

УДК 614.844.5

georgy400@yandex.ru

**ОБ УСТАНОВКАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ  
ДЛЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ****ABOUT FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS  
FOR POWER-SATURATED EQUIPMENT**

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

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

Проведен анализ пожароопасности энергонасыщенного оборудования и существующих установок пожаротушения. Разрабатываются установки пожаротушения энергонасыщенной техники на основе двухфазного распыления огнетушащей жидкости, реализующие объемно-поверхностный способ тушения в защищаемых зонах.

*Ключевые слова:* энергонасыщенное оборудование, двухфазное распыление, низкотемпературная жидкость, установка пожаротушения, объемное тушение.

The analysis of fire hazard and existing fire extinguishing systems for energy-saturated equipment was carried out. Fire extinguishing systems of energy-saturated equipment based on two-phase spraying of fire extinguishing liquid are being developed, which implement a volume-surface method of extinguishing in protected areas.

*Keywords:* energy-saturated equipment, two-phase spraying, low-freezing liquid, fire extinguishing system, volumetric extinguishing.

Энергонасыщенная техника и оборудование – одно из основных составляющих крупной производственной компании. К таким производственным мощностям относятся: тяжелая карьерная, строительная, подземная и дорожная техника; буровые установки; тепловозы; а также другие виды гусеничных и колесных машин.

Одной из характеристик техники такого класса является наличие мощных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и высокопроизводительных гидравлических систем. Тяжелые машины часто работают круглосуточно и с крайне высокой интенсивностью. Эксплуатация в столь напряженном режиме и в условиях экстремальных температур, сильной запыленности и вибрации приводит к высокому риску возникновения критических перегрузок и перегрева уз-

лов и агрегатов, что делает энергонасыщенную технику объектом повышенной пожароопасности.

Высокая пожароопасность тяжелой техники определяется: сильно нагретыми поверхностями оборудования и высокотемпературным выхлопом ДВС; наличием большого количества разогретых горючесмазочных материалов и гидравлических жидкостей; разветвленными гидравлическими системами с высоким рабочим давлением; присутствием мощного силового электрооборудования; нахождением в пожароопасных зонах огнеопасных материалов – пыли и других загрязнений, отложений масел и смазок, а также продуктов неполного сгорания топлива. Кроме того, нередки случаи возгорания тормозных устройств и агрегатов [1].

Пожары на энергонасыщенных объектах развиваются очень быстро, что часто приводит к катастрофическим последствиям. Количество пожаров энергонасыщенного оборудования, работающего в тяжелых условиях, постоянно возрастает. Проведенные в США исследования показали, что на 20 предприятиях с общим парком в 680 карьерных самосвалов ежегодно возникает в среднем 32 пожара. За период с 1988 по 1993 гг., только по официальным данным произошло более 1,5 тысяч загораний карьерных самосвалов БелАЗ, при этом около 40 машин после пожара восстановлению не подлежат. Только на одном из предприятий Кузбасса число зарегистрированных возгораний карьерных автосамосвалов за 7-летний период в среднем составил 3 случая в год. В целом на предприятиях Кузбасса ежемесячно сгорало порядка 11–13 единиц тяжелой самоходной техники с ДВС [1, 2]. Нередки случаи травмирования и даже гибели персонала из-за пожаров на тяжелой технике. Ситуация еще более усугубляется при пожарах в подземных разработках.

Одной из главных причин такого положения является несовершенство (а иногда и полное отсутствие) противопожарной защиты на тяжелых машинах. В связи с этим, становится все более очевидной необходимость развития средств защиты дорогостоящей техники от пожаров. Правильно спроектированная и установленная система пожаротушения – это самый эффективный способ обеспечить необходимую противопожарную защиту тяжелого энергонасыщенного оборудования. В связи с этим установка бортовых систем автоматического обнаружения и тушения пожара является все более востребованной.

С каждым годом совершенствованию нормативной базы в области пожарной безопасности энергонасыщенного оборудования уделяется все больше внимания. Так этой задаче в частности посвящены: Международные директивы SPCR 183 [3] и Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных иско-

паемых [4], которые постоянно дополняются и совершенствуются. С 2019 г. в вышеуказанные Правила внесены следующие требования:

Таблица № 8. ... в подземных выработках на перегрузочных пунктах, приводных и натяжных станциях, электроподстанциях, маслостанциях должны быть установки автоматического пожаротушения.

«334. ... Моторный отсек самоходных машин с двигателями внутреннего сгорания, эксплуатируемых в подземных условиях, должен быть оснащен автономной системой пожаротушения.

...

349. Самоходные машины, эксплуатируемые в подземных условиях, должны оснащаться автономной системой пожаротушения».

Противопожарная защита тяжелых машин предъявляет высокие требования как к эффективности оборудования, так и к его долговечности. В дополнение к устойчивой работе в тяжелых условиях и при низких температурах система пожаротушения на таких объектах должна эффективно тушить пожары классов А и В как минимум.

В нашей стране и за рубежом действуют несколько крупных производителей, специализирующихся на системах пожаротушения для тяжелой техники: Amerex, Ansul, Dafo, Kidde, Fogmaker, Afex, АО НПЦ «ГСТ». Выпускаемые системы делятся на порошковые и жидкостные. Недостатки порошковых систем общеизвестны: не обеспечивают необходимый охлаждающий эффект, что может привести к повторным возгораниям; порошки проявляют склонность к комкованию и слеживанию [2]. В жидкостных системах, для обеспечения работоспособности при отрицательных температурах, чаще всего используются низкотемпературные солевые растворы на основе воды, в которые могут вводиться модифицирующие добавки, в том числе пенообразующие [5].

Низкотемпературные огнетушащие жидкости лишены недостатков порошковых составов, однако при отрицательных темпе-

ратурах эффективность пожаротушения может снижаться, поскольку вязкость жидкого огнетушащего вещества (ОТЖ) увеличивается по мере снижения температуры и увеличения концентрации соли в растворе [6], что приводит к затруднению и даже невозможности получения таких жидкостей в тонкораспыленном состоянии при их однофазном распылении без применения высоких давлений, которое и используется всеми производителями жидкостных пожаротушающих систем для тяжелой техники. Тушение в данном случае осуществляется только по поверхности, что не гарантирует успешной ликвидации пожара в условиях многообразия возможных классов и сценариев пожара, а также из-за сложной компоновки различного оборудования в защищаемой зоне.

Многочисленными исследованиями подтверждена высокая эффективность пожаротушения тонкораспыленной жидкостью [7, 8]. При достаточно высокой дисперсности распыления ОТЖ достигается эффект объемного пожаротушения [9, 10], что особенно применимо для закрытых и полужакрытых отсеков, в которых в подавляющем большинстве случаев и размещены узлы и агрегаты тяжелой техники, защищаемые противопожарными системами. Эффективность пожаротушения увеличивается с повышением скорости истечения частиц ОТЖ и дисперсности распыления жидкости, при этом указанные параметры связаны друг с другом – чем больше скорость, тем выше дисперсность [10, 11].

Высокая эффективность тонкораспыленных ОТЖ, особенно при осуществлении объемного тушения для закрытых и полужакрытых отсеков, определяется тем, что реализуются практически все механизмы прекращения горения [12].

Применение пожаротушающих систем высокого давления, порядка 10 МПа, требует наличия соответствующей аппаратуры, что вызывает значительные трудности и накладывает ограничения на их практическое использование на мобильных объектах [12]. По этим же причинам установки высо-

кого давления не используются в автономных системах пожаротушения. Высокая дисперсность вязких ОТЖ может быть достигнута без использования высоких давлений применением двухфазной технологии распыления жидкости расширяющимся газом.

#### **Описание разрабатываемых установок пожаротушения**

Разрабатываемые установки пожаротушения энергонасыщенной техники на основе технологии УДАВ (устройства динамической активации воды) в полной мере реализуют преимущества двухфазного распыления жидкости и являются уникальными среди производимых систем пожаротушения для тяжелой техники. Для обеспечения эксплуатации при отрицательных (до  $-50$  °С) температурах используются низкотемпературные огнетушащие жидкости. В качестве низкотемпературных ОТЖ применяются солевые антифризы с модифицирующими добавками.

В работах [11, 12, 13] показано, что объемное тушение в относительно замкнутых объемах может быть реализовано при объемно-поверхностном диаметре капель распыляемой ОТЖ не выше 100 мкм. Такая дисперсность при соответствующей оптимизации двухфазных распылительных устройств может быть достигнута при максимальном соотношении массовых расходов жидкости к азоту или воздуху около 40 при рабочем давлении не ниже  $\sim 1$  МПа [13].

Автономные, автоматические, модульные, комбинированные установки пожаротушения тонкораспыленной жидкостью – МУАПТВ УДАВ – обеспечивают объемно-поверхностный способ тушения в защищаемых зонах. Соотношение массовых расходов ОТЖ к азоту не превышает 37, средний размер капель не превышает 100 мкм, угол регулировки газожидкостного факела составляет от 5 до 120 градусов.

Эффективность МУАПТВ УДАВ обеспечивается как высокими изолирующим, разбавляющим, проникающим и охлаждающим свойствами тонкораспыленной жидкости, подающейся в зону горения сов-

местно с азотом, так и ингибирующим действием наноразмерных частиц солей, образующихся при испарении капель тонкораспыленной жидкости в зоне горения [14]. В [12] показано, что эффект тушения твердых материалов солевыми растворами обеспечивается, в том числе, образованием стеклообразной солевой пленки на твердой поверхности. Подача в зону горения значительного количества азота совместно с тонкораспыленной ОТЖ обеспечивает эффект комбинированного тушения.

Учитывая высокую вероятность возникновения пожаров класса В на защищаемых объектах, в применяемых ОТЖ содержится добавка пленкообразующего фторсинтетического пенообразователя обеспечивающего высокоэффективное пенное тушение. Возможность тушения электроустановок под напряжением объясняется мелкодисперсным строением газожидкостной струи. При тушении МУАПТВ УДАВ реализуются практически все механизмы прекращения горения.

В установках пожаротушения МУАПТВ УДАВ огнетушащая жидкость разгоняется и диспергируется высокоскоростным потоком азота. Полученный газожидкостный факел, в зависимости от сценария возможного пожара, может быть сформирован в виде компактной струи или в виде широкого конуса с углом раскрытия до 120 градусов, направление распыления может устанавливаться независимо для каждой форсунки.

Монтаж системы включает в себя разведение трубопроводов с двухфазными форсунками и температурных датчиков в защищаемом пространстве объекта; при этом

настраиваются оптимальные интенсивности, зоны и углы подачи ОТЖ. Разводка трубопроводов осуществляется по схеме «звезда», что обеспечивает идентичность всех трубопроводов, ведущих к распылительным форсункам и обуславливает одинаковые характеристики распыления для всех форсунок.

Кроме эффективности тушения всех основных классов пожаров (А, В, С и Е), к значимым характеристикам МУАПТВ УДАВ следует отнести: использование любых жидких огнетушащих веществ, тушение электроустановок под напряжением до 1 кВ, простоту и дешевизну обслуживания и эксплуатации; возможность многократной перезарядки и ремонта на месте установки; высокую надежность и низкую себестоимость расходных материалов: наличие автоматического, дистанционного и ручного пуска. Форсунки защищены от внутренних загрязнений и засорения сбрасываемыми колпачками. Все необходимые узлы и детали выполнены тепло- и коррозионно-стойкими.

МУАПТВ УДАВ по способу хранения сжатого газа подразделяются на баллонные и закачные. В баллонных установках (рис. 1) сжатый азот хранится в газовом баллоне высокого давления 1, выход из которого соединен с высокопроизводительным газовым редуктором 2 через быстродействующий электромагнитный клапан 3 открывающийся по сигналу панели управления 4; после редуктора азот под давлением ~1 МПа поступает в корпус с ОТЖ 5; азот и ОТЖ по системе трубопроводов поступают к распылительным форсункам 6, где формируется газожидкостный тонкораспыленный поток, который подается в защищаемую зону.

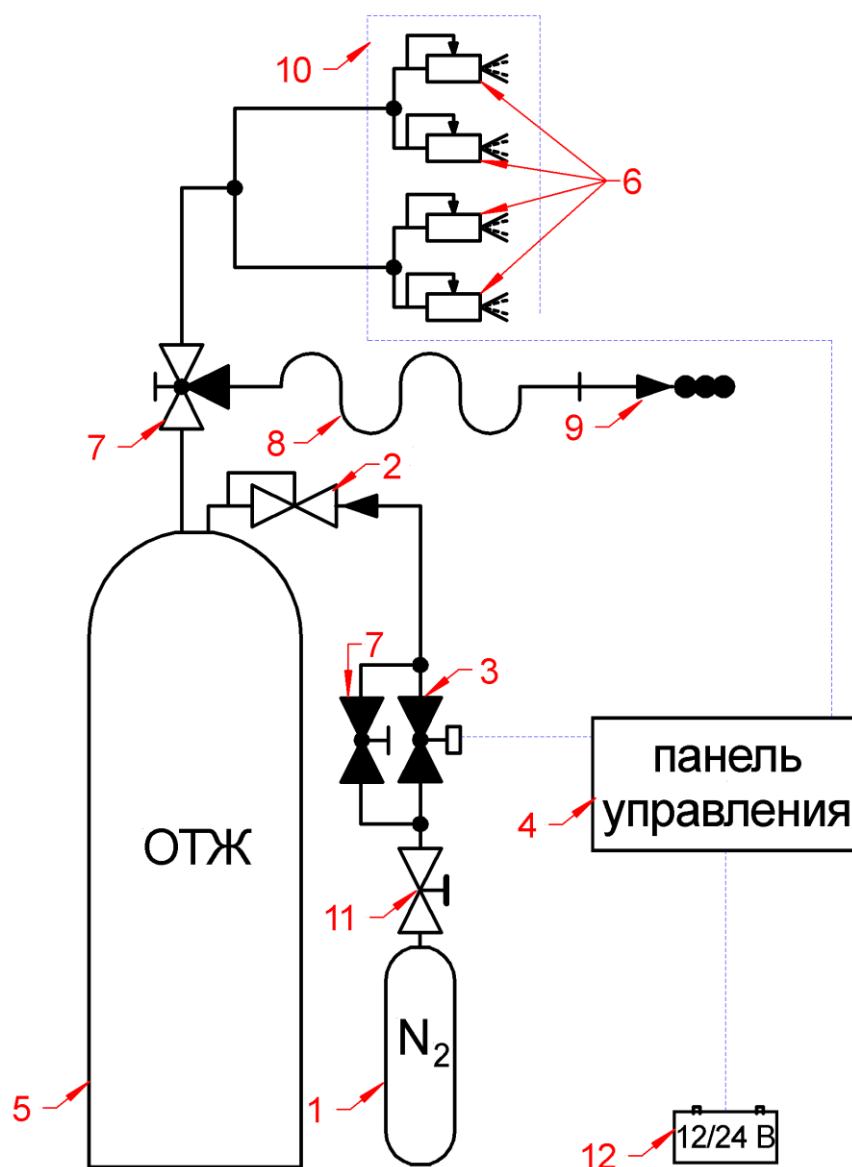


Рисунок 1. Схема МУАИПТВ баллонного типа:

1 – газовый баллон высокого давления; 2 – высокопроизводительный газовый редуктор; 3 – быстродействующий электромагнитный клапан; 4 – панель управления; 5 – корпус с ОТЖ; 6 – форсунки с регулировкой положения и угла распыла; 7 – краны с ручным приводом; 8 – выносной рукав; 9 – ручной перекрывной пожарный ствол пистолетного типа; 10 – термокабель; 11 – баллонный вентиль; 12 – источник питания

В закачных установках (рис. 2) сжатый азот под давлением ~2,5 МПа хранится в корпусе совместно с ОТЖ 1; выход из корпуса соединен с системой трубопроводов через быстродействующий вентиль с электрическим приводом 2, открывающийся по сигналу панели управления 3; азот и ОТЖ по системе трубопроводов поступают к распылительным форсункам 4, где формируется

газожидкостный тонкораспыленный поток, который подается в защищаемую зону. В корпусе закачной установки имеется газодозирующий узел (условно не показан), который при снижении давления внутри корпуса, в процессе работы установки, уменьшает соотношение массового расхода жидкости к азоту пропорционально снижению давления. Таким образом, обеспечивается

требуемая дисперсность распыления на протяжении всего времени работы закачной установки.

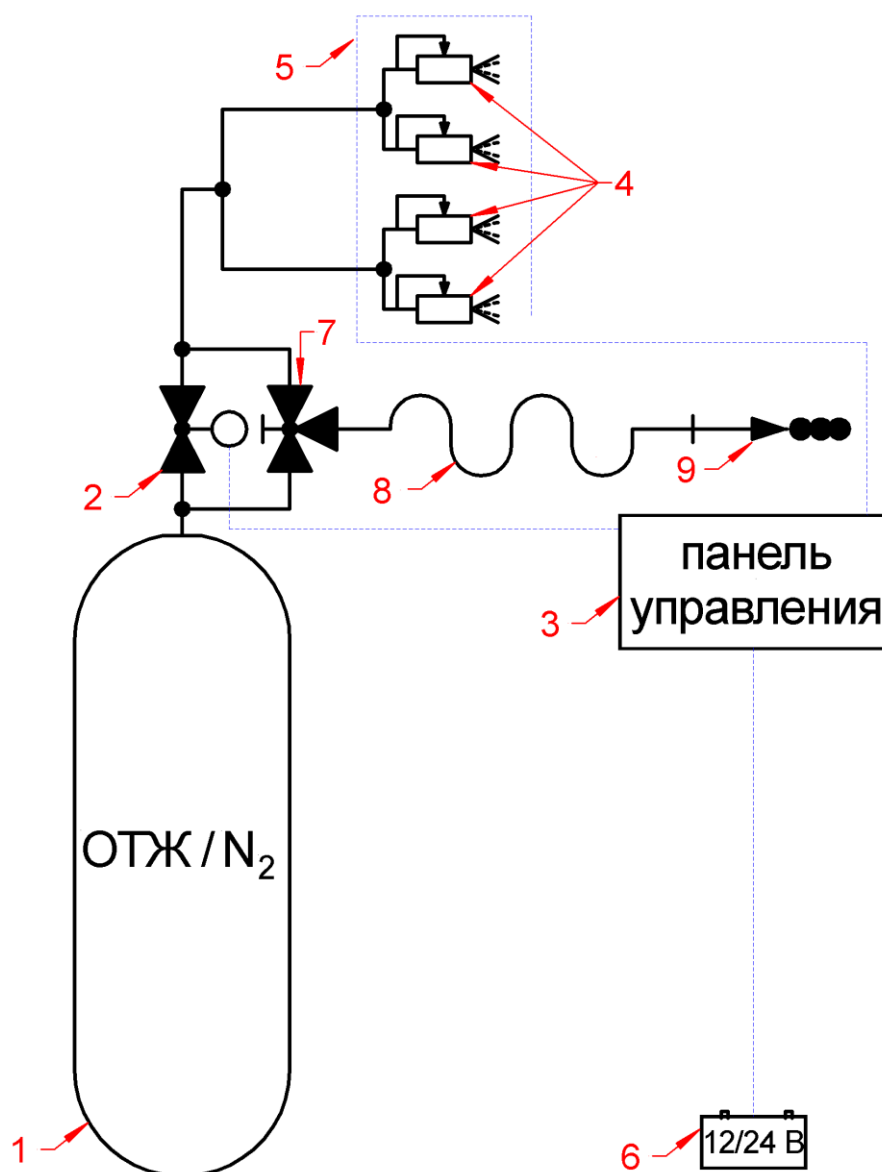


Рисунок 1. Схема МУАПТВ закачного типа:

1 – корпус с ОТЖ и сжатым газом; 2 – быстродействующий вентиль с электрическим приводом; 3 – панель управления; 4 – форсунки с регулировкой положения и угла распыла; 5 – термокабель; 6 – источник питания; 7 – кран с ручным приводом; 8 – выносной рукав; 9 – ручной перекрывной пожарный ствол пистолетного типа

Автоматический запуск установки происходит по сигналу линейного теплового извещателя – термокабеля. Порог срабатывания термокабеля может быть выбран в диапазоне от 120 до 180 °С.

За мониторинг и управление отвечает панель управления, которая монтируется в кабине оператора или другом легкодоступном месте. Панель обеспечивает автоматический запуск тушения при достижении тем-



пературы в защищаемой зоне порога срабатывания теплового извещателя. Световые индикаторы на панели сигнализируют о начале тушения, нарушении целостности термокабеля и неисправности цепей питания. В панели реализована защита при коротком замыкании и превышении напряжения источника питания. На панели также находятся тумблер принудительного дистанционного запуска тушения и кнопка прекращения подачи ОТЖ. В конструкции панели могут быть предусмотрены функция автоматического глушения двигателя и звуковая сигнализация. Питание панели управления осуществляется от аккумулятора или электросети защищаемой техники; также может быть предусмотрен резервный источник питания.

На корпусе установки имеется ручной кран 7, позволяющий осуществить руч-

ной запуск системы на пожаротушение, ручной кран позволяет переключить подачу ОТЖ на выносной рукав 8, снабженный перекрывным двухфазным стволом пистолетного типа 9 для осуществления оператором тушения вне зоны защиты МУАПТВ УДАВ.

В зависимости от защищаемого объекта, системы МУАПТВ УДАВ могут комплектоваться: различными корпусами для ОТЖ вместимостью от 4 до 100 л; различным количеством форсунок разной производительности, выносным рукавом различной длины с ручным стволом для внешнего пожаротушения. Интенсивность подачи ОТЖ варьируется в пределах 0,4–2,5 л/с.

Ниже в таблице приведены основные технические характеристики, а на рисунке 3 внешний вид (несмонтированной системы) на примере МУАПТВ УДАВ-7-3-ГЖ, закачного типа.

*Таблица. Основные технические характеристики: МУАПТВ УДАВ-7-3-ГЖ*

Наименование параметра	Значение
Объем ОТЖ, л	7±0,2
Рекомендуемый защищаемый объем, м <sup>3</sup> , не более	7
Среднее время действия, с	18
Рабочее давление в емкости, МПа	2,5±0,1
Общая снаряженная масса, без трубопроводов, кг, не более	12
Тушение очагов пожара	А, В, С, Е
Напряжение питания, В	12/24
Потребляемый ток, А, в режиме ожидания/в режиме тушения	0,01/0,2
Назначенный срок службы, лет	10



*Рисунок 3. Внешний вид (несмонтированной системы) МУАПТВ УДАВ-7-3-ГЖ, закачного типа. Выносной рукав с пожарным стволом не показан*

### **Выводы**

Проведен анализ пожароопасности энергонасыщенного оборудования и существующих установок пожаротушения.

Разрабатываются установки пожаротушения энергонасыщенной техники на основе двухфазного распыления ОТЖ, реализующие объемно-поверхностный способ тушения в защищаемых зонах.

### **Литература**

1. Павлов О. А. Разработка и внедрение средств противопожарной защиты горнотранспортного оборудования с ДВС // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. Т. 12, № 12. С. 295–309.
2. Пьянников В. П. Разработка и внедрение средств противопожарной защиты на горных предприятиях // Пожарная автоматика. Технологии и решения. 2005. С. 82–85.
3. SPCR 183. SP's Certification rules regarding. Fire suppression systems in engine compartments of buses and coaches, 2018 edition. 26 p.
4. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» (с изменениями на 21 ноября 2018 года). М., 186 с.
5. Пахомов Г. Б., Дульцев С. Н., Тужиков Е. Н. Исследование низкотемпературных растворов для пенного пожаротушения // Техносферная безопасность. 2020. № 3 (28). С. 101–107.
6. Тарима С. В., Родионов В. А. Совершенствование методов обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации транспортных средств разрезов и карьеров // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2017. № 4. С. 58–64.



7. Чэнь Л. О технологии создания водяного тумана для пожаротушения // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5, № 2. С. 197–202.
8. Odenbrett D., Sprakel D., Tober L. Fog firefighting systems in engine test cells // Halon Options Technical Working Conference. Koln, 12–14 May 1998. P. 449–458.
9. Ипатов А. Ю. Тонкораспыленная вода: правда без вымысла // Пожарная безопасность в строительстве. 2009. № 5. С. 56–59.
10. Душкин А. Л., Ловчинский С. Е., Рязанцев Н. Н. и др. Особенности пожаротушения в замкнутом объеме тонкораспыленной водой // Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26, № 3. С. 60–69.
11. Пахомов Г. Б., Дульцев С. Н., Тужиков Е. Н. Программно-аппаратный комплекс для экспериментального исследования параметров устройств с высокоскоростной подачей жидкости // Техносферная безопасность. 2020. № 2 (27). С. 107–121.
12. Душкин А. Л., Карпышев А. В., Сегель М. Д. Оптимизация параметров потоков тонкораспыленных огнетушащих веществ // Пожаровзрывобезопасность. 2010. Т. 19, № 1. С. 39–44.
13. Ципенко А. В. Теория и методы повышения эффективности противопожарных систем на воздушном транспорте: дис. ... на соискание ученой степени доктора технических наук. М., 2006. 354 с.
14. Кустов М. В., Калугин В. Д. Повышение огнетушащей эффективности истинных растворов с помощью добавок электролитов // Проблемы пожарной безопасности. 2008. № 24. С. 38–43.

### References

1. Pavlov O. A. Razrabotka i vnedrenie sredstv protivopozharnoj zashchity gornotransportnogo oborudovaniya s DVS // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). 2009. T. 12, № 12. S. 295–309.
2. P'yannikov V. P. Razrabotka i vnedrenie sredstv protivopozharnoj zashchity na gornyh predpriyatiyah // Pozharnaya avtomatika. Tekhnologii i resheniya. 2005. S. 82–85.
3. SPCR 183. SP's Certification rules regarding. Fire suppression systems in engine compartments of buses and coaches, 2018 edition. 26 p.
4. Federal'nye normy i pravila v oblasti promyshlennoj bezopasnosti «Pravila bezopasnosti pri vedenii gornyh rabot i pererabotke tverdyh poleznyh iskopaemyh» (s izmeneniyami na 21 noyabrya 2018 goda). M., 186 s.
5. Pahomov G. B., Dul'cev S. N., Tuzhikov E. N. Issledovanie nizkozamerzayushchih rastvorov dlya pennogo pozharotusheniya // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2020. № 3 (28). S. 101–107.
6. Tarima S. V., Rodionov V. A. Sovershenstvovanie metodov obespecheniya pozharnoj bezopasnosti pri ekspluatatsii transportnyh sredstv razrezov i kar'erov // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzh-by MCHS Rossii. 2017. № 4. S. 58–64.
7. Chen' L. O tekhnologii sozdaniya vodyanogo tumana dlya pozharotusheniya // Byulleten' nauki i praktiki. 2019. T. 5, № 2. S. 197–202.
8. Odenbrett D., Sprakel D., Tober L. Fog firefighting systems in engine test cells // Halon Options Technical Working Conference. Koln, 12–14 May 1998. P. 449–458.
9. Ipatov A. YU. Tonkoraspylennaya voda: pravda bez vymysla // Pozharnaya bezopasnost' v stroitel'stve. 2009. № 5. S. 56–59.
10. Dushkin A. L., Lovchinskij S. E., Ryazancev N. N. et al. Osobennosti pozharotu-sheniya v zamknutom ob"eme tonkoraspylennoj vodoj // Pozharovzryvobezopasnost'. 2017. T. 26, № 3. S. 60–69.
11. Pahomov G. B., Dul'cev S. N., Tuzhikov E. N. Programmno-apparatnyj kompleks dlya eksperimental'nogo issledovaniya parametrov ustrojstv s vysokoskorostnoj podachej zhidkosti // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2020. № 2 (27). S. 107–121.
12. Dushkin A. L., Karpyshev A. V., Segel' M. D. Optimizaciya parametrov potokov tonko-raspylennyh ogetushashchih veshchestv // Pozharovzryvobezopasnost'. 2010. T. 19, № 1. S. 39–44.
13. Cipenko A. V. Teoriya i metody povysheniya effektivnosti protivopozharnyh sistem na vozдушном транспорте // Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk, M., 2006. 354 s.
14. Kustov M. V., Kalugin V. D. Povyshenie ogetushashchej effektivnosti istinnyh rastvorov s pomoshch'yu dobavok elektrolitov // Problemy pozharnoj bezopasnosti. 2008. № 24. S. 38–43.