_{кр}$ критическое состояние системы мониторинга. Для решения данной задачи предлагается использовать общий подход, представленный на рис. 5.

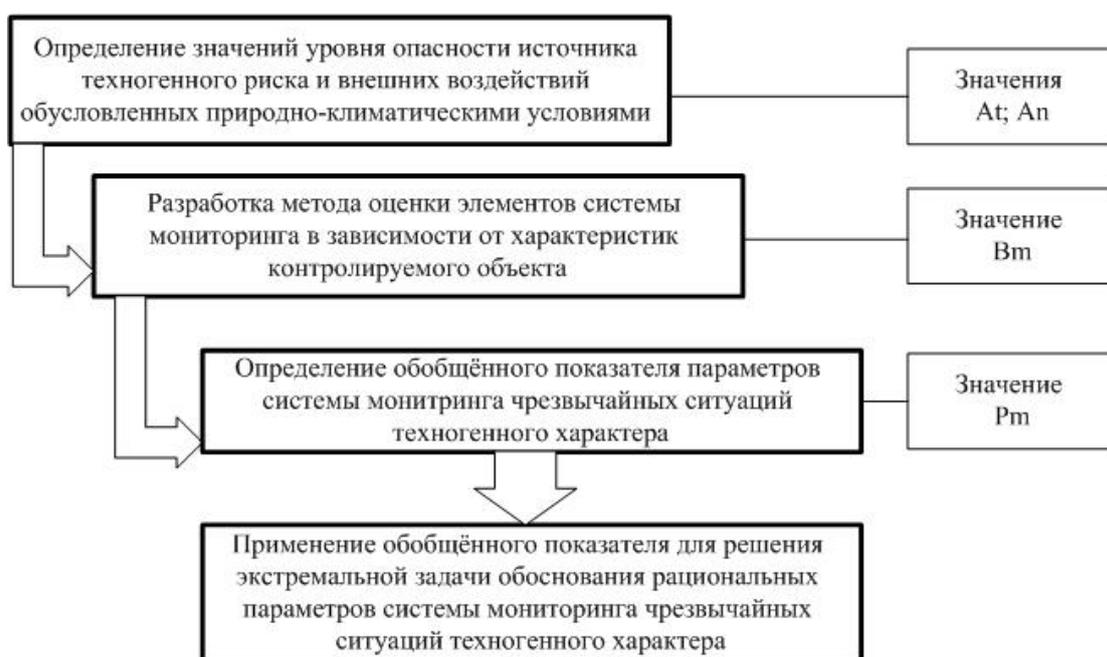


Рисунок 5 – Общий алгоритм решения задачи исследования

Одной из основных задач межведомственной комиссии является работа по внедрению и развитию систем КСОБЖН, с учетом особенностей субъектов Российской Федерации, а также проработка вопросов финансирования наиболее важных направлений комплекса. Поэтапное финансирование и реализация указанной концепции обуславливает необходимость обоснованного выбора оптимальных параметров системы, обеспечивающих наибольший эффект от внедрения на каждом этапе. Наблюдается противоречие между потребностью в повышении уровня безопасности жизнедеятельности населения за счет развития системы

мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций и сложившимися формальными процедурами, не обеспечивающими на практике возможность выбора оптимальных параметров при поэтапном построении системы, с учетом территориальных рисков.

Нивелирование данных противоречий может быть достигнуто применением новых подходов, учитывающих как региональные особенности построения системы, так и рациональное использование ресурсов в зависимости от возникающих угроз, в условиях ограниченных ресурсов.

Литература

1. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ от 31 декабря 2015 г. № 683). URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/40391>.
2. Качанов С. А., Попов А. П. О месте аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» в концепции «Умный город» // Технологии гражданской безопасности. 2019. Т. 16, № 3 (61). С. 4–9.
3. Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 № 794 (ред. от 12.10.2020) «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45914/.
4. Постановление Правительства РФ от 21 мая 2007 г. № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». URL: <https://base.garant.ru/12153609/>.
5. Приказ МЧС России от 4 марта 2011 года № 94 «Об утверждении Положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (с изменениями на 26 декабря 2019 года)». URL: <https://base.garant.ru/55171083/>.
6. Директива №2008/114/ЕС Совета Европейского Союза «О европейских критических инфраструктурах и мерах по их защите». URL: <https://base.garant.ru/70333008/>
7. ANSI/ASIS 2009. Organizational Resilience: Security, Preparedness, and Continuity Management Systems – Requirements with Guidance for Use. ANSI/ASIS.SPC.1:2009. URL: https://www.ndsu.edu/fileadmin/emgt/ASIS_SPC.1-2009_Item_No._1842.pdf.
8. Labaka L., Hernantes J., Sarriegi J. M. Resilience framework for Critical Infrastructures: An Empirical Study in a Nuclear Plant. Reliability Engineering and System Safety, 141: 92–105. 2015.
9. Cassotta S. et al. Cyber Threats, Harsh Environment and the European High North (EHN) in a Human Security and Multi-Level Regulatory Global Dimension: Which Framework Applicable to Critical Infrastructures under «Exceptionally Critical Infrastructure Conditions» (ECIC)? Beijing Law Review, 10: 317–360. 2019.
10. Pursiainen C. H. et al. Critical Infrastructure Resilience Index: in book «Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice». CRC Press, 2183–2189. 2017.
11. Holling C. S. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4 (1): 1–23. 1973.
12. Hollnagel E. Safety-I and Safety-II. The Past and Future of Safety Management. Ashgate, England, 187. 2014
13. Еремина Т. Ю., Назаров А. А. Идентификация и снижение рисков в рамках разработки комплекса «Безопасный субъект Российской Федерации» // Пожарная безопасность 2016. № 3. С. 121–129.
14. Рыбаков А. В. и др. О разработке модели мониторинга состояния системы комплексной безопасности закрытого административно-территориального образования // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2019. № 4. С. 65–69.
15. Рыбаков А. В., Назаров А. А., Мартинович Н. В. Параметрический метод определения комплексного показателя защищенности от техногенной чрезвычайной ситуации на территории ЗАТО // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2020. № 2. С. 72–79.

16. Назаров А. А., Мартинович Н. В. Мельник А. А. Определение комплексного показателя защищенности на основе исследования системы защиты населения и территории от техногенных рисков // Проблемы управления рисками в техносфере. 2020. № 2 (54). С. 94–103.

References

1. O Strategii natsional'noi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii (Ukaz Prezidenta RF ot 31 dekabrya 2015 g. № 683). URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/40391>
2. Kachanov S. A., Popov A. P. O meste apparatno-programmnogo kompleksa «Bezopasnyi gorod» v kontseptsii «Umnyi gorod» // Tekhnologii grazhdanskoi bezopasnosti. 2019. T. 16, № 3 (61). С. 4–9.
3. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 30.12.2003 № 794 (red. ot 12.10.2020) «O edinoi gosudarstvennoi sisteme preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychainykh situatsii». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45914/.
4. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 21 maya 2007 g. № 304 «O klassifikatsii chrezvychainykh situatsii prirodnogo i tekhnogennoogo kharaktera». URL: <https://base.garant.ru/12153609/>.
5. Prikaz MChS Rossii ot 4 marta 2011 g. № 94 Ob utverzhenii Polozheniya o funktsional'noi podsysteme monitoringa, laboratornogo kontrolya i prognozirovaniya chrezvychainykh situatsii edinoi gosudarstvennoi sistemy preduprezhdeniya i likvidatsii chrezvychainykh situatsii (s izmeneniyami na 26 dekabrya 2019 goda). URL: <https://base.garant.ru/55171083/>.
6. Direktiva №2008/114/ES Soveta Evropeiskogo Soyuza «O evropeiskikh kriticheskikh infrastrukturakh i merakh po ikh zashchite». URL: <https://base.garant.ru/70333008/>.
7. ANSI/ASIS 2009. Organizational Resilience: Security, Preparedness, and Continuity Management Systems – Requirements with Guidance for Use. ANSI/ASIS.SPC.1:2009. URL: https://www.ndsu.edu/fileadmin/emgt/ASIS_SPC.1-2009_Item_No._1842.pdf.
8. Labaka L., Hernantes, J., Sarriegi J. M. 2015. Resilience framework for Critical Infrastructures: An Empirical Study in a Nuclear Plant. Reliability Engineering and System Safety, 141: 92–105
9. Cassotta S. et al. 2019. Cyber Threats, Harsh Environment and the European High North (EHN) in a Human Security and Multi-Level Regulatory Global Dimension: Which Framework Applicable to Critical Infrastructures under «Exceptionally Critical Infrastructure Conditions» (ECIC)?, Beijing Law Review, 10: 317–360.
10. Pursiainen C.H. et al. 2017. Critical Infrastructure Resilience Index: in book «Risk, Reliability and Safety: Innovating Theory and Practice». CRC Press, 2183–2189.
11. Holling C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics, 4 (1): 1–23.
12. Hollnagel E. 2014. Safety-I and Safety-II. The Past and Future of Safety Management. Ashgate, England, 187.
13. Eremina T. Yu., Nazarov A. A. Identifikatsiya i snizhenie riskov v ramkakh razrabotki kompleksa «Bezopasnyi sub'ekt Rossiiskoi Federatsii» // Pozharnaya bezopasnost'. 2016. № 3. P. 121–129.
14. Rybakov A. V. et al. O razrabotke modeli monitoringa sostoyaniya sistemy kompleksnoi bezopasnosti zakrytogo administrativno-territorial'nogo obrazovaniya // Nauchno-analiticheskii zhurnal «Sibirskii pozharno-spatel'nyi vestnik». 2019. № 4. P. 65–69.
15. Rybakov A. V., Nazarov A. A., Martinovich N. V. Parametricheskii metod opredeleniya kompleksnogo pokazatelya zashchishchennosti ot tekhnogennoi chrezvychainoi situatsii na territorii ZATO // Sibirskii pozharno-spatel'nyi vestnik. 2020. № 2. С. 72–79.
16. Nazarov A. A., Martinovich N. V., Mel'nik A. A. Opredelenie kompleksnogo pokazatelya zashchishchennosti na osnove issledovaniya sistemy zashchity naseleniya i territorii ot tekhnogennykh riskov // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2020. № 2 (54). P. 94–103.