

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему: Исследование и обеспечение пожарной безопасности.
Комбинированные системы газовойдыного пожаротушения.

Студент

С.Г. Куликов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

к.т.н., И.И.Рашоян

руководитель

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения.....	6
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Исследование систем и методов обеспечения пожарной безопасности...	9
1.1 Исследование физико-химических основ развития и прекращения горения	9
1.2 Исследование физико-химических свойств основных огнетушащих веществ, применяемых в установках пожаротушения.....	17
1.3 Исследование нормативно-правовых актов в области защиты зданий и сооружений системами автоматического пожаротушения.....	26
2 Исследование эффективности систем пожаротушения.....	38
2.1 Классификация и принцип действия систем пожаротушения применяемых на территории РФ.....	38
2.2 Исследование зарубежного опыта применения систем пожаротушения.....	56
3 Исследование эффективности комбинированных систем газоводяного пожаротушения.....	63
3.1 Исследование принципов действия систем газоводяного пожаротушения.....	63
3.2 Определение порядка внедрения инновационных систем пожаротушения на территории РФ.....	72
3.3 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.....	83
Заключение.....	89
Список используемых источников.....	95

Введение

Актуальность диссертационной работы заключается в том, что система газоводяного пожаротушения является инновационной, требует детального исследования принципов действия, технических характеристик и определения области применения.

Объект исследования: система обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений посредством их защиты автоматическими установками пожаротушения

Предмет исследования: комбинированные системы газоводяного пожаротушения.

Цель исследования: исследование области применения и повышение эффективности работы систем газоводяного пожаротушения.

Гипотеза исследования состоит в том, что, если обеспечить на территории РФ внедрение комбинированных систем газоводяного пожаротушения, используя в качестве нормативной базы международные стандарты пожарной безопасности, данные установки могут составить альтернативу системам газового, пенного и порошкового пожаротушения и превосходить по эффективности установки водяного пожаротушения.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

- изучить физико-химические основы развития и прекращения горения,
- изучить физико-химические свойства огнетушащих веществ.
- изучить требования нормативно-правовых актов РФ в области защиты зданий и сооружений автоматическими установками пожаротушения.
- изучить характеристики и области применения распространенных на территории РФ установок автоматического пожаротушения.
- изучить зарубежный опыт в области развития систем автоматического пожаротушения.

- изучить принцип действия и характеристики установок газоводяного пожаротушения.
- определить область применения и порядок внедрения на территории РФ комбинированных систем газоводяного пожаротушения.

Методы исследования: Исследование проводилось путем изучения основ развития и прекращения горения на пожаре, разбора физико-химических свойств используемых в пожаротушении огнетушащих веществ. Изучения нормативно-правовой базы в области защиты зданий и сооружений установками автоматического пожаротушения. Проведено исследование характеристик, принципов действия и области применения используемых на территории РФ систем автоматического пожаротушения. Исследован зарубежный опыт в области развития пожарной автоматики, проведено изучение научных публикаций и интернет ресурсов производственных компаний. Проведен анализ результатов исследований систем газоводяного пожаротушения, проведенных США, Великобритании Польше и Китае. Проведен анализ международных стандартов применения установок. Проведен сравнительный анализ эффективности систем газоводяного пожаротушения и применяемых на территории РФ установок пожарной автоматики. Определена категория зданий и сооружений, для которых использование установок газоводяного тушения является более эффективным чем пенные, порошковые, газовые и водяные установки. Определен порядок внедрения на территории Российской Федерации установок газоводяного пожаротушения. Определен и обоснован порядок использования на территории РФ международных стандартов в области защиты зданий и сооружений автоматическими установками газоводяного пожаротушения.

Научная новизна исследования заключается разработке порядка внедрения системы автоматического пожаротушения, не применявшейся ранее на территории РФ и определении области ее эффективного применения.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что данные системы являются инновационными изучения и определения области применения на территории России.

Практическая значимость исследования состоит в том, что внедрение установок газоводяного пожаротушения позволит более эффективно справляться с пожарами в зданиях и сооружениях на ранней стадии развития без угрозы для жизни и здоровья людей, а также с минимальным материальным ущербом.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- использованием действующих нормативно-правовых актов в области пожарной безопасности;
- использованием в качестве зарубежных источников официальных научных статей и результатов исследований, проводимых авторитетными международными организациями в области пожарной безопасности;
- в качестве предложений по внедрению на территории РФ систем газоводяного пожаротушения, приняты положения Концепции гармонизации российских и международных нормативов, утвержденной протоколом заседания КЧС и ОПБ от 18.06.2013 №4.

Личное участие автора в проведенном исследовании заключается в определении теоретического метода исследования и составлении плана работы. Автором диссертации лично проведено изучение научных публикаций и нормативных документов по теме. На основании проведенных теоретических исследований автором были сделаны выводы о эффективности использования систем газоводяного пожаротушения и необходимости ее внедрения на территории РФ, а также выбран оптимальный порядок внедрения, основанный на анализе нормативных документов.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Результаты докладывались на следующих конференциях:

- XXVIII Международной научно-практической конференции, 30 апреля 2022 года, г.-к. Анапа.

На защиту выносятся:

- исследование физико-химических основ развития и прекращения горения,
- исследование физико-химических свойств огнетушащих веществ,
- исследование нормативных документов в области защиты зданий и сооружений автоматическими установками пожаротушения,
- исследование эффективности применяемых на территории РФ систем автоматического пожаротушения,
- исследование зарубежного опыта в области развития систем автоматического пожаротушения,
- исследование эффективности систем газоотводного пожаротушения.
- иорядок внедрения систем газоводяного пожаротушения на территории РФ.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 глав, заключения. Содержит 13 рисунков, 3 таблицы, список использованной литературы (30 источников). Основной текст работы изложен на 85 страницах.

Термины и определения

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями:

- «пожарная безопасность - состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров» [7],
- «пожар - неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства» [7],
- «меры пожарной безопасности - действия по обеспечению пожарной безопасности, в том числе по выполнению требований пожарной безопасности» [7],
- «локализация пожара - действия, направленные на предотвращение возможности дальнейшего распространения горения и создание условий для его ликвидации имеющимися силами и средствами» [7],
- «зона пожара - территория, на которой существует угроза причинения вреда жизни и здоровью граждан, имуществу физических и юридических лиц в результате воздействия опасных факторов пожара и (или) осуществляются действия по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ, связанных с тушением пожара» [7],
- «горючая среда - среда, способная воспламениться при воздействии источника зажигания» [14],
- «источник зажигания - средство энергетического воздействия, инициирующее возникновение горения» [14],
- «окислители - вещества и материалы, обладающие способностью вступать в реакцию с горючими веществами, вызывая их горение, а также увеличивать его интенсивность» [14],
- «очаг пожара - место первоначального возникновения пожара» [14],

- «пожарная сигнализация - совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения и включение исполнительных установок систем противодымной защиты, технологического и инженерного оборудования, а также других устройств противопожарной защиты» [14],
- «пожарный отсек - часть здания и сооружения, выделенная противопожарными стенами и противопожарными перекрытиями или покрытиями, с пределами огнестойкости конструкции, обеспечивающими нераспространение пожара за границы пожарного отсека в течение всей продолжительности пожара» [14],
- «пожаровзрывоопасность веществ и материалов - способность веществ и материалов к образованию горючей (пожароопасной или взрывоопасной) среды, характеризуемая их физико-химическими свойствами и (или) поведением в условиях пожара» [14],
- «прибор управления пожарный - техническое средство, предназначенное для передачи сигналов управления автоматическим установкам пожаротушения, и (или) включения исполнительных установок систем противодымной защиты, и (или) оповещения людей о пожаре, а также для передачи сигналов управления другим устройствам противопожарной защиты» [14].

Обозначения и сокращения

АППЗ – автоматическая система противопожарной защиты,

АПС – автоматическая установка пожарной сигнализации,

АУПТ – автоматическая установка пожаротушения,

ВМП – воздушно-механическая пена,

ГЖ – горючая жидкость,

ЛВЖ – легко воспламеняющаяся жидкость,

НПБ – нормы пожарной безопасности,

ОВ – огнетушащие вещества,

ОТУ – открытая технологическая установка,

ОФП – опасные факторы пожара,

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией,

СП – свод правил,

СУГ – сжиженный углеводородный газ,

ПБ – пожарная безопасность,

ФЗ – федеральный закон.

1 Исследование систем и методов обеспечения пожарной безопасности

1.1 Исследование физико-химических основ развития и прекращения горения

Во все времена пожар являлся страшной разрушительной силой, вышедший из-под контроля огонь уничтожал целые города и уносил сотни жизней. Даже сейчас в 21 веке в России ежегодно происходит около 130 тысяч пожаров, на которых погибает 7 – 9 тысяч человек. Однако эти устрашающие цифры ежегодно уменьшаются, так за последние 20 лет, количество пожаров и гибель от них сократились в 2 раза. Причинами снижения количества пожаров являются развитие инфраструктуры, снижение пожарной опасности строительных и отделочных материалов, а также развитие пожарно-технических средств.

Для того, чтобы развивать и совершенствовать средства и способы тушения пожара необходимо понимать природу и сущность процесса горения, причины его возникновения, условия развития и обстоятельства, способствующие его распространению. Только исследование физико-химических основ горения позволяют его контролировать.

Горение – это сложный физико-химический процесс, а точнее химическая реакция окисления. Главная особенность данной реакции то, что она является экзотермической, то есть протекает с выделением большого количества тепла. Следовательно, для реакции горения, как и для любой химической реакции существуют определенные условия ее протекания.

«Известно, что окисление многих горючих веществ с заметной скоростью происходит при температурах 600–800 К. Например, метан при этих температурах окисляется до метилового спирта (CH_3OH), который в дальнейшем может окисляться до альдегида (CH_2O), а альдегид до муравьиной кислоты (HCOOH)» [1].

Данные реакции – экзотермические, однако скорость выделения тепла недостаточна для протекания реакции, следовательно, для поддержания процесса окисления реагирующие вещества необходимо подогревать. Таким образом самостоятельный характер этого процесса невозможен, так как при понижении температуры веществ до температуры окружающей среды, реакция прекратится. Однако если смесь метана с кислородом нагреть выше 800 К, то скорость реакции многократно увеличится, температура реагирующих веществ поднимется до 1500 – 2000 К, что позволит реакции протекать самостоятельно и поддерживать необходимую температуру. При таких условиях в системе метан – кислород начинается реакция – горение, для ее протекания характерна большая скорость и образование продуктов полного распада.

При полном окислении вещества происходит повышение скорости реакции и выделение тепла достаточного для ее поддержания, следовательно, теперь подогревать реагирующие вещества не нужно.

Таким образом особенностью реакции горения является то, что, возникнув однажды она способна бесконечно поддерживать сама себя. Именно эта отличительная черта позволяет огню распространяться бесконечно пока в зоне реакции будет находиться реагирующее (горючее) и окислитель.

Окислителем в процессе горения не всегда является кислород. Некоторые вещества могут гореть в атмосфере хлора, фтора или окислов азота. Примером такой реакции являются горение пороха или твердого ракетного топлива. Однако самым распространенным окислителем все же является кислород. Именно с таким горением мы сталкиваемся, когда речь идет о бытовом применении огня и при возникновении пожаров.

Как известно, атмосфера земли состоит из воздуха. Воздух представляет собой смесь, на 79% состоящая из инертных газов (78% - азот, 1% иные инертные газы) и на 21% из кислорода, являющегося окислителем. Азот, являясь инертным газом не поддерживает горение и в реакции выполняет разбавителя, уменьшая ее скорость и температуру.

Максимальная температура горения – это температура среды в зоне протекания реакции, эту среду называют пламенем.

В зависимости от видов и режимов протекания реакции горение подразделяется на:

- диффузионное и кинетическое,
- дефлаграционное и детонационное,
- гомогенное и гетерогенное,
- ламинарное и турбулентное.

Скорость горения не всегда зависит непосредственно от скорости протекания реакции. Так, например, если в зону горения вещество и окислитель подаются по отдельности, то до начала реакции им необходимо перемешаться (продиффундировать), чтобы образовалась горючая среда. Тогда горение будет протекать в две фазы: диффузия и реакция. Такое горение называется диффузионным и его скорость будет зависеть от скорости диффузии.

Когда реагирующее вещество поступает в зону горения уже в смеси с окислителем, такая реакция протекает значительно быстрее, ей свойственно более полное сгорание и высокая скорость тепловыделения. Такое горение называется кинетическим.

Скорость горения также зависит от скорости передачи тепла от зоны горения к новой холодной горючей смеси, так как высокая температура в зоне протекания реакции является ее неотъемлемым условием. Когда пламя распространяется со скоростью тепловой волны посредством теплопроводности, такое горение называется дефлаграционным (нормальным).

В некоторых случаях температура в зоне горения передается посредством ударной волны, тогда скорость передачи тепла может достигать нескольких сотен метров, такое горение называется детонационным (взрывным). Такое протекание реакции обладает большой разрушительной силой и представляет серьезную опасность. Однако для его возникновения

необходимы определенные сложные условия, такие как высокая скорость химической и замкнутое пространство. Скорость распространения детонационного горения может составлять от 500 до 3000 м/с.

Еще одним условием, влияющим на характер протекания реакции горения, является агрегатное состояние реагирующего вещества. Если горючее вещество и окислитель находятся в одном агрегатном состоянии (в одной фазе), то горение называется гомогенным (однофазным). Все вышеописанные виды горения являются гомогенными. Гомогенным является не только горение газа, но и горение жидкости, так как в реакцию вступают пары горючего вещества, а также большинство случаев горения твердых горючих веществ. Воспламенение твердых веществ и материалов происходит при протекании на их поверхности физических и химических процессов, вызванных воздействием высоких температур, таких как плавление, испарение и термическое разложение. Так, например, полиэтилен при тепловом воздействии плавится, переходя в жидкое агрегатное состояние, а впоследствии расплавленное вещество испаряется и смешиваясь с кислородом воздуха образуют однофазную горючую среду. Пламенное горение древесины также является примером гетерогенного горения. При воздействии на древесный материал высокой температуры 600 - 900° С, внутри него происходит процесс термического разложения, который имеет название – пиролиз. В результате пиролиза выделяются горючие газы, основу которых составляет водород. Над поверхностью материала водород смешивается с кислородом и образует гомогенную горючую систему. При горении газа над поверхностью горючего вещества образуется факел пламени. Именно наличие пламени является отличительной чертой гомогенного горения.

Гетерогенное горение – это горение гетерогенных горючих систем, реагирующие вещества в такой реакции находятся в разном агрегатном состоянии. Примером такой реакции является тление угольного остатка древесины. В данном случае молекулы кислорода смешиваются с молекулами твердого вещества непосредственно на поверхности горючего материала.

Таким образом оно является примером диффузионного горения. В ходе реакции не образуется факел пламени, а наблюдается тление, данный вид горения также называется беспламенным. К беспламенному горению способны многие твёрдые вещества, такие как древесина, бумага, хлопок. Тление материала может происходить в том случае, если количества тепла, подаваемого на поверхность горючего вещества недостаточно для пиролиза и образования однофазной среды.

Наиболее распространенным в природе является гомогенное диффузионное горение. Протекание этого процесса связано с течением горючего газа и смешиванием его с окислителем. Так как любой поток жидкости или газа можно разделить на ламинарный и турбулентный, то и горение в зависимости от характера течения газообразной горючей среды бывает турбулентным и ламинарным. Ламинарное горение отличается ровным, однородным факелом пламени, его примером может служить горение свечи или газовой горелки.

Когда скорость и объем газоздушного потока увеличивается, он начинает закручиваться, его течение становится не равномерным и не постоянным. Характер пламени при таком потоке отличается нестабильностью и неоднородностью его факела. Примером турбулентного горения является горение газонефтяных фонтанов, верховые лесные пожары, горение резервуаров ЛВЖ и ГЖ, а также крупных штабелей древесины. Кроме того, превращение ламинарного горения в турбулентное может происходить при возникновении препятствий на пути его продвижения. Так, например, турбулизация пламени происходит при пожарах в захламленных помещениях [1].

Учитывая физико-химические основы возникновения и развития горения разработаны способы и механизмы его прекращения. Все существующие огнетушащие вещества и способы тушения пожара опираются на фундаментальные знания о происхождении горения, его видах и характере

протекания. Таким фундаментальным знанием является понимание основных условий протекания процесса горения:

- наличие горючего (реагирующего) вещества,
- наличие окислителя (в большинстве случаев это кислород воздуха),
- наличие необходимой температуры в зоне реакции (источник воспламенения).

Так называемый треугольник горения изображен на рисунке 1.

Для прекращения или предотвращения возникновения горения достаточно исключить одно из трех указанных условий его протекания. Все существующие огнетушащие вещества и способы их подачи направлены на разрушение треугольника пожара.



Рисунок 1 – Условия возникновения и поддержания горения

Основываясь на понимании природы горения были разработаны 5 принципов тушения пожара, которые являются основой пожарного дела, они

представлены на рисунке 2



Рисунок 2 – Способы прекращения горения

Все существующие в настоящий момент и разработанные в будущем огнетушащие вещества действуют на основании 5 способах ликвидации горения:

- «охлаждение зоны горения огнетушащими веществами или посредством перемешивания горючего» [3],
- «разбавление горючего или окислителя (воздуха) огнетушащими веществами» [3],
- «изоляция горючего от зоны горения или окислителя огнетушащими веществами и (или) иными средствами» [3],
- «химическое торможение реакции горения огнетушащими веществами» [3].

Первый способ прекращения горения – охлаждение зоны горения. При увеличении отвода тепла из зоны горения, температура реагирующих веществ может достигнуть значения, при котором скорость протекания реакции опускается ниже величины необходимой для продолжения реакции. Обеспечить отведение тепла из зоны горения позволяет введение огнетушащего вещества охлаждающего действия или перемешивание горючего вещества.

Вторым способом прекращения горения является разбавление. Реакция горения протекает при соблюдении необходимых условий, связанных с концентрацией реагирующего вещества и окислителя в газо-воздушной смеси. Необходимая для поддержания горения концентрации горючего вещества в атмосфере окислителя называется – стехиометрической концентрацией и для каждого вещества имеет свое пороговое значение. Для прекращения реакции достаточно снизить концентрацию окислителя или горючего вещества путем введения негорючего газа (азот, углекислый газ, водяной пар) или газовой смеси. Также остановить реакцию горения возможно разбавлением горючей жидкости до негорючей концентрации, путем разбавления ее водой.

Третий способ прекращения горения – это изоляция. Данный способ предполагает отделение горючего вещества и окислителя друг от друга. При отсутствии соприкосновения реагирующих веществ, реакция прекратится. Изоляция осуществляется путем введения в зону горения изолирующих огнетушащих веществ (воздушно-механическая пена и огнетушащие порошки), которые образуют разделительный слой на поверхности твердых горючих материалов или легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также путем создания разрывов в горючем веществе (противопожарные разрывы и создание огнезащитных полос).

И последний – пятый способ прекращения горения – это химическое торможение реакции. Как известно в химии существуют понятия катализатор – вещество, ускоряющее процесс химической реакции, и ингибитор – вещество, замедляющее процесс химической реакции. Способ прекращения

горения путем ее химического торможения заключается во введении в зону горения ингибитора, который при взаимодействии с реагирующими веществами образует негорючую смесь.

1.2 Исследование физико-химических свойств основных огнетушащих веществ, применяемых в установках пожаротушения

Все существующие системы пожаротушения основаны на подаче в очаг пожара огнетушащего вещества. Его выбор и способ подачи зависит от характеристик объекта, горючего вещества и условий развития пожара. Каждое огнетушащее вещество при попадании в очаг пожара по принципу одного, или нескольких способов ликвидации горения.

К огнетушащим веществам охлаждающего действия относятся вода и диоксид углерода (углекислота). Их действие в очаге пожара направлено на то, чтобы забрать из зоны горения необходимую для ее дальнейшего протекания температуру.

Самым распространенным и широко применяемым огнетушащим веществом является вода. Основной принцип действия воды в очаге пожара – охлаждение. Вода обладает огромной теплоемкостью забирая из зоны реакции необходимую для ее протекания температуру. Кроме того, нагреваясь до 100 С° вода переходит в газообразное состояние и увеличиваясь в объеме более чем в 1.5 тысячи раз вытесняет кислород из зоны реакции. Таким образом вода сочетает в себе два принципа ликвидации горения: охлаждение и изоляция. Еще одним неоспоримым преимуществом воды является то, что она не вступает в реакцию с большинством химических веществ.

Однако существуют горючие вещества, для тушения которых воду применять нельзя. Как правило к таким веществам относятся щелочные и редкоземельные металлы. При взаимодействии с водой данные вещества могут гореть и взрываться.

Перечень данных веществ представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Вещества, вступающие в химическую реакцию с водой

Вещество или материал	Результат воздействия воды
Азид свинца	Взрывается при увеличении влажности до 30 %
Алюминий, магний, цинк	При горении разлагают воду на водород и кислород
Гидриды щелочных и щелочноземельных металлов	Выделяют водород
Гремучая ртуть	Взрывается от удара струи
Калий, кальций, натрий, рубидий, цезий металлические	Реагируют с водой, выделяют водород
Карбиды алюминия, бария, кальция	Разлагаются с выделением горючих газов
Карбиды щелочных металлов	Взрываются
Кальций, натрий фосфористые	Выделяют самовоспламеняющийся на воздухе фосфористый водород
Нитроглицерин	Взрывается от удара струи
Селитра	Вызывает сильный взрывообразный выброс и усиление горения
Серный ангидрид	Вызывает сильный взрывообразный выброс и усиление горения
Сесквихлорид	Взрывается
Силаны	Выделяют самовоспламеняющийся на воздухе гидрид кремния
Термит, электрон	Разлагает воду на водород и кислород
Титан и его сплавы	То же
Триэтилалюминий	То же
Хлорсульфоновая кислота	Взрывается

Ограничения для применения воды в качестве огнетушащего средства существуют также по некоторым физическим характеристикам горючих веществ. Так, например, вода мало эффективна для тушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, плотность которых ниже 1000 кг/м^3 , так как горящая жидкость легче огнетушащего вещества и может гореть на ее поверхности. Жидкая вода хорошо проводит электрический ток, вследствие чего ее применение для тушения электроустановок под напряжением ограничивается величиной допустимого напряжения и способом подачи ее в очаг пожара [13].

Способ подачи воды в очаг пожара зависит от вида горючего вещества, интенсивности горения и тактических особенностей организации тушения пожара. Компактные струи воды применяются только подразделениям пожарной охраны при подаче ручных или лафетных пожарных стволов для тушения очагов интенсивного горения или охлаждения конструкций большой площади (несущие конструкции, резервуары ЛВЖ и ГЖ, открытые технологические установки). В остальных случаях наиболее эффективным способом тушения является подача воды в распыленном состоянии. За счет этого увеличивается площадь охлаждения и скорость парообразования. Распыленные струи воды позволяют снизить температуру внутри помещения, минимизировать расход огнетушащего вещества. В современных системах пожаротушения применяется тонкораспыленная вода с диаметром капель 150 – 50 мкм и водяной туман.

Вторым из наиболее распространенных огнетушащих веществ охлаждающего действия является твердый диоксид углерода. Диоксид углерода или двуокись углерода в природе находится в газообразном состоянии (углекислый газ), при использовании в установках пожаротушения может в сжатом и сжиженном состоянии. В момент перехода из сжиженного состояния при резком увеличении объема двуокись углерода переходит в твердое и напоминает собой снег. Температура этого снега – 78,5 С°. Мгновенно охлаждая нагретую поверхность углекислота, минуя жидкую фазу превращается в углекислый газ, который в свою очередь является инертным газом и не поддерживает горение. Оказавшись в очаге пожара углекислый газ вытесняет кислород изолируя реагирующее вещество от окислителя. К преимуществам двуокиси углерода как огнетушащего вещества можно также отнести то, что в зоне горения вещество находится в газообразном состоянии и не проводит электрический ток, следовательно, пригоден для тушения электроустановок под напряжением. Кроме того, воздействие газа не является губительным для внутренней обстановки зданий и помещений, что позволяет

его использовать в музеях архивах и других объектах хранения материальных ценностей [13].

Действие огнетушащих веществ изоляции основано на создании над горючим веществом плотного защитного слоя, отделяющего его от кислорода. В бытовом применении к таким веществам можно отнести песок и кошму, использующиеся в качестве первичных средств пожаротушения. В установках пожаротушения для этих целей применяются пена и огнетушащие порошки.

Наиболее распространенным огнетушащим веществом изолирующего действия является пена. Пена различают химическую и воздушно-механическую пену. В установках пожаротушения и подразделениями пожарной охраны широко используется воздушно-механическая пена.

Принцип получения пены указан на рисунке 3.

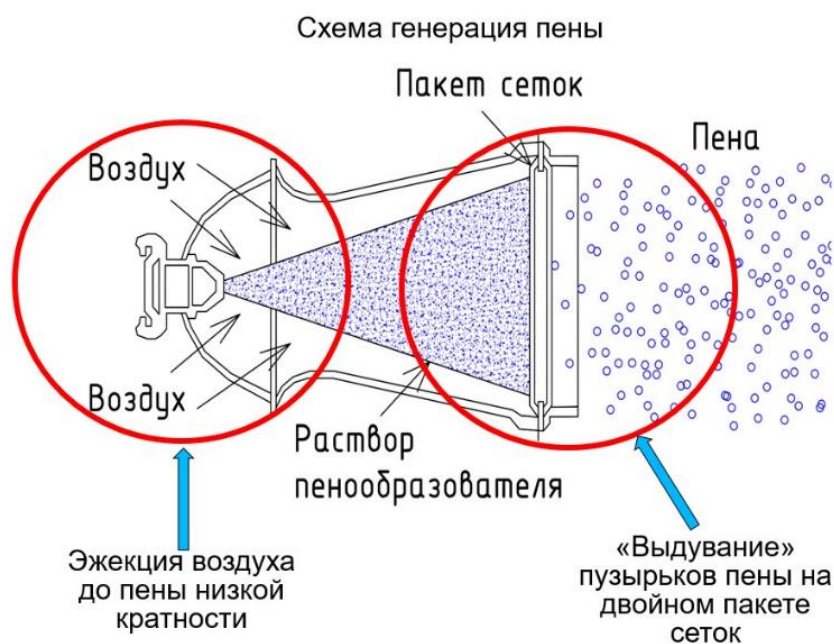


Рисунок 3 – Принцип генерации воздушно-механической пены

Для создания воздушно-механической пены используется раствор поверхностно-активного вещества (пенообразователя), подаваемый через специальный прибор (пеногенератор). Вода и пенообразователь из резервуаров подаются в пеносмеситель, где смешиваются в необходимой

концентрации, образуя раствор, после чего под высоким давлением раствор проходит через пеногенератор и насыщается воздухом, превращается в густую пену.

Соотношение объема раствора пенообразователя к объему получаемой воздушно-механической пены называют – кратность пены. Кратность пены определяется по формуле 1, согласно ГОСТ Р 50588-2012 [9].

$$K = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{р}}} \quad (1)$$

где $V_{\text{п}}$ – объем пены, дм^3 ;

$V_{\text{р}}$ – объем раствора пенообразователя, дм^3 .

В зависимости от значения показателя кратности (K), различают:

- пену низкой кратности (от 3 до 20),
- пену средней кратности (от 20 до 200),
- пену высокой кратности (выше 200).

Отличительной особенностью пены как огнетушащего вещества является то, что тушение пеной может осуществляться как по поверхности, так и объемным способом. В первом случае слой пены покрывает горючее вещество, создавая непроницаемую для воздуха шапку на поверхности, для этого применяется пена низкой и средней кратности. Таким способом тушат пожары на открытых территориях, розлив ЛВЖ и ГЖ, а также резервуары с нефтепродуктами. Во втором случае пена полностью заполняет весь объем помещения. Такой способ подачи огнетушащего вещества используется для тушения пожаров внутри зданий и сооружений. Для объемного тушения подходит пена средней и высокой кратности.

Характеристика получаемой пены зависит от прибора подачи огнетушащего вещества и от пенообразователя.

«По назначению пенообразователи различают» [13]:

- «общего назначения» [13],

- «целевого назначения» [13],
- «пенкообразующие» [13].

Основные требования к характеристикам пенообразователей изложены в ГОСТ Р 50588-2012 «Пенообразователи для тушения пожаров. Основные требования и методы испытания» [9].

Порядок применения определен рекомендациями, разработанными ФГУ ВНИИПО МЧС России «Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров» от 27 августа 2007 года [11].

Пенообразователи общего назначения предназначены для создания воздушно-механической пены средней и низкой кратности, а также применения его в качестве смачивателя при тушении пожаров в населенных пунктах. Они отличаются невысокой стоимостью и меньшей химической активностью. Эффективность получаемой пены значительно ниже чем, у пенообразователей целевого назначения [11].

Пенообразователи целевого назначения разрабатываются и производятся для тушения пожаров определённых огнетушащих веществ. Они могут создавать устойчивую пену способную сохраняться длительное время на поверхности горючих и легко воспламеняющихся жидкостей, быть устойчивой к воздействиям, как низких, так и высоких температур [11].

Пленкообразующие пенообразователи разработаны для тушения нефтепродуктов. Данный вид пенообразователя применяется при послойном тушении, когда раствор подается в резервуар ЛВЖ под слой горячей жидкости и образует на ее поверхности устойчивую пленку, предотвращающую образование паровоздушной смеси.

Огнетушащие порошки являются одним из самых универсальных веществ для тушения пожаров, так как подходят для тушения практически всех горючих веществ. Наиболее распространенным применением огнетушащих порошков являются порошковые огнетушители ОП-2, ОП-5 и т.д.

Огнетушащее свойство порошка заключается в том, что распыленный над зоной горения он осаждается на поверхности горючего вещества, создавая непроницаемый слой, предотвращающий проникновение кислорода в зону горения. Кроме того, в состав огнетушащих порошков входят вещества ингибирующие химическую реакцию.

Порошок применяется для тушения горючих газов, легко воспламеняющихся и горючих жидкостей, твердых горючих веществ, в том числе металлов, а также электроустановок под напряжением.

Подача порошка в зону горения осуществляется за счет придания ему состояния «псевдотекучести». Для этого в емкость с порошком подается воздух под высоким давлением, после чего взвесь порошка в воздухе передается по шлангам и трубопроводам к прибору подачи огнетушащего вещества.

К недостаткам огнетушащих порошков можно отнести слабое охлаждающее действие и сложность его хранения, транспортировки и подачи в очаг пожара.

Огнетушащие вещества разбавления основывают свое действие на снижении концентрации реагирующих веществ ниже порогового значения, необходимого для продолжения реакции. При поступлении в зону горения огнетушащего вещества происходит либо вытеснение кислорода и снижение его концентрации, либо разбавление газообразного реагирующего вещества (горючие газы, пары ЛВЖ и ГЖ).

к огнетушащим веществам разбавления относятся:

- азот,
- диоксид углерода (углекислый газ),
- водяной пар,
- тонко распыленная вода и водяной туман,
- хладоны.

Диоксид углерода является одним из распространенных огнетушащих веществ разбавления. Вовремя хранения и транспортировки двуокись

углерода находится в сжиженном состоянии и находится в баллонах. Сжижение углекислого газа происходит при температуре 0 С° и давлении 4 Мпа. В момент подачи углекислоты в очаг пожара, при выходе из баллона она переходит в газообразное состояние и увеличивается в объеме. Из 1 кг сжиженной двуокиси углерода получается 500 л углекислого газа [13].

Диоксид углерода используют для тушения пожаров в вычислительных центрах, книгохранилищах, трансформаторных подстанциях. Диоксид углерода является инертным газом и не поддерживает горение. Для прекращения реакции необходимая объемная доля огнетушащего вещества составляет – 30 %.

Еще одним инертным газом, применяемым в пожаротушении, является азот. Тушение азотом происходит за счет снижения концентрации кислорода в горящем помещении. Огнетушащая концентрация азота 31%. Он не опасен для человека и окружающей среды, однако запрещен для тушения ряда металлов (магния, алюминия, лития и т.д.).

Водяной пар может применяться в качестве огнетушащего вещества разбавляющего действия при концентрации в помещении не менее 35%. Пар используют для тушения относительно небольших и герметичных помещений, таких как трюмы кораблей, насосные станции, окрасочные камеры внутренние части технологических установок.

Тонкораспыленная вода при диаметре капель менее 1000 мкм при попадании в очаг пожара мгновенно превращается в пар и вытесняет кислород из зоны горения. Мелкодисперсность струи достигается подачей воды под очень высоким давлением (20 – 40 атмосфер).

«К химически активным, «хладонам» или «фреонам», относятся органические соединения с низкой теплотой испарения, в молекуле которых содержатся атомы галоидов, таких как бром или хлор. Хладон – это общее название галогензамещенных углеводородов, причем для их обозначения применяют численное обозначение, характеризующее число и

последовательность атомов углерода, фтора, хлора, брома, называемое хладоновым номером, например, CF3Br обозначают числом 1301» [13].

«Механизм огнетушащего действия химически активных ингибиторов определяется химической структурой их молекул, как правило, содержащих несколько разнородных атомов, в том числе атомы галогенов – брома, фтора, хлора, йода и один или два атома углерода, также возможно наличие атомов водорода. Если за исходную химическую единицу взять метан или этан, то на их базе может существовать большой набор соединений, отличающихся низкой температурой кипения, невысокой теплотой парообразования и негорючестью» [13].

«Аэрозолеобразующие огнетушащие составы представляют собой твердотопливные или пиротехнические композиции. Их особенность в том, что они способны гореть без доступа воздуха. Образующиеся при горении газы состоят из высокодисперсных частиц, солей и окислов щелочных металлов, обладающих высокой огнетушащей способностью по отношению к углеводородному пламени» [13].

Огнетушащий принцип действия аэрозолей идентичен принципу действия порошков. За счет большей дисперсности аэрозоли обладают большей эффективностью. Применяется огнетушащий аэрозоль в герметичных помещениях, моторных отсеках, электроустановках под напряжением. Аэрозольные огнетушащие вещества смертельно опасны для человека и не применяются в помещениях с наличием людей. Кроме того, они не эффективны для тушения тлеющих веществ и веществ способных гореть без доступа кислорода.

1.3 Исследование нормативно-правовых актов в области защиты зданий и сооружений системами автоматического пожаротушения

Автоматические установки пожаротушения являются частью системы противопожарной защиты объекта, регламентированной статьей 51

Федерального закона №123-ФЗ от 22.07.2008 «Технических регламент о требованиях пожарной безопасности» [14].

«Целью создания систем противопожарной защиты является защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий» [14].

«Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий обеспечиваются снижением динамики нарастания опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества в безопасную зону и (или) тушением пожара» [14].

«Системы противопожарной защиты должны обладать надежностью и устойчивостью к воздействию опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для достижения целей обеспечения пожарной безопасности» [14].

«Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий их воздействия обеспечиваются одним или несколькими из следующих способов» [14]:

- «применение объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара за пределы очага» [14];
- «устройство эвакуационных путей, удовлетворяющих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре» [14];
- «устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» [14];
- «применение систем коллективной защиты (в том числе противодымной) и средств индивидуальной защиты людей от воздействия опасных факторов пожара» [14];
- «применение основных строительных конструкций с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности, соответствующими требуемым степени огнестойкости и классу конструктивной

пожарной опасности зданий и сооружений, а также с ограничением пожарной опасности поверхностных слоев (отделок, облицовок и средств огнезащиты) строительных конструкций на путях эвакуации» [14];

- «применение огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций» [14];
- «устройство аварийного слива пожароопасных жидкостей и аварийного стравливания горючих газов из аппаратуры» [14];
- «устройство на технологическом оборудовании систем противовзрывной защиты» [14];
- «применение первичных средств пожаротушения» [14];
- «применение автоматических и (или) автономных установок пожаротушения» [14];
- «организация деятельности подразделений пожарной охраны.
- Состав и функциональные характеристики систем противопожарной защиты объектов устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности» [14].

Системы обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией, системы автоматического пожаротушения и противодымной защиты проектируются совместно и представляют собой единую систему пожарной автоматики зданий.

«Системы обнаружения пожара (установки и системы пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны обеспечивать автоматическое обнаружение пожара за время, необходимое для включения систем оповещения о пожаре в целях организации безопасной (с учетом допустимого пожарного риска) эвакуации людей в условиях конкретного объекта» [14].

«Системы пожарной сигнализации, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны быть установлены на объектах, где воздействие опасных факторов пожара может привести к травматизму и (или) гибели людей. Перечень объектов, подлежащих оснащению указанными системами, устанавливается нормативными документами по пожарной безопасности» [14].

«Система противодымной защиты здания, сооружения должна обеспечивать защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах от воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону, или всего времени развития и тушения пожара посредством удаления продуктов горения и термического разложения и (или) предотвращения их распространения» [14].

«Применение автоматических и (или) автономных установок пожаротушения должно обеспечивать достижение одной или нескольких из следующих целей» [14]:

- «ликвидация пожара в помещении (здании) до возникновения критических значений опасных факторов пожара» [14];
- «ликвидация пожара в помещении (здании) до наступления пределов огнестойкости строительных конструкций» [14];
- «ликвидация пожара в помещении (здании) до причинения максимально допустимого ущерба защищаемому имуществу» [14].

«Тип автоматической и (или) автономной установки пожаротушения, вид огнетушащего вещества и способ его подачи в очаг пожара определяются в зависимости от вида горючего материала, объемно-планировочных решений здания, сооружения и параметров окружающей среды» [14].

Требования к системам автоматического пожаротушения и пожарной сигнализации регламентированы статьей 83 Федерального закона №123-ФЗ.

«Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны монтироваться в зданиях и сооружениях в соответствии с проектной

документацией, разработанной и утвержденной в установленном порядке.

Автоматические установки пожаротушения должны быть обеспечены»:

- «расчетным количеством огнетушащего вещества, достаточным для ликвидации пожара в защищаемом помещении, здании или сооружении» [14];
- «устройством для контроля работоспособности установки» [14];
- «устройством для оповещения людей о пожаре, а также дежурного персонала и (или) подразделения пожарной охраны о месте его возникновения» [14];
- «устройством для задержки подачи газовых и порошковых огнетушащих веществ на время, необходимое для эвакуации людей из помещения пожара» [14];
- «устройством для ручного пуска установки пожаротушения, за исключением установок пожаротушения, оборудованных оросителями (распылителями), оснащенными замками, срабатывающими от воздействия опасных факторов пожара» [14].

«Способ подачи огнетушащего вещества в очаг пожара не должен приводить к увеличению площади пожара вследствие разлива, разбрызгивания или распыления горючих материалов и к выделению горючих и токсичных газов» [14].

«В проектной документации на монтаж автоматических установок пожаротушения должны быть предусмотрены меры по удалению огнетушащего вещества из помещения, здания и сооружения после его подачи» [14].

«Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации в зависимости от разработанного при их проектировании алгоритма должны обеспечивать автоматическое обнаружение пожара, подачу управляющих сигналов на технические средства оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, приборы управления установками пожаротушения,

технические средства управления системой противодымной защиты, инженерным и технологическим оборудованием» [14].

«Автоматические установки пожаротушения и пожарной сигнализации должны обеспечивать автоматическое информирование дежурного персонала о возникновении неисправности линий связи между отдельными техническими средствами, входящими в состав установок» [14].

«Пожарные извещатели и иные средства обнаружения пожара должны располагаться в защищаемом помещении таким образом, чтобы обеспечить своевременное обнаружение пожара в любой точке этого помещения» [14].

«Системы пожарной сигнализации должны обеспечивать подачу светового и звукового сигналов о возникновении пожара на приемно-контрольное устройство в помещении дежурного персонала или на специальные выносные устройства оповещения, а в зданиях классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.2, Ф4.1, Ф4.2 - с дублированием этих сигналов на пульт подразделения пожарной охраны без участия работников объекта и (или) транслирующей этот сигнал организации» [14].

Необходимость защиты установками автоматического пожаротушения зданий, помещений и технологических установок определяется согласно СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» [21]. При определении необходимости защиты помещений установками автоматического пожаротушения, а также при определении типа установок и применяемого огнетушащего вещества учитываются:

- «класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений и пожарных отсеков» [14];
- класс пожара по виду горючего материала;
- «категории зданий, сооружений и помещений по пожарной и взрывопожарной опасности» [14];

- «группы помещений (производств и технологических процессов) по степени опасности развития пожара в зависимости от их функционального назначения и величины пожарной нагрузки горючих материалов» [21].

«Пожары классифицируются по виду горючего материала и подразделяются на следующие классы» [14]:

- «пожары твердых горючих веществ и материалов (А)» [14],
- «пожары горючих жидкостей или плавящихся твердых веществ и материалов (В)» [14],
- «пожары газов (С)» [14],
- «пожары металлов (D)» [14],
- «пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е)» [14],
- «пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ (F)» [14].

Категории зданий сооружений и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности определяется согласно СП 12.13130.2009 [8].

Для определения интенсивности подачи огнетушащего вещества при проектировании установок водяного и пенного пожаротушения применяется классификация помещений по степени опасности развития пожара. Группы помещений согласно приложения А СП 485.1311500.2020 представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Группы помещений по степени опасности развития пожара

Группа помещений	Перечень характерных помещений, производств, технологических процессов
1	«Помещения книгохранилищ, библиотек, цирков, хранения горючих музейных ценностей, фондохранилищ, музеев и выставок, картинных галерей, концертных и киноконцертных залов, электронно-вычислительных машин, магазинов, зданий управлений, гостиниц, больниц» [21]

Продолжение таблицы 2

2	«Помещения деревообрабатывающего, текстильного, трикотажного, текстильно-галантерейного, табачного, обувного, кожевенного, мехового, целлюлозно-бумажного и печатного производств; окрасочных, пропиточных, малярных, смесеприготовительных, обезжиривания, консервации и расконсервации, промывки деталей с применением ЛВЖ и ГЖ; производства ваты, искусственных и пленочных материалов; швейной промышленности; производств с применением резинотехнических изделий; предприятий по обслуживанию автомобилей; гаражи и стоянки» [21]
3	«Помещения для производства резинотехнических изделий» [21]
4.1	«Помещения для производства горючих натуральных и синтетических волокон, окрасочные и сушильные камеры, участки открытой окраски и сушки, краско-, лако-, клееприготовительных производств с применением ЛВЖ и ГЖ» [21]
4.2	«Машинные залы компрессорных станций, станций регенерации, гидрирования, экстракции и помещения других производств, в которых обращаются горючие газы, бензин, спирты, эфиры и другие ЛВЖ и ГЖ» [21]
5	«Склады негорючих материалов в горючей упаковке. Склады трудногорючих материалов» [21]
6	«Склады твердых горючих материалов, в том числе резины, РТИ, каучука, смолы» [21]
7	«Склады лаков, красок, ЛВЖ, ГЖ» [21]

Все установки автоматического пожаротушения различаются по виду огнетушащего вещества, способу подачи его в очаг пожара и способу приведения ее в действие. Выбор наиболее эффективной и безопасной системы пожаротушения осуществляется на основании действующих нормативно-правовых актов Российской Федерации, с учетом назначения помещения, пожарной опасности веществ и материалов, находящихся в помещении или обращающихся в производстве, размеров помещения и наличие в нем людей.

Выводы по разделу 1:

- пожар – есть вышедший из-под контроля процесс горения и для успешной борьбы с огнем необходимо понимание физико-химической основы его протекания;
- все существующие огнетушащие вещества и способы тушения пожара основаны на четырех принципах прекращения горения: охлаждение, изоляция, разбавление и химическое торможение реакции;

- для каждого вида горения, в зависимости от реагирующих веществ и условий протекания реакции применяется наиболее подходящий способ его ликвидации и определённое огнетушащее вещество;
- не существует универсального огнетушащего вещества, у каждого есть преимущества, недостатки и условия при которых его применение недопустимо;
- установки автоматического пожаротушения являются частью системы обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, а их применение строго регламентировано Федеральным законом №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- необходимость защиты зданий и сооружений установками автоматического пожаротушения регламентируется сводом правил СП 4.851311500.20020;
- выбор наиболее эффективной системы автоматического пожаротушения осуществляется исходя из функционального назначения здания, пожарной опасности веществ и материалов составляющих его горючую загрузку, размеров замиряемых помещений и наличия в нем людей.

2 Исследование эффективности систем пожаротушения

2.1 Классификация и принцип действия систем пожаротушения применяемых на территории РФ

Пожарная автоматика, как отдельный вид развития науки и техники в России насчитывает почти столетнюю историю, которая берет начало в 1925 году. Именно тогда началось серийное производство первых систем пожарной автоматики. Однако первое упоминание о проекте инновационного на тот момент технического решения в области пожарной безопасности датируется 1770 годом. Именно тогда управляющим Змениногорским рудоуправлением Козьма Фролов предложил первый прототип автоматической установки пожаротушения. Она представляла из себя стационарную насосную установку с системой трубопроводов для подачи воды к оросителям. Но изобретению, предложенному Козьмой Фроловым, было не суждено воплотиться в жизнь, руководство рудоуправления заморозило проект. А первый патент на стационарную установку водяного пожаротушения был зарегистрирован в 1806 году английским изобретателем Джоном Кэри. Изобретение Кэри можно считать прототипом современной водяной установки пожаротушения. Ее конструкция включала в себя водонапорный бак и сеть трубопроводов с оросителями. Система приводилась в действие в момент перегорания протянутого внутри помещения шнура, удерживающего водяные клапаны. При их открытии вода подавалась по системе трубопроводов к оросителям. Водяной ороситель с плавким замком был разработан английским инженером Стюартом Гаррисоном в 1864 году, он срабатывал по принципу современного спринклера. В дальнейшем эта технология активно развивалась и совершенствовалась американскими учеными Генри Пармели и Фредериком Гриннелем. Первое производство автоматических установок пожаротушения запустила было запущено в Европе в 1882 году фирмой «Гриннель», а

система запорного клапана, явившаяся прототипом современного спринклера запатентована Гриннелем в 1902 году [22].

В России установки водяного автоматического пожаротушения широко оценили владельцы фабрик и заводов. В 1918 году порядка девятисот объектов промышленности были защищены установками пожаротушения. А после образования АО «Спринклер» в 1926 году их численность составляла уже более 25 тысяч предприятий [22].

Дальнейшее развитие систем и способов пожаротушения привело инженеров и ученых к разработке принципиально нового огнетушащего веществ – огнетушащая пена. Родиной пенного тушения в мире по праву считается Россия. Именно в России в 1902 году инженером А.Г. Лораном было предложено применение химической пены в качестве огнетушащего вещества. В дальнейшем именно в России были разработаны первые автоматические установки пенного тушения. В конце 20-х, в начале 30-х годов 20 века пенное пожаротушение рассматривалось именно в качестве стационарных установок и огнетушителей, а развитие пенотушения происходило по пути разработок и совершенствования рецептов изготовления пенообразователей. Установки водяного и пенного пожаротушения получили максимальное распространение во всем мире. И в настоящее время именно на долю водяных и пенных установок приходится 80% систем автоматического пожаротушения [22].

Первое предложение использовать инертный газ в качестве огнетушащего вещества было выдвинуто П. Шумлянским в 1819 году. Однако опытные образцы систем газового пожаротушения начали появляться лишь в начале 19 века. Развитие огнетушащих установок на основе инертного газа осложнялось многими факторами. Сложность в выборе наиболее эффективного вещества, реализации способа его хранения и подачи привели к тому, что газовыми установками пожаротушения защищались авиационные двигатели, электроустановки под высоким напряжением. Лишь в конце 70-х, начале 80-х годов 20 века в России было налажено производство систем

газового пожаротушения на основе хладонов. Данные системы имели способ пуска аналогичный спринклерному пожаротушению [22].

Современные установки автоматического пожаротушения можно классифицировать по следующим показателям:

- конструктивное исполнение,
- вид огнетушащего вещества,
- способ тушения,
- способ пуска [2].

Подробная классификация установок пожаротушения представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Классификация установок пожаротушения

С точки зрения способов ликвидации горения, а также принципов защиты зданий и сооружений в зависимости от их функционального назначения и пожарной опасности следует разобрать классификацию установок пожаротушения по виду огнетушащего вещества. Именно выбор огнетушащего вещества лежит в основе определения наиболее эффективной системы автоматического пожаротушения. Зависит этот выбор от функционального назначения здания или сооружения, пожарной опасности веществ и материалов, хранящихся или обращающихся в производстве, конструктивных особенностей и объемно-планировочных решений здания. Существуют следующие виды установок пожаротушения:

- водяные,
- пенные,
- порошковые,
- газовые,
- аэрозольные,
- порошковые,
- паровые [2].

Общие технические требования к современным установкам пожаротушения установлены государственным стандартом РФ ГОСТ 12.3.046-91 «Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования» [20].

Наиболее распространенными установками пожаротушения во всем мире являются традиционные водяные системы пожаротушения. Требования к проектированию и исполнению данных систем определены ГОСТ Р 50680-94 «Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний» [17]. По способу подачи огнетушащего вещества они подразделяются на спринклерные (водозаполненные), дренчерные (сухотрубные) и установки пожаротушения тонкораспыленной вавдолей. Принципиальная схема водяной установки пожаротушения представляет собой резервуар с водой, насос, узел управления и систему

трубопроводов, соединяющую их с оросителями. Спринклерная установка отличается тем, что система ее трубопроводов всегда заполнена водой. Срабатывание установки происходит в момент воздействия высокой температуры на плавкую вставку (замок) спринклерного оросителя. Такая система срабатывает непосредственно над очагом пожара. После пуска воды, датчик узла управления фиксирует падение давления в системе и посылает сигнал на включение насоса. Устройство спринклерного оросителя представлено на рисунке 5.



Рисунок 5 – Устройство спринклера

Отличие дренчерной установки состоит в том, что в данной системе не применяются замки на оросителях. В дежурном режиме установка не заполнена водой, система подводящих трубопроводов сухая. Для срабатывания установок подобного типа необходим сигнал из вне. Обычно они включены в

общую систему пожарной автоматики и срабатывают от сигналов пожарных извещателей или в режиме ручного пуска. Дренчерные установки пожаротушения отличаются большим расходом огнетушащего вещества, так как в момент ее срабатывания вода подается по всей системе независимо от места возникновения пожара. Это делает ее достаточно эффективной, но повышает косвенный материальный ущерб от воздействия чрезмерно пролитой воды. И спринклерная и дренчерная системы успешно применяются в современных системах противопожарной защиты зданий и сооружений. В частности, спринклерные установки широко применяются для защиты боксов гаражей, подземных парковок, складских и производственных зданий. Их преимуществом является точечное срабатывание над очагом пожара и минимизация ущерба от воздействия воды.

Дренчерные установки в свою очередь используются в качестве водяных завес. При помощи данных устройств производят разделений на пожарные отсеки крупных производственных и складских зданий, они часто применяются в торговых залах больших ТРК. Способ использования дренчерных завес в качестве противопожарных преград рассмотрен в СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты» [12].

С недавних пор к классическим спринклерным и дренчерным установкам пожаротушения добавился третий вид – установки пожаротушения тонкораспыленной водой. Понятие, принцип действия и основные технические требования к данным установкам регламентированы ГОСТ Р 53288-2009 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой автоматические. Общие технические требования. Методы испытания» [16].

Главным недостатком рассмотренных выше традиционных водяных установок пожаротушения заключается в значительном расходе воды и невысокой ее эффективности при ликвидации горения. Другими словами,

спринклерные и дренчерные оросители выливают в помещение огнетушащего вещества в десятки раз больше, чем необходимо для ликвидации горения. Как следствие данного факта, появляются две проблемы: увеличение материального ущерба вследствие воздействия огнетушащего вещества, а также увеличенный объем требуемого запаса огнетушащего вещества и увеличение размеров всей установки пожаротушения.

Повышение эффективности воды в установках, использующих ее тонкое распыление заключается в уменьшении диаметра капель при разбрызгивании и увеличении скорости ее разбрызгивания. При размере капель от 100 до 150 мкм вода быстрее превращается в пар, обладает большей теплоемкостью и большей изолирующей способностью. Это достигается за счет использования оросителей особой конструкции и повышения давления внутри трубопроводов.

Принцип действия установки пожаротушения тонкораспыленной водой заключается в вытеснении воды из резервуара при помощи сжатого воздуха, подаваемого под высоким давлением. Конструкция монтируется непосредственно в защищаемом помещении, и включает в себя:

- сосуд для хранения огнетушащего вещества,
- пусковой баллон с газом-вытеснителем,
- узел управления,
- систему подающих и питающих трубопроводов,
- оросители.

Данные установки предназначены для защиты небольших по площади помещений. Они абсолютно безопасны для людей и хорошо подходят для установки в помещениях для постоянного проживания и временного пребывания людей (дома, квартиры, комнаты гостиниц, палаты больниц и т.д.), помещений кухни объектов общественного питания, кают и других помещений кораблей.

Недостатками данной системы являются:

- ограниченный запас огнетушащего вещества и вытесняющего газа, которого может не хватить для полной ликвидации пожара;
- высокая стоимость комплекта;
- необходимость монтажа в защищаемом помещении.

При достаточно высокой универсальности воды как огнетушащего вещества все же существуют ограничения ее использования при тушении некоторых горючих веществ и в первую очередь это относится к легковоспламеняющимся и горючим жидкостям, плотность которых ниже 1000 кг/м^3 . Дело в том, что данные горючие и легковоспламеняющиеся жидкости легче воды и способны гореть на ее поверхности. К таким жидкостям относятся большинство горюче-смазочных материалов на основе нефтепродуктов. Следовательно, для тушения объектов хранения, транспортировки, производства и использования материалов на основе нефтепродуктов водяные установки пожаротушения не применимы. Вода как огнетушащее вещество работает в большей степени по принципу охлаждения зоны горения, а для ликвидации пожаров с воспламенением ЛВЖ и ГЖ используют изолирующие огнетушащие вещества. А наиболее распространенным веществом изолирующего действия является – воздушно-механическая или химическая пена.

Автоматические установки воздушно-пенного тушения наряду с водяными системами являются одними из самых распространенных в мире. Классификация и общие технические требования для пенных систем пожаротушения регламентированы ГОСТ Р 50800-95 «Установки пенного пожаротушения. Общие технические требования и методы испытания» [19]. Классификация установок пенного пожаротушения выглядит следующим образом:

- а) «Установки по конструктивному исполнению подразделяют на» [19]:
 - 1) «спринклерные» [19],
 - 2) «дренчерные» [19].
- б) «Дренчерные установки по виду привода подразделяют на» [19]:

- 1) «электрические» [19],
 - 2) «гидравлические» [19],
 - 3) «пневматические» [19],
 - 4) «механические» [19],
 - 5) «комбинированные» [19].
- в) «Установки по времени срабатывания подразделяют на» [19]:
- 1) «быстродействующие - с продолжительностью срабатывания не более 3 с» [19],
 - 2) «среднеинерционные - с продолжительностью срабатывания не более 30 с» [19],
 - 3) «инерционные - с продолжительностью срабатывания свыше 30 с, но не более 180 с» [19].
- г) «Установки по способу тушения подразделяют на» [19]:
- 1) «установки пожаротушения по площади» [19],
 - 2) «установки объемного пожаротушения» [19].
- д) «Установки по продолжительности действия подразделяют на» [19]:
- 1) «кратковременного действия - не более 10 мин» [19],
 - 2) «средней продолжительности - не более 15 мин» [19],
 - 3) «длительного действия - свыше 15 мин, но не более 25 мин» [19].
- е) «Установки по кратности пены подразделяют на» [19]:
- 1) «установки пожаротушения пеной низкой кратности (кратность от 5 до 20)» [19],
 - 2) «установки пожаротушения пеной средней кратности (кратность свыше 20, но не более 200)» [19],
 - 3) «установки пожаротушения пеной высокой кратности (кратность свыше 200)» [19].

Общая для всех типов установок пенного пожаротушения включает в себя емкость для воды, емкость для пенообразователя, узел управления, насос, смеситель в котором происходит дозированное смешивание раствора, система питающих и подающих трубопроводов, а также оросители или

пеногенераторы. При срабатывании системы вода под давлением по системе трубопроводов подается к смесителю, где происходит смешивание раствора пенообразователя, далее готовый раствор подается к пеногенератору. Сама пена образуется в момент смешивания раствора с воздухом при прохождении его через генератор воздушно-механической пены.

Принципиальная схема установки воздушно-пенного тушения представлена на рисунке 6.

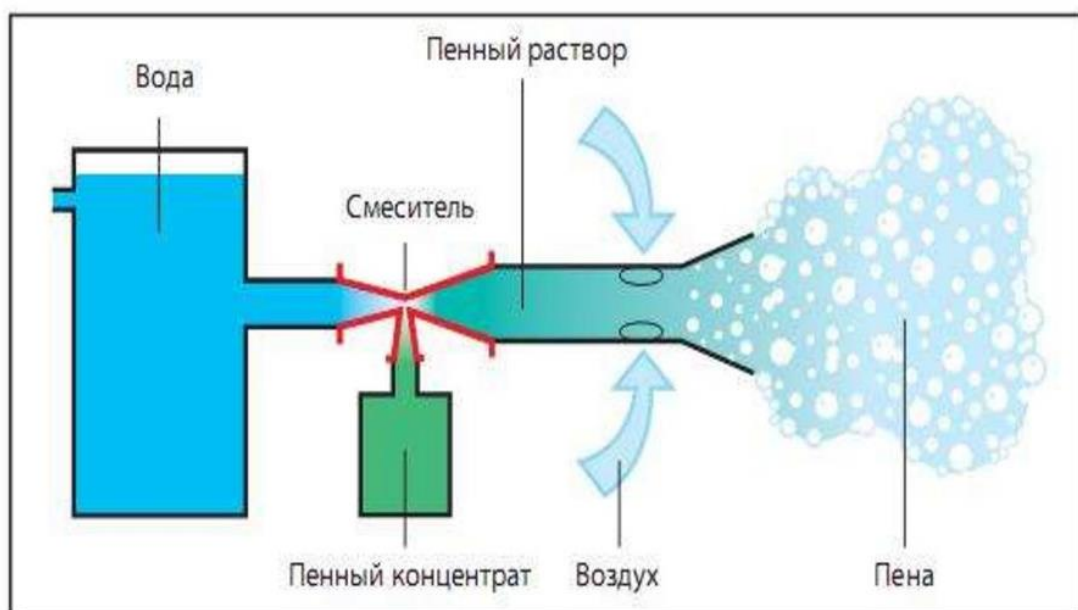


Рисунок 6 – Установка пенного пожаротушения

Установками воздушно-пенного тушения защищаются объекты хранения, переработки и использования нефтепродуктов, а также объекты транспорта. Примером данной установки является система защиты резервуаров хранения ЛВЖ и ГЖ. Данная установка представляет из себя несколько объединенных между собой генераторов пены средней кратности (как правило применяются генераторы ГПС-2000), установленных на резервуаре. Тушение пожара в таком случае осуществляется по площади, а подача пены может осуществляться как на поверхность горячей жидкости, так и подслоиным способом. При подслоином тушении генераторы воздушно-

механической пены устанавливаются у дна резервуара, а раствор пенообразователя подается непосредственно в емкость через слой горячей жидкости. Такой способ подачи позволяет ликвидировать горение в так называемых карманах – труднодоступных местах под обломками разрушенной крыши резервуара.

Для защиты лабораторий, цехов, и небольших складов ЛВЖ и ГЖ применяются спринклерные установки пенного пожаротушения. Данные установки работают по тому же принципу, что и одноименные системы водяного пожаротушения, с тем отличием, что в трубопроводах находится раствор пенообразователя. Тушение в данном случае осуществляется точечно по площади пожара, а получаемая воздушно-механическая пена имеет низкую кратность. Спринклерные установки пенного пожаротушения эффективны в тех случаях, когда количество горючих материалов в защищаемом помещении не велико, однако их тушение водой не целесообразно исходя их физических свойств.

Для защиты крупных крытых складов ЛВЖ и ГЖ, машинных залов, трюмов кораблей применяются установки объемного пенотушения. При данном способе воздушно-механическая пена полностью заполняет помещение, исключая возможность продолжения горения в любой точке его объема. В таких установках применяется пена высокой и средней кратности. Для эффективного объемного тушения пожара, защищаемые помещения должны быть закрытыми, а находящиеся в них люди должны иметь возможность покинуть их до срабатывания системы.

Автоматические установки воздушно-пенного пожаротушения прекрасно зарекомендовали себя с точки зрения надежности простоты, высокой эффективности и относительно небольшой стоимости. К достоинствам можно отнести:

- меньший расход воды при тушении, что снижает материальный ущерб;

- возможность различных способов подачи огнетушащего вещества в зависимости от характеристик и условий эксплуатации объекта;
- отсутствие необходимости герметизации помещений при объемном тушении;
- безопасность пены для человека.

Естественно, как и у любой системы у нее имеются свои ограничения и недостатки:

- большая стоимость установки и обслуживания в сравнении с водяными установками,
- невозможность использования в неотапливаемых помещениях при температуре воздуха ниже + 5С° ,
- невозможность использования для тушения горючих газов,
- невозможность использования для тушения электроустановок под напряжением,
- невозможность использования для тушения веществ и материалов, вступающих в реакцию с водой (редкоземельные и щелочные металлы).

Данные системы пожаротушения из-за своих эксплуатационных и технических характеристик получили широкое распространение в сфере нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей промышленности, на объектах транспорта так как являются идеальными для тушения ЛВЖ и ГЖ, в остальных сферах строительства и производства их не применяют.

Классификация, характеристики и основные требования к автоматическим установкам порошкового пожаротушения регламентированы ГОСТ Р 51091-97 «Установки автоматического порошкового пожаротушения автоматически. Типы и основные параметры» [15].

«По конструктивному исполнению АУПТ (ГОСТ 12.3.046) подразделяют на: модульные; агрегатные» [15].

«По способу хранения вытесняющего газа в корпусе модуля (емкости) АУПТ подразделяются на: закачные, с газогенерирующим (пиротехническим) элементом; с баллоном сжатого или сжиженного газа» [15].

«По способу тушения АУПТ подразделяют на» [15]:

- «установки объемного тушения» [15],
- «поверхностного тушения» [15],
- «локального тушения по объему» [15].

Наиболее сложными в конструктивном плане являются агрегатные установки порошкового пожаротушения. По своей конструкции они напоминают дренчерные системы. Конструкция таких установок включает в себя: емкость с порошком, сеть трубопроводов, распылители и узел управления. Данная система приводится в действие при срабатывании автоматической пожарной сигнализации, после чего порошок из емкости хранения подается к распылителям. Придание порошку состояния «псевдотекучести» осуществляется за счет подачи в емкость хранения сжатого газа. Агрегатные системы пожаротушения являются наиболее дорогими и сложными в обслуживании. Такие системы применяются в цехах и хранилищах крупных предприятий.

Наиболее распространенными в последние годы являются модульные установки порошкового пожаротушения. Данное оборудование может устанавливаться как отдельно для защиты технологической установки, станка, или штабеля открытого хранения товарно-материальных ценностей, так и объединяется в единую систему, с побуждением от сигнала срабатывания АПС.

Установка модульных систем пожаротушения не требует прокладки трубопроводов и установки дорогостоящих блоков управления. Существуют отдельные модули, устанавливаемые над защищаемым участком и срабатывающие от воздействия пламени.

Тушение порошком может проводиться как объемным способом, так и по площади. При объемном тушении помещение полностью заполняется облаком

огнетушащего вещества. Тушение по площади осуществляется путем рассыпания огнетушащего вещества на горящую поверхность и создание над ней непроницаемого для кислорода слоя.

Огнетушащий порошок не прихотлив к условиям хранения, что делает модульные установки пригодными для использования вне зданий для защиты открытых технологических установок и мест открытого хранения.

Основным преимуществом огнетушащего порошка является его универсальность. Он подходит для тушения всех классов пожаров. В первую очередь огнетушащие порошки используются для тушения веществ и материалов в составе которых присутствуют фосфорно-калийные соли, хлориды щелочных металлов, так как использование воды для этих целей категорически запрещено. Устройство порошкового модуля представлено на рисунке 7.



Рисунок 7 – Устройство порошкового модуля

Порошковые системы пожаротушения хорошо подходят для тушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Модульные порошковые установки не редко применяются для защиты колонок на автозаправочных станциях. Распыленный в воздухе порошок не проводит электричество, поэтому подходит для тушения электроустановок под высоким напряжением.

Область применения установок порошкового пожаротушения достаточно велика:

- хранилища библиотек и музеев,
- закрытые и открытые склады товарно-материальных ценностей,
- цеха с дорогостоящим электронным оборудованием,
- склады ГСМ,
- производственные цеха.

При всей универсальности огнетушащего порошка, основным его недостатком является его негативное воздействие на организм человека при вдыхании. Это делает невозможным его применения в жилых и общественных зданиях, и в помещениях покинуть которые до начала срабатывания системы невозможно. Кроме при объемном тушении в зданиях помещения должны быть герметичны, а система вентиляции отключена. Еще одним недостатком порошковых систем пожаротушения их неэффективность при тушении веществ и материалов способных тлеть при отсутствии или низкой концентрации кислорода.

Порядок оборудования системами газового пожаротушения, основные технические требования и требования безопасности при их эксплуатации регламентированы ГОСТ Р 50969-96 «Установки газового пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытания» [18].

Суть метода газового пожаротушения заключается в заполнении объема горящего помещения негорючим газом. По виду воздействия на очаг пожара в газовых установках пожаротушения применяются:

- инертные газы (двуокись углерода, азот и т.д.),
- ингибирующие газы (хладоны).

Инертные газы снижают концентрацию кислорода в помещении, работая по принципу разбавления горючей среды и изоляции. Хладоны попадая в зону горения уменьшают скорость протекания реакции, реализуя при этом способ химического торможения.

Тушение пожара в объеме помещения происходит уже через 10-60 секунд после срабатывания установки. Скорость тушения зависит от выбора огнетушащего газа. При этом данный вид пожаротушения максимально безопасен любых материальных ценностей.

По способу содержания газа в установке различаются системы со сжатым и со сжиженным газом. Хладоны как правило содержатся в сжиженном состоянии, емкости для его хранения более компактные, а инертные газы – азот и аргон хранятся в сжатом состоянии. Двуокись углерода может храниться как в сжатом, так и в сжиженном состоянии.

По конструктивному исполнению различают установки с центральным резервуаром, а также модульные комплексы пожаротушения.

Схема конструкции установки газового пожаротушения представлена на рисунке 8.

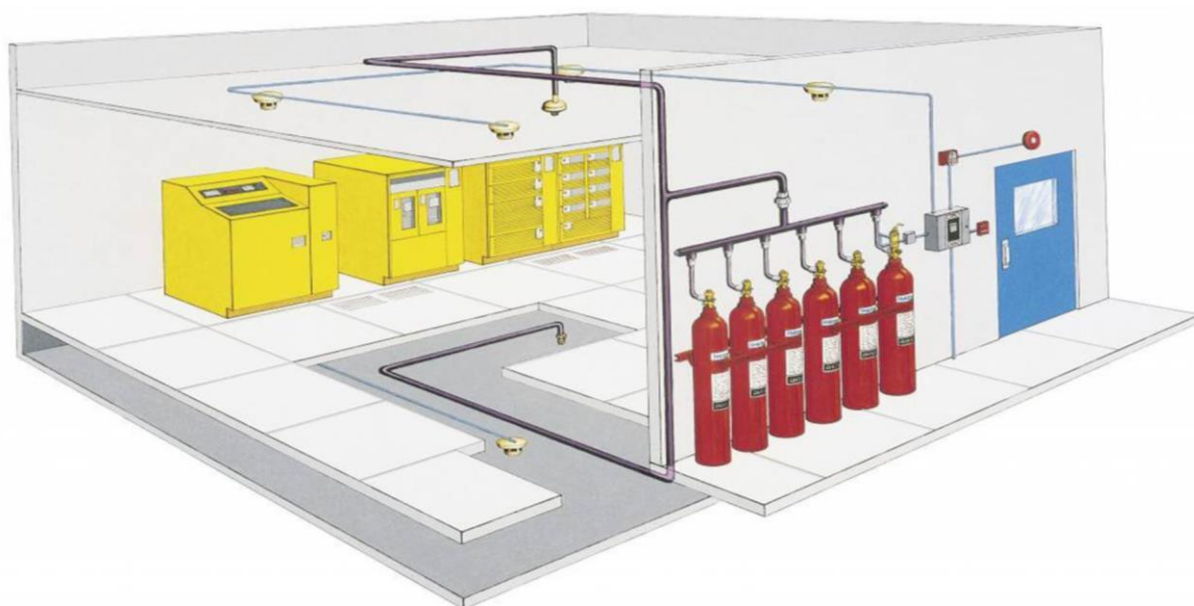


Рисунок 8 – Установка газового пожаротушения

Принципиальная схема установки газового пожаротушения включает в себя:

- емкость со сжатым или стуженным газом,
- систему трубопроводов,
- блок управления,
- форсунки подачи газа.

Основными достоинствами установок автоматического газового пожаротушения являются высокая скорость, прекращения горения и абсолютной безопасности огнетушащего вещества для веществ и материалов, находящихся в помещении. Однако стоимость и характеристики газовых огнетушащих систем во многом зависят от вида используемого газа.

«В настоящее время популярными огнетушащими газовыми веществами (ГОТВ) являются» [4]:

- «3М Novac 1230 (ФК-5-1-12) $CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$ » [4],
- «Хладон 227ea (HFC-227ea, FM-200) C_3F_7N » [4],
- «Хладон 125 (HFC-125) C_2F_5N » [4],
- «Хладон 318Ц C_4F_8 » [4].

Novac 1230 считается наиболее эффективным и безопасным, он удобен при транспортировке, имеет большой срок службы и не нуждается в перезарядке. Недостатком является высокая цена.

Хладон 227 безопасен для удобен в транспортировке и хранении, имеет невысокую стоимость. Срок службы менее 15 лет, требует регенерации.

Хладон 125 имеет невысокую стоимость, но опасен для человека имеет низкий срок эксплуатации, низкий коэффициент заправки.

Хладон 318Ц безопасен, имеет высокий коэффициент заправки, но низкий срок эксплуатации и высокую цену.

Общими преимуществами установок газового пожаротушения можно считать:

- высокую скорость и эффективность тушения пожара,

- универсальность при тушении всех классов пожаров,
- безопасность для всех видов материальных ценностей,
- безопасность для высокоточной электронной и вычислительной техники,
- возможность тушения электроустановок под высоким напряжением.

Есть у систем газового тушения ряд серьезных недостатков, не позволяющих использовать их повсеместно:

- не все ингибиторы безопасны для человека, а применение многих инертных газов снижает содержание кислорода, что затрудняет дыхание;
- высокая стоимость установки и обслуживания,
- не возможность использования на открытой территории,
- эффективность только в герметичных помещениях при отключенной системе вентиляции,
- для защиты помещений большого объема сложность и громоздкость конструкции.

Исходя из достоинств и недостатков газовых установок определена область их применения. Данные установки широко применяются в хранилищах музеев, банков и архивов. Системами газового пожаротушения защищают объекты использования дорогостоящей высокоточной техники. Кроме того, газовое пожаротушение используют в небольших помещениях сложной планировки, таких как кабельные каналы и тоннели.

В настоящий момент в Российской Федерации широко применяются автоматические установки водяного, пенного, газового и порошкового пожаротушения. Технические требования ко всем применяемым системам регламентированы соответствующими ГОСТ. Для каждого вида автоматического пожаротушения определена своя область применения исходя из физико-химических свойств огнетушащих веществ, способов его подачи, особенностей эксплуатации системы и ее стоимости.

На сегодняшний день не представляется возможным открыть новый принцип ликвидации горения или разработать совершенно новое огнетушащее вещество, однако развитие технологий производства позволяет пересмотреть существующие механизмы подачи огнетушащих веществ.

2.2 Исследование зарубежного опыта применения систем пожаротушения

Технологии пожаротушения во всем мире развиваются параллельно, и каждая из развитых стран вносит свою лепту в мировой опыт борьбы с огнем. Теория и практика пожаротушения опирается на одни и те же фундаментальные знания о процессах горения, принципах и способах его прекращения. Во всем мире используются одни и те же огнетушащие вещества: вода, пена, порошок, инертный газ. Современные технологии производства позволяют совершенствовать способы подачи вещества в очаг пожара, повышая их эффективность и безопасность.

Иногда работа над совершенствованием одного способа тушения пожара позволяет разработать принципиально новый. Так произошло с комбинированной системой газовой водяного тушения или как ее называют за рубежом «Гибридная система подачи водяного тумана». Изначально сжатый газ рассматривался как способ подачи воды в очаг пожара тонкораспыленной воды под высоким давлением, однако впоследствии подобная технология переросла в самостоятельную универсальную и эффективную систему пожаротушения.

На 9-й международной конференции по способам тушения пожара водяным туманом – «9th International Water Mist Conference», состоявшейся в сентябре 2009 года в Лондоне, был представлен на рассмотрение новый международный стандарт для гибридных систем пожаротушения – FM 5580 «Approval Standard for Hybrid (Water and Inert Gas) Fire Extinguishing Systems» [24].

Когда был первоначально разработан Стандарт одобрения FM класса 5560, «Approval Standard for Water Mist Systems» для систем пожаротушения водяным туманом, тонкораспыленная вода рассматривалась как единственное огнетушащее вещество. Сжатый воздух выполнял функцию насоса в двухконтурной системе подачи водяного тумана. Однако по мере развития данных систем пожаротушения в качестве побудителя все больше стали применять инертный газ. По мере увеличения количества применяемого в установке инертного газа, он все больше участвовал в ликвидации горения. Поскольку требования к уровню безопасности и продолжительности выброса для систем водяного и газового тушения сильно различаются, крайне важной задачей стало оценить характеристики пожаротушения таких установок, чтобы определить, относятся ли такие системы к категории водяного тумана, газовых или гибридных систем. Если выпускаемый инертный газ и водяной туман могут независимо тушить пожар, предполагалось, что комбинированный выпуск инертного газа и водяного тумана сократит процесс тушения пожара. Поэтому такие «гибридные системы» требуют иных подходов к уровню безопасности и продолжительности тушения. Кроме того, для нового типа установок пожаротушения необходимо установить общие технические требования и методы испытания [24].

На конференции были представлены итоги исследования, проведенного FM Global, с целью выделения гибридных газовойдных систем пожаротушения в отдельную категорию и определения для них оптимальных по безопасности и эффективности условий работы. На основании итогов проведенного исследования был разработан международный стандарт – FM 5580 «Approval Standard for Hybrid (Water and Inert Gas) Fire Extinguishing Systems», утвержденный в 2012 году [23].

Свои исследования в изучении гибридных установок пожаротушения проводись в США и Канаде. Примерно в 1996 году коммерческий интерес к сочетанию водяного тумана и газообразных средств подавления возрос. Было установлено, что как разбавление паров топлива, так и вытеснение кислорода

будут увеличены при добавлении инертного газа в систему водяного пожаротушения. В тоже время Военно-морской флот Соединенных Штатов проводил исследования на эту тему. По завершении исследования было обнаружено, что комбинация водяного тумана с галогенуглеродными агентами наиболее эффективна. В этом сочетании водяной туман охлаждал газы перед применением огнетушащего газа, который использовался для вытеснения кислорода [28].

В 1996 году Чжиган Лю и Эндрю К. Ким, рассматривая автономный водяной туман, исследовали гибридную систему, которая была обозначена как «Водяной туман с добавками». Авторы заявили, что добавки к системе водяного тумана, такие как инертный газ, могут повысить эффективность тушения только водой. Однако также упоминалось, что, если подача воды в очаг прекращается, эффективность газового тушения будет снижена [27].

Помимо отмеченных выше пунктов, количество доступной литературы по гибридным системам водяного тумана до последних лет было скудным. Однако в последнее время гибридная система водяного тумана вызывает все больший интерес благодаря своей универсальности и эффективности.

Национальная ассоциация противопожарной защиты недавно установила использование гибридных систем пожаротушения и их растущую популярность на рынке систем пожаротушения. Национальная ассоциация противопожарной защиты NFPA (National Fire Protection Association) заказала у «Исследовательского фонда противопожарной защиты» исследование существующую литературу по этим системам, поскольку NFPA не уверена, как обращаться с этими новыми системами, например, следует ли группировать новые системы в соответствии с действующими кодами NFPA или создать новый документ для гибридных систем пожаротушения. В настоящее время NFPA имеет два действующих стандарта, которые охватывают системы пожаротушения тонкораспыленной водой – NFPA 750 «Standard on Water Mist Fire Protection Systems 2006 Edition» [30] и системы газового тушения – NFPA 2001 «Standard on Clean Agent Fire Extinguishing

Systems» [29]. Оба документа охватывают каждый отдельный компонент, воду и инертный газ. Однако эти два стандарта не устанавливают требования, для применения воды и инертного газа в единой установке.

В проведенном по заказу NFPA исследовании были рассмотрены технические характеристики установок газового, водяного и газовойодяного пожаротушения, а также с и проведена экспериментальная оценка эффективности всех трех систем в приведенных к единому стандарту лабораторных условиях. На основании проведенного исследования было принято решение выделить гибридные установки пожаротушения на основе тонкораспыленной воды и инертного газа в отдельную категорию систем противопожарной защиты и разработать для их безопасного использования собственный стандарт – NFPA 770 «Standard on Hybrid (Water and Inert Gas) Fire-Extinguishing Systems».

Поскольку концентрации кислорода, наблюдаемые при тушении, четко различали три системы, было решено, что это идеально подходит для определения классификации системы.

Система пожаротушения инертным газом была классифицирована как система, которая снижает концентрацию кислорода в зоне горения до менее чем 12,5%.

Двухжидкостная система, которая снижает концентрацию кислорода на сухой основе до более чем 16 процентов.

Гибридная система - это система, которая снижает концентрацию кислорода в диапазоне от 12,5 до 16 процентов.

Как только система определяется как гибридная система, система должна соответствовать соответствующим требованиям, изложенным в стандарте FM Approvals 5580, а не традиционному водяному туману или инертному газу.

Минимальная продолжительность подачи огнетушащего вещества для гибридной системы была установлена на уровне не менее 10 минут с добавлением коэффициента безопасности для систем, время тушения которых

превышает 5 минут на все необходимые тесты. Время тушения также не может превышать 8 минут для любого испытания на огнестойкость для включения в список по стандарту FM Approvals 5580 [28].

По сравнению с установками газового и водяного тушения было отмечено, что гибридная система отличается с точки зрения предлагаемого коэффициента безопасности огнетушащего вещества, времени тушения и времени разряда. Для газовых систем требуемое время тушения составляет 60 секунд при коэффициентах безопасности вещества 20% для CO₂ и 20-30% для инертных газов и времени разрядки 10 минут. Для систем водяного тумана не требуется время тушения или запас прочности вещества. Время выброса водяного тумана в два раза превышает время тушения или 10 минут.

Факторы безопасности газа и время разрядки системы, аналогичны газовым установкам, однако они значительно отличаются от требований к системе водяного тумана, которые не требуют коэффициента безопасности инертного газа из-за характера системы. Время выброса водяного тумана также в два раза превышает время тушения или 10 минут [28].

В сентябре 2019 года в электронном журнале «Plos One» была опубликована статья Хунвэй Лю и Фей ВанВ «Research on N₂-inhibitor-water mist fire prevention and extinguishing technology and equipment in coal mine goaf» [25], в которой представлены итоги исследования эффективности тушения пожаров в угольных шахтах при помощи гибридной системы газовойодяного тушения.

В этом исследовании для решения проблемы предупреждения и тушения пожаров в выработанном пространстве угольной шахты предложена технология ингибиторно-водяного тумана. Разработано и изготовлено соответствующее оборудование. При условии, что как давление газа, так и давление жидкости составляли 0,5–2 МПа, гибридная установка производила водяной туман со средним диаметром капель в диапазоне 166–265 мкм.

Экспериментальные результаты рабочих параметров гибридной газовойодяной установки соответствовали теоретическим выводам. В качестве

теоретического руководства по этой технологии было принято использовать теорию двухфазного распыления. После этого на базе оборудования НИВМ были проведены эксперименты по торможению низкотемпературного (30–100°C) тления и тушению высокотемпературного горения большого количества угля. Водяной туман с диаметром капель 188 мкм имел хорошую диффузионную способность в шахте. Ингибирующее действие N_2 в сочетании с водяным туманом было значительно выше при ликвидации тления угля было явно больше, чем у одного огнетушащего вещества. Водяной газодляная смесь полностью погасила горящий уголь за 20 минут.

Добавление водяного тумана решило недостаток плохого охлаждающего действия инертного газа. На разных стадиях угольно-кислородной реакции, ингибитор и водяной туман играют очень разную роль в управлении процессом горения угля. Сочетание азота и водяного тумана следует определять в зависимости от состояния пожара в выработанном пространстве угольной шахты.

На основании выводов исследований была разработана натурная схема размещения средств пожаротушения и предотвращения пожара в пространстве угольной шахты. Результаты исследований подтвердили целесообразность и эффективность этой технологии [25].

Подобные исследования также проходили в Военно-морском технологическом центре безопасности и живучести в Вашингтоне и во многих других отраслях промышленности и строительства в разных странах мира. Повсюду гибридную газодляную систему пожаротушения сравнивают с газовым пожаротушением и с установками водяного тумана, ведь поистине их действия во многом схожи. Однако во всех подобных экспериментах инновационная система показывает высокую эффективность, обусловленную сочетанием действий двух огнетушащих веществ.

Мировые производители, такие как Victaulic и Ansul активно разрабатывают и совершенствуют комбинированные системы с применением тонкораспыленной воды и азота, которые были представлены широкой

публике как гибридные системы пожаротушения. Эти системы в настоящее время перечислены в соответствии с новым стандартом, установленным FM Approvals, FM Approvals Standard 5580 Стандарт для гибридных систем пожаротушения (Вода и Инертный газ), ноябрь 2012 г. [23].

Выводы по разделу 2:

- установки автоматического пожаротушения классифицируются по конструктивному исполнению, виду огнетушащего вещества, способу тушения и способу пуска;
- в настоящий момент в мире существует и успешно применяется 5 основных типов систем автоматического пожаротушения: водяное, пенное, порошковое, газовое и аэрозольное;
- выбор оптимальной системы для защиты здания или сооружения определяется исходя из его функционального назначения, категории по взрывопожарной опасности, конструктивных и объемно-планировочных решений;
- совершенствование способов подачи огнетушащего вещества в очаг пожара для водяных установок пожаротушения привело к появлению принципиально новой комбинированной системе газоводяного тушения;
- в настоящий момент в мире активно ведутся исследования эффективности применения газоводяных систем, и разрабатывается нормативно-техническая документация, регулирующая их применение.

3 Исследование эффективности комбинированных систем газовой пожаротушения

3.1 Исследование принципов действия систем газовой пожаротушения

Международные компании, в поисках новых решений в области стационарных установок пожаротушения привлекают все больше средств. Широкий ассортимент противопожарных систем должен быть разработан с учетом потребностей заказчиков. В настоящий момент в мире широко распространены водяные (спринклерные и дренчерные) установки, а также системы газового тушения, на основе двуокиси углерода, азота, аргона и т.д.

Использование соответствующего огнетушащего вещества и выбор правильной установки гарантируют тушение пожара в его начальной фазе, что ограничивает потери. Каждая система имеет преимущества и недостатки в своем применении.

Стационарные спринклерные установки пожаротушения получили наиболее широкое распространение всем мире. Причиной тому является их высокая эффективность, относительно не высокая стоимость, простота эксплуатации и доступность огнетушащего вещества.

Однако вода не является универсальным огнетушащим веществом. Там, где вода неэффективна, используются огнетушащие газы. Проектирование и установка газовых систем пожаротушения значительно дороже и сложнее, чем водяных. Такие решения предназначены в основном для защиты архивов, лабораторий и серверных помещений. Дополнительным преимуществом огнетушащих газов является отсутствие проводимости электрического тока и низкие потери при пожаре.

Комбинированные (гибридные) установки пожаротушения – это новейшее применение в области стационарных систем автоматического пожаротушения. Назначение системы предназначено для небольших или

средних помещений, например, компьютерных серверных комнат. Сочетание огнетушащих свойств инертного газа и водяного тумана обеспечивает более эффективное пожаротушение, чем системы, основанные только на инертном газе или воде. Интерес к гибридным системам постоянно растет, но до сих пор не создан стандарт, который мог бы официально запустить новую эру стационарного пожаротушения оборудование. Отсутствие единого стандарта и методик испытания не позволяют в настоящий момент проводить объективные сравнения инновационной газовойодяной системы пожаротушения с проверенными установками, широко распространенными во всем мире [26].

В настоящее время на рынке гибридных систем доминируют несколько компаний. Сконструированные головки в объемном соотношении 50/50 используют инертный газ и воду. На рисунке 9 показано поперечное сечение гибридного сопла и его фактический вид. Важным отличием является способ подачи огнетушащего вещества к соплу. Решение Ansul и Victaulic заключается в прокладке двух независимых линий подачи. Притакрой схеме газ и вода смешиваются непосредственно на выходе из сопла. Siemens использовала одну линию подачи, в которой инертный газ дополнительно приводит в движение воду.

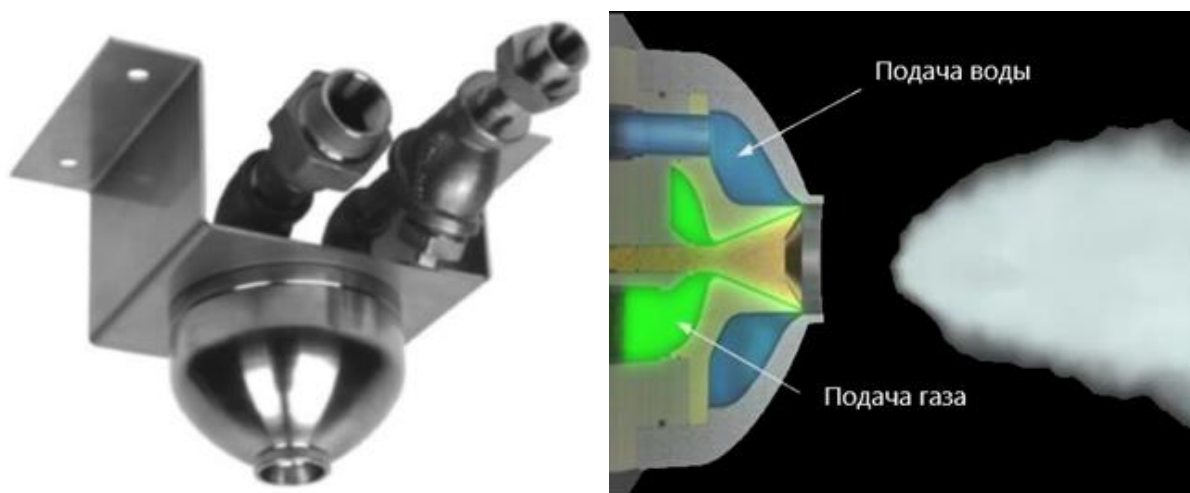


Рисунок 9 – Сопло подачи огнетушащего вещества

Предметом исследования является гибридная система пожаротушения, использующая водяной туман, приводимый в действие инертным газом. Эта система работает на базе четырех гибридных форсунок 110,50 FEN-T производства Telesto. Вода и газ подавались по независимым трубопроводам в соотношении объемов 50/50. Конструкция форсунок позволяет довести давление воды и газа до $4 \pm 0,5$ бар.

Головка подачи огнетушащего вещества FEN-T 110,50 имеет следующие характеристики:

- масса головки 0,4 кг,
- размеры 70x54 мм,
- диаметр впуска газа 6,5 мм, диаметр впуска воды 3 мм,
- эффективная диапазон распыления 2,5 м,
- максимальный диапазон распыления 3,5 м, размер капель от 4 до 200 мкм,
- рабочая температура от 10 до 700 ° С.

Испытания проводились в закрытом помещении, расположенном в лаборатории технических систем безопасности, которое имеет две каменные стены, облицованные керамической плиткой, и две застекленные стены с алюминиевой рамой. Испытательная камера размерами 5 x 5 x 2,5 м оснащена собственной система механической вентиляции с двумя разгрузочными каналами. Площадь вентиляционных каналов составляет $0,0324 \text{ м}^2$ и $0,1024 \text{ м}^2$.

Вода, использованная во время испытаний, удалялась с помощью сливного отверстия, расположенного в центре пола. Двери, застекленные стены и противопожарные заслонки были герметичными.

Расположение отдельных элементов испытательного стенда показано на рисунке 10. Испытательный стенд состоит из следующих частей:

- №1 – трубка питания, заканчивающиеся гибридными соплами,
- №2 – очаг условного пожара,
- №3 – датчики окиси углерода и кислорода,
- №4 – сеть термопар,

- №5 – измерительный модуль MDP-16,
- №6 – резервуар с водой,
- №7 – система газовых баллонов,
- №8 – редуктор давления,
- 9 – компьютер с программным обеспечением.

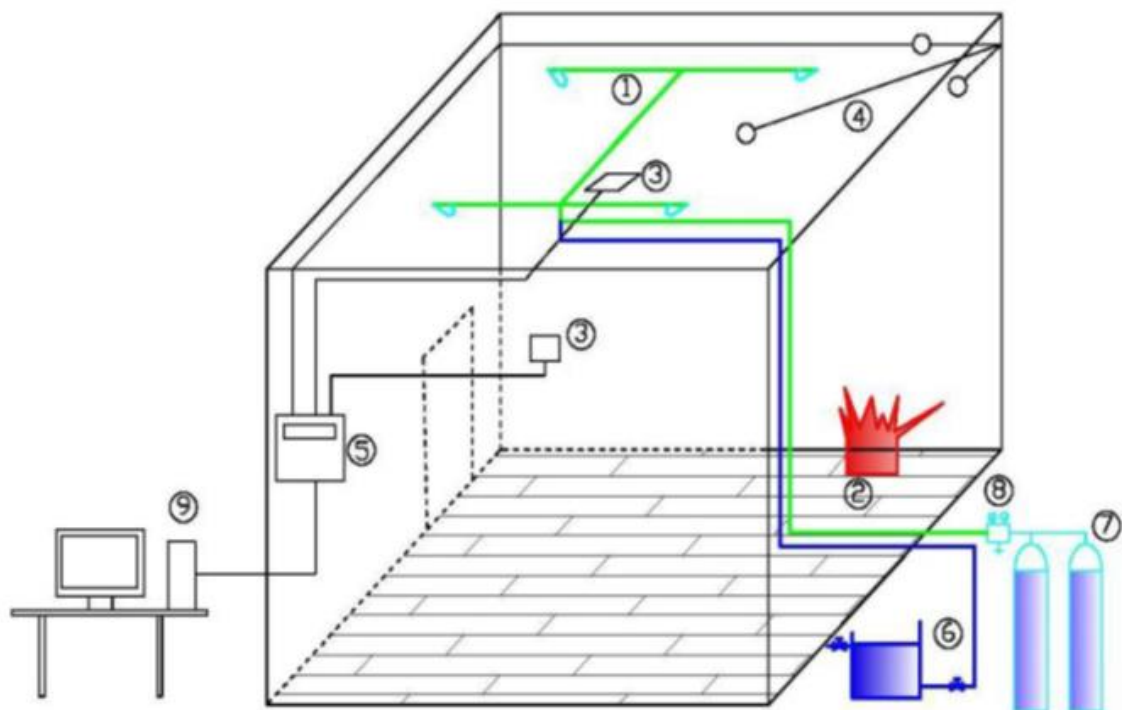


Рисунок 10 – Схема испытательного стенда

В качестве горючего материала используется штабель, состоящий из 50 одинаковых, расположенных параллельно по два на специальной раме, сосновых брусков размером 30 x 5 x 1 см, влажностью около 8% и плотность около 0,55 кг/м³. Средний вес деревянного штабеля составлял около 4,5 кг.

Кроме того, рама с деревянными брусками была частично помещена на металлический поддон, заполненный керосином (примерно 250 мл) примерно.

Штабель был установлен в углу на высоте 40 см от земли.

Изображение штабеля представлено на рисунке 11.



Рисунок 11 – Очаг испытательного стенда

Исследуемая гибридная система состояла из отдельной секции подачи воды и газа. Вся установка была подвешена на стальных тросах на расстоянии 40 см от потолка. Водная секция питалась от насосной системы, расположенной в соседнем помещении. Газовая секция запитывалась из комплекта баллонов с азотом или воздухом. Баллоны, находящиеся под давлением в 200 бар, соединялись параллельно и были установлены за пределами лаборатории.

Газ из баллонов подавался к редуктору, в котором давление снижалось до 4 бар, после чего направлялся к форсункам.

В эксперименте применялись термопары типа ТКР CZAKI (NiCr – NiAl) для измерения температуры, два электрохимических датчика кислорода типа Gazex DG-P9 E/N и один электрохимический датчик окиси углерода Gazex DG-P2 E/N, предназначенные для измерения концентрации кислорода и окиси углерода соответственно. Параметры датчика DG-P9 E/N следующие:

- диапазон 0-25%, точность 0,2%,
- время отклика 30-90 с,

- относительная погрешность $< \pm 10\%$,
- рабочая температура от -25°C до 50°C ,
- класс герметичности IP44.

Измерение было начато, в момент воспламенения штабеля, и закончилось, когда горение было ликвидировано.

Тушение (одновременная подача воды и газа в систему) начиналось, когда температура любой термопары достигала 200°C . Программа записывала измерения температуры каждую секунду, сохраняя показания в системе. Время тушения также было зафиксировано компьютером с такой же точностью.

Время тушения является одним из наиболее важных параметров, иллюстрирующих эффективность тушения испытываемой установки. Установки отличаются друг от друга с точки зрения конструкции и огнетушащих веществ, но общим критерием оценки любой системы пожаротушения является скорость ликвидации горения.

В общей сложности было проведено 37 испытаний гибридной системы газовойодяного тушения при различных характеристиках газовойодяной смеси. Для сравнения было проведено несколько испытаний тонкораспыленной воды со сжатым воздухом.

Чтобы систематизировать результаты, было выделено несколько основных временных показателей:

- начало, отмечающее начало процедуры тушения;
- окончание, отмечающая конец процедуры тушения;
- время тушения, представляющее собой разницу между концом и началом тушения.

Для большей точности исследования огневые испытания для каждой конфигурации системы проводилась по несколько раз, а в качестве итогового результата принималось среднее арифметическое значение временных показателей для всех попыток.

Полученное время тушения и моменты времени, соответствующие началу и концу тушения для испытаний только азотом без воды и с азотом, в

которых использовались четыре различных потока воды (3л/мин, 1,5 л/мин, 1 л/мин и 0,5 л/мин) и воздуха, в течение которого применялись два разных потока воды (3 л/мин и 1,5 л/мин) представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Временные параметры, полученные в ходе испытаний.

Расход воды [л/мин]	Азот			Воздух		
	Начало	Окончание	Время тушения	Начало	Окончание	Время тушения
3	265	470	205	276	500	224
1,5	351	566	215	169	608	439
1	320	611	291	-	-	-
0,5	328	634	306	-	-	-
0	271	620	349	-	-	-

На рисунке 12 показана зависимость времени ликвидации горения от расхода воды при различных комбинациях газовой смеси.

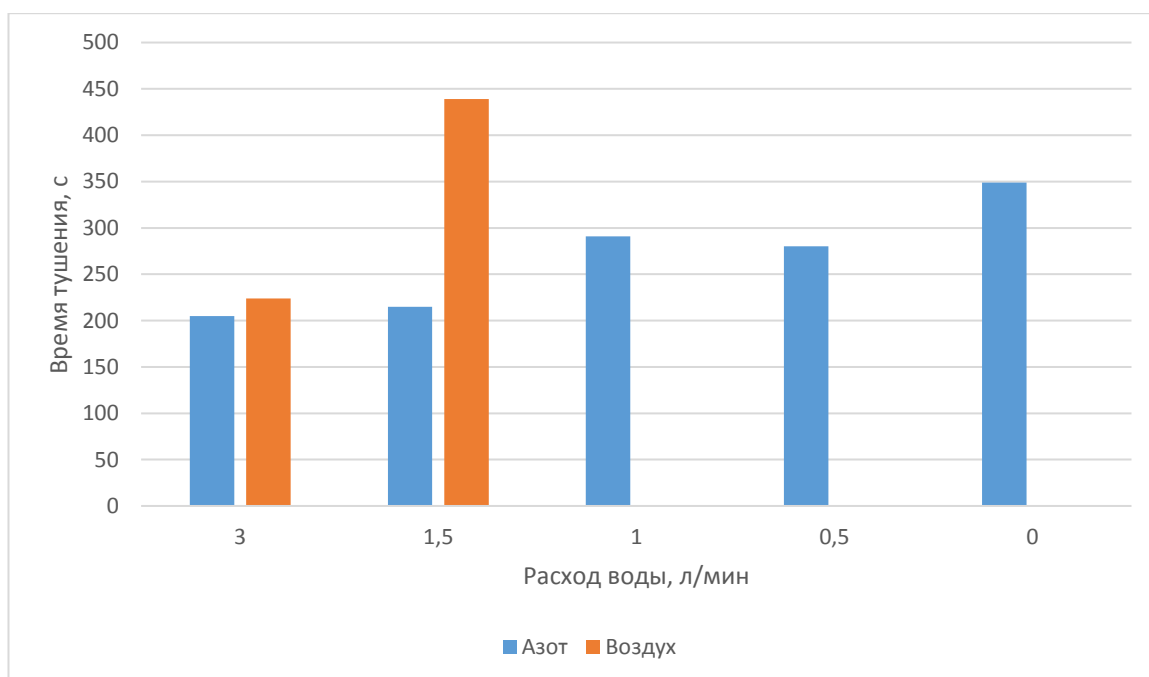


Рисунок 12 – Время тушения пожара

Несмотря на то, что были предприняты попытки обеспечить сопоставимые условия для развития пожара (в то же количество сосновой

древесины того же типа, уложенной таким же образом, то же количество легковоспламеняющейся жидкости, та же локализация горючего материала) в одном случае была достигнута значительная разница между временем достижения предельной температуры в одной и той же точке помещения (около 180 с). На это могли повлиять различные факторы (например, локальный воздушный поток).

Это доказывает, что пожар в одном и том же помещении с одним и тем же оборудованием может каждый раз развиваться с разной скоростью, и повторить его практически невозможно. Однако цель проводимого исследования состоял не в том, чтобы анализировать развитие пожара, а в том, чтобы его потушить. Следовательно, наиболее важные изменения произошли в температуре и других параметрах после начала процесса тушения. Чтобы проанализировать влияние уровня концентрации кислорода на процесс тушения, на рисунке 13 показаны диаграммы, иллюстрирующие среднюю концентрацию кислорода при использовании только азота, а также водяного тумана, создаваемого азотом или воздухом.

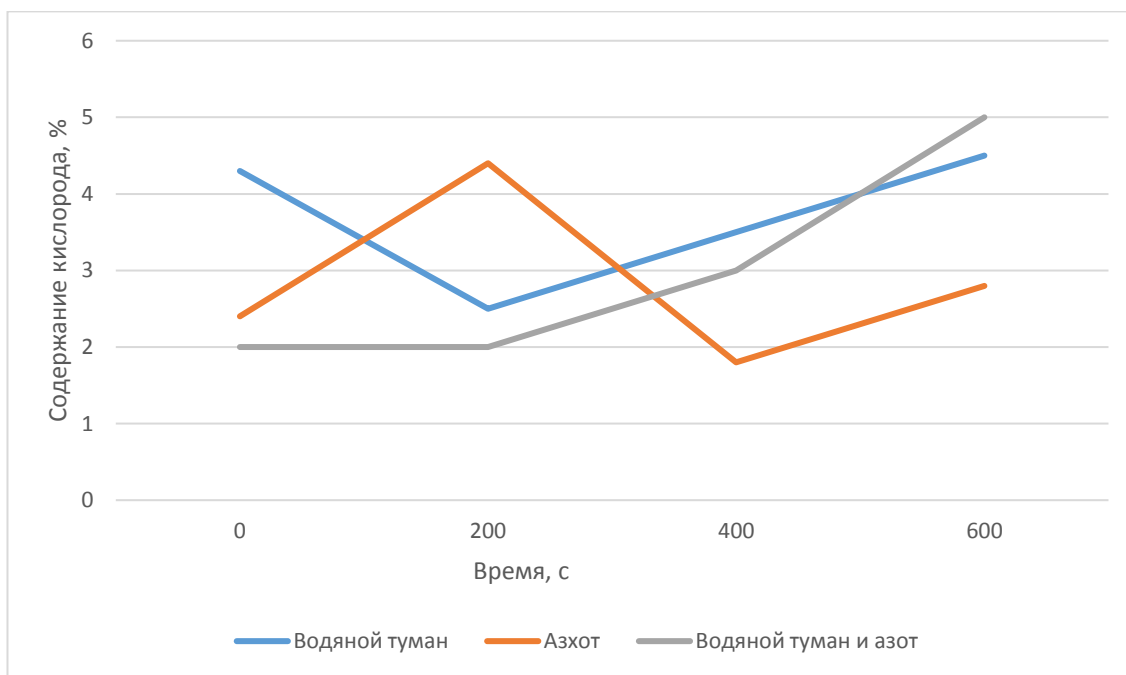


Рисунок 13 – Содержание кислорода в горящем помещении

При поиске наилучших решений для стационарных систем пожаротушения наиболее важными факторами являются их эффективность пожаротушения и цена. Проектирование, монтаж и обслуживание установок автоматического пожаротушения является самым дорогим способом противопожарной защиты объекта.

Гибридная система пожаротушения, использующая водяной туман и азот, представленная на рынке, является новинкой среди систем противопожарной защиты. Проведенные огневые испытания гибридной системы призваны ответить на вопрос: действительно ли газоводяная система лучше уже известных систем пожаротушения, с точки зрения эффективности и экономической целесообразности?

Испытания этой установки, впервые проведенные в Польше, доказывают ее эффективность. Данные выводы сделаны на основе полученных результатов и, в частности, анализа времени тушения пожара с использованием гибридной системы, в которой использовались два типа газа (азот и воздух) и несколько различных потоков водяного тумана в диапазоне от 0,5 л/мин до 3 л/мин.

Гибридная установка на основе газоводяной смеси азота с водяным туманом эффективнее справляется с огнем, чем отдельно азот и водяной туман подаваемый под давлением сжатого воздуха. Разница между средним временем тушения с использованием азота и воздуха при расходе 3 л/мин составляла около 20 с, а при расходе 1,5 л/мин уже более 220 с. Наибольшее среднее время тушения было получено при использовании только азота без водяного тумана. Время тушения азотом на 415 с выше времени тушения газоводяной смесью с применением азота, и на 396 с выше времени тушения водяным туманом.

Как и ожидалось, наименьшее среднее время тушения, равное 205 с, было получено при расходе воды, равном 3 л/мин, в сочетании с азотом. В случае с воздушным распылением при том же расходе воды было получено время тушения пожара, увеличенное примерно на 20 секунд. Сравнивая время

тушения при разных потоках воды, можно сделать вывод, что с его уменьшением время тушения увеличивается. Для более низкого расхода воды, приводимого в движение азотом, время тушения увеличивалось на 10 с при 1,5 л/мин, на 86 с при 1 л/мин, и на 101 с при 0,5 л/мин соответственно. Из этого следует, что, когда расход воды меньше или равен 1 л/мин, тушение намного менее эффективно, чем при более высоких расходах.

Расход азота в сочетании с водяным туманом, при расходе воды 3 л/мин было примерно в 3 раза ниже, чем тушение только азотом.

Во время тушения пожара водяным туманом с воздушным распылением наблюдались более высокие концентрации кислорода в помещении (самая низкая составляла около 16%) по сравнению с системой водяного тумана с азотным распылением (самая низкая составляла около 15,5%). При использовании только азота была достигнута самая низкая концентрация кислорода – около 13% (близко минимально допустимой для продолжения реакции) [26].

В описанном выше эксперименте приводится сравнение скорости тушения одного отдельно взятого очага пожара внутри помещения при помощи трех различных систем пожаротушения: газовая, водяная и газоводяная. Основываясь на устройстве, принципах действия и механизме ликвидации горения газоводяной установки автоматического пожаротушения можно провести анализ ее эффективности в сравнении со всеми существующими системами пожаротушения, применяемыми на территории Российской Федерации (водяная, газовая, пенная, порошковая).

Анализ представляет собой сравнение установок по ряду выбранных параметров, таких как механизм тушения, возможность тушения различных веществ и материалов, возможность использования в различных помещениях. Данное сравнение позволит определить область применения установок газоводяного пожаротушения и приложить мероприятия по их внедрению. Сравнение возможностей и областей применения всех рассматриваемых систем представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительный анализ эффективности всех существующих систем пожаротушения

Параметр сравнения	Тип установки				
	водяная	пенная	порошковая	газовая	газоводяная
Объемное тушение	-	+	+	+	+
Поверхностное тушение	+	+	+	-	+
Охлаждение горящих поверхностей	+	+	-	-	+
Тушение ЛВЖ и ГЖ в помещениях	-	+	+	+	+
Тушение ЛВЖ и ГЖ на открытой территории	-	-	+	-	-
Тушение ЛВЖ и ГЖ в резервуарном парке	-	+	-	-	-
Тушение электроустановок под напряжением	-	-	+	+	+
Тушение твердых сыпучих горючих веществ	+	+	-	-	+
Тушение металлов	-	-	+	+	-
Безопасность для людей (возможность применения в помещениях с массовым пребыванием людей)	+	-	-	-	+
Возможность применения в неотапливаемых помещениях	-	-	+	+	-
Возможность применения вне зданий (на открытой территории)	-	-	+	-	-
Возможность применения в неподготовленных (герметизация, отключение вентиляции и т.д.) помещениях	+	+	+	-	+
Возможность применения в помещениях хранения материальных ценностей (архивы, музеи, банки и т.д.)	-	-	+	+	+
Возможность применения в помещениях с дорогостоящим электронным оборудованием (серверные, вычислительные центры, производственные помещения и т.д.)	-	-	-	+	+
Возможность монтажа внутри одного помещения	-	-	+	+	+

Проведенное сравнение показывает высокую универсальность и эффективность газовой системы пожаротушения. Из 16 рассматриваемых параметров ее применение эффективно по 11 пунктам. Для более точного определения области эффективного применения комбинированной установки пожаротушения необходимо рассмотреть ее сравнение с каждой из рассмотренных систем.

Наиболее близкой по результату сравнения к газовой установке находится система порошкового тушения. Ее результат – также 11 из 16 параметров. Модульные установки порошкового пожаротушения хороши своей универсальностью, простотой монтажа и неприхотливостью к условиям эксплуатации. Газовая и порошковая системы пожаротушения могут быть взаимозаменяемыми. Основным недостатком огнетушащего порошка является его неблагоприятное воздействие на организм человека, кроме того порошок малоэффективен при тушении сыпучих твердых горючих веществ, способных тлеть без притока кислорода, тогда как инертный газ и вода хорошо справляются с этой задачей. В свою очередь газовая система в отличие от порошковой более прихотлива к условиям эксплуатации и не эффективна при тушении пожаров на открытой местности. Следовательно, комбинированная установка пожаротушения способна заменить порошковую и быть более эффективной при использовании в производственных зданиях с большим количеством персонала, на объектах хранения материальных ценностей, помещениях с наличием электронно-вычислительной и другой дорогостоящей техники, а также в помещениях хранения твердых сыпучих горючих веществ.

Установки газового пожаротушения из рассмотренного списка параметров дали положительный результат по 8 пунктам. Газовую систему пожаротушения нельзя назвать универсальной, несмотря на возможность ее использования при всех классах пожаров. Данные установки требуют серьезных дополнительных мероприятий, направленных на эффективность ее работы, таких как полная герметизация помещений, отсутствие людей в зоне срабатывания, отключение и блокирование системы вентиляции. Сочетание

охлаждающего действия воды с разбавляющим действием инертного газа в установках газовой системы пожаротушения позволяют с большей эффективностью ликвидировать горение, предотвращая его повторное возникновение. Преимуществом газовых систем является то, что марка применяемого газа выбирается непосредственно под тип огнетушащего вещества и условий эксплуатации установки. Огнетушащие газы устойчивы к перепадам температур, могут применяться в неотапливаемых помещениях, а также для тушения горючих веществ и материалов, для которых применение воды недопустимо. В остальных случаях газовая система пожаротушения является более эффективной и экономически целесообразной. Так газовое пожаротушение можно заменить на газовое на объектах энергетики, помещениях машинных залов электростанций, отсеках морских и речных судов, помещениях хранения материальных ценностей.

Системы пенного тушения, можно считать узко специализированными. По 16 рассмотренным показателям они дали положительный результат только по 8 пунктам. Сфера применения воздушно-механической пены – нефтеперерабатывающая промышленность. Несмотря на то, что газовые системы пожаротушения применимы для ликвидации горения ЛВЖ и ГЖ, в объемах больших складов нефтепродуктов ангарного типа, резервуарных парках хранения горючих жидкостей и танках морских судов их использование невозможно. На данных объектах неизменно используют воздушно-пенное тушение. Однако установки газовой системы тушения вполне могут стать альтернативой пенным в помещениях насосных, компрессоров, генераторных по перекачке нефтепродуктов, машинных отделений с двигателями, работающими на разных видах жидкого топлива.

Системы водяного пожаротушения, несмотря на низкий результат сравнительного анализа (5 положительных пунктов из 16) в настоящий момент является самой распространенной и универсальной системой пожаротушения в мире. Дело в том, что ее разновидностей, также, как и выполняемых с ее помощью задач невероятное количество. Объединяя в единый тип установок

по виду огнетушащего вещества под водяными системами пожаротушения принимаются спринклерные установки, дренчерные завесы, установки пожаротушения тонкораспыленной водой (системы водяного тумана), кольца орошения резервуаров ЛВЖ и ГЖ и т.п. Каждая из перечисленных систем имеет место быть и выполняет свою функцию. Водяные системы пожаротушения являются экономичными и применяются в тех случаях, когда ущерб от использования воды в охраняемых помещениях не может превысить расходы на содержание и обслуживание установки. Наиболее близкими по конструкции и принципу действия являются системы пожаротушения тонкораспыленной водой, использующие в качестве побудителя сжатый воздух или насосы высокого давления, но превосходство газовойодяного тушения над подобными установками рассмотрено и доказано ранее, при описании эксперимента. Следовательно, комбинированные установки газовойодяного пожаротушения могут быть альтернативой классическим водяным системам во всех случаях, где это экономически целесообразно.

3.2 Определение порядка внедрения инновационных систем пожаротушения на территории РФ

Проведенные в разных странах мира испытания, комбинированных газовойодяных систем автоматического пожаротушения доказали их безопасность и эффективность. А тот факт, что в последние несколько лет на мировом рынке систем противопожарной защиты все больше крупных компаний принимают участие в разработке и продвижении данных систем говорит о наличии спроса, а значит и экономической эффективности инновационного решения.

К сожалению, на территории Российской Федерации автоматические установки газовойодяного пожаротушения в настоящий момент недоступны. Виной тому отсутствие нормативных документов Российской Федерации, регламентирующих область применения, технические требования и методы

испытаний подобных огнетушащих систем. Хотя собственные разработки в данном направлении развития пожарной автоматики есть и в России, например, патент на изобретение RU 2 650 130 C1 Кочеткова О.В., от 20.02.2017 года «Газоводяная система пожаротушения». Представленное изобретение работает по принципу подачи в очаг пожара смеси инертного газа и тонкораспыленной воды, как и рассмотренные выше прототипы.

Отсутствие государственных стандартов, методов испытания и сводов правил, определяющих порядок применения инновационных газоводяных установок в Российской Федерации, в значительной мере тормозит эволюцию современных систем противопожарной защиты в стране. В целом ничего удивительного нет. Наука и техника, приводимая в движение требованиями рынка движется семимильными шагами, и законодательный аппарат отстает, не в силах угнаться за ними. К слову сказать, в мире на сегодняшний день существует только один действующий стандарт, регламентирующий применение газоводяных систем пожаротушения и это – FM 5580-2012 «Approval standard for hybrid (water and inert gas) fire extinguishing systems», разработанный международной коммерческой компанией FM Global.

«Стандарты FM Global признаны во всем мире. В соответствии с ними обеспечивается снижение рисков и вероятности потерь в результате чрезвычайных ситуаций на объектах различной сложности во множестве стран» [10].

«FM Global, основанная в 1835 году, является коммерческой организацией, которая работает над вопросами противопожарной защиты, рисков и страхования. Компания располагает собственной испытательной и научно-исследовательской базой и позволяет производить тестирование и сертификацию (устанавливать клеймо FM) различного противопожарного и электрооборудования» [10].

На стадии подготовки к изданию находится еще один нормативный документ в области гибридных систем пожаротушения это – стандарт NFPA 770 «Standard on Hybrid (Water and Inert Gas) Fire-Extinguishing Systems»,

разрабатываемый Национальной ассоциацией противопожарной защиты (National Fire Protection Association).

В существующих условиях использование международных стандартов в области пожарной безопасности является наиболее логичным.

«Базовые нормативные документы в области пожарной безопасности (ФЗ-123, ФЗ-69 и своды правил к ним) детально разъясняют отдельные положения основного документа. В то же время вопросы, не нашедшие отражения в законах, регламентируются СНиПами и существующими ведомственными нормативными актами. Сегодня действующими считаются более 1300 различных нормативных документов в области пожарной безопасности» [5].

«Прямое применение СНиПов, сводов правил, НПБ и ППБ возможно только после их принципиальной переработки и увязки с требованиями национальных стандартов, а также федерального законодательства, регулирующего общественные отношения» [5].

«Современные условия деятельности в области пожарной безопасности отличаются высоким темпом развития техногенной среды и, как следствие, ускорением информационных процессов, увеличением объемов и сложности нормативной информации, регламентирующей порядок обеспечения безопасности людей, имущества и окружающей среды» [5].

«Кроме того, в РФ идет процесс внедрения унифицированных европейских строительных стандартов (еврокодов) в сфере пожарной безопасности в качестве альтернативы отечественным нормам. Это позволяет европейским инвесторам более свободно работать на российском рынке» [5].

«Для эффективного применения международного опыта в вопросах технического регулирования и необходимости использования зарубежных научно-технических достижений в целях повышения уровня пожарной безопасности в Российской Федерации в 2013 г. протоколом заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности была принята

Концепция гармонизации российских и международных нормативных документов в области пожарной безопасности» [5].

«Гармонизация российских документов из области стандартизации, содержащих требования пожарной безопасности, с международными стандартами является приоритетным направлением совершенствования технического регулирования и развития национальной системы стандартизации в области пожарной безопасности в Российской Федерации. В Концепции гармонизации российских и международных нормативных документов под международными стандартами понимаются международные и региональные (в первую очередь европейские) стандарты, национальные стандарты других стран и другие международные документы, содержащие требования пожарной безопасности» [5].

«Концепция разработана в целях реализации положений Федеральных законов «О техническом регулировании», «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Концепции развития национальной системы стандартизации Российской Федерации на период до 2020 года, иных нормативных правовых актов Российской Федерации, Соглашения по техническим барьерам в торговле и иных обязательств Российской Федерации при вступлении во Всемирную торговую организацию (ВТО)» [6].

«Данная Концепция определяет основные направления, подходы и принципы гармонизации документов в области стандартизации, содержащих требования пожарной безопасности, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федеральных законов «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», технических регламентов Таможенного союза, содержащих требования пожарной безопасности» [6].

«Актуальность задачи гармонизации обусловлена необходимостью использования зарубежных научно-технических достижений в целях

повышения уровня пожарной безопасности в Российской Федерации, создания благоприятного инвестиционного климата, обеспечения соответствия отечественной продукции международным требованиям и повышения её конкурентоспособности и устранения технических барьеров в международной торговле» [6].

«Данная Концепция определяет основные направления, подходы и принципы гармонизации документов в области стандартизации, содержащих требования пожарной безопасности, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований федеральных законов "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", технических регламентов Таможенного союза, содержащих требования пожарной безопасности» [5].

«В результате проделанной работы в значительной степени достигнута сопоставимость отечественных и зарубежных методов и подходов в области пожарной безопасности зданий и сооружений, продукции в целом. Во многом идентичны требования к системам противопожарной защиты, в том числе по выбору огнетушащих веществ и параметрам их подачи, инерционности срабатывания систем оповещения о пожаре и пожаротушения» [5].

«С целью реализации положений Технического регламента о требованиях пожарной безопасности в настоящее время действуют 236 национальных стандартов в области пожарной безопасности, из них полностью гармонизировано с международными нормами – 52 стандарта (методом аутентичного перевода), частично (гармонизированы основные положения) – 45 стандартов» [6].

«Вместе с тем, в ряде случаев отечественные пожарно-техническая классификация, требования пожарной безопасности, методы подтверждения соответствия и испытательное оборудование отличаются от зарубежных, что создает препятствие в международной торговле» [6].

«Несмотря на то, что в области строительства (выборе проектных решений и способов противопожарной защиты, применении строительных материалов и конструкций) активно развивается система гибкого нормирования с использованием механизмов оценки пожарного риска, аналогичная той, что внедрена в странах Европы, в России не используется потенциал управления этими рисками. И данный вопрос не в полной мере урегулирован существующими нормативными документами по пожарной безопасности» [6].

«Это осложняется отсутствием отечественных наработок по сбору необходимой для проведения расчётов информации и статистических данных» [6].

«Решение в рамках Концепции задач по гармонизации является логичным продолжением проводимой ранее работы. Системный и комплексный подход к решению задач обеспечит оптимальный уровень гармонизации всего спектра стандартов в области пожарной безопасности с учётом национальных интересов» [6].

«Основные подходы к гармонизации документов в области стандартизации, содержащих требования пожарной безопасности, базируются на апробированной практикой и соответствующих международным подходам принципах» [6]:

- «полноправного участия представителей Российской Федерации в деятельности международных технических комитетов по разработке международных стандартов и обеспечения учёта интересов Российской Федерации при их принятии. Применение прогрессивных международных подходов при разработке национальных и межгосударственных стандартов, продвижение национальных разработок для включения в международные стандарты» [6];
- «обеспечения необходимого уровня пожарной безопасности и формирование доказательной базы подтверждения соответствия требованиям технических регламентов» [6];

- «применения в установленном порядке на территории Российской Федерации международных стандартов, в том числе содержащих расчётные методы по оценке пожарного риска, обеспечивающих условия безопасной эвакуации людей и ограничение распространения опасных факторов пожара, устанавливающих параметры огнестойкости и др. с учётом национальных особенностей» [6];
- «добровольности применения заинтересованным лицом национальных и межгосударственных стандартов в области пожарной безопасности, и обязательность добросовестного соблюдения таким лицом требований стандартов в случае объявления об их использовании (путем декларирования, нанесения соответствующей информации на продукцию, упаковку, указания в технической документации, либо иным способом), а также в случае определения обязательности исполнения требований стандартов в рамках контрактных (договорных) обязательств» [6];
- «максимального учёта мнения заинтересованных лиц при разработке документов в области стандартизации» [6];
- «использования единых с международными требований пожарной безопасности и методик проведения испытаний в целях подтверждения соответствия, взаимного признания протоколов испытаний» [6];
- «применения международных стандартов, как основы разработки национальных и межгосударственных стандартов, за исключением случаев, когда такое применение признано невозможным вследствие климатических, географических, технических и технологических особенностей Российской Федерации, государств — участников Межгосударственного совета по стандартизации, метрологии и сертификации» [6];
- «обеспечения преемственности работ по противопожарному нормированию в Российской Федерации» [6];

- «недопустимости создания препятствий для производства и обращения продукции, выполнения работ и оказания услуг в большей степени, чем это минимально необходимо для обеспечения установленного уровня пожарной безопасности» [6];
- «прогрессивности и оптимальности требований пожарной безопасности, гибкости нормирования, обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции» [6];
- «соответствия требований нормативных документов по пожарной безопасности мировому уровню развития науки и техники» [6].

«Для гармонизации документов в области стандартизации, содержащих требования пожарной безопасности, с международными стандартами и достижения основных целей концепции необходимо» [6]:

- «провести анализ действующего фонда документов в области стандартизации, содержащих требования пожарной безопасности, на соответствие современному научно-техническому уровню и передовому международному опыту, обязательствам Российской Федерации при вступлении в ВТО, требованиям технических регламентов. По результатам анализа определить перечень нормативных документов, подлежащих гармонизации, а также необходимую форму гармонизации» [6];
- «обеспечить при разработке национальных и межгосударственных стандартов баланс интересов государства, хозяйствующих субъектов, общественных организаций и потребителей» [6];
- «обеспечить привлечение всех заинтересованных сторон к работам по развитию национального фонда нормативных документов по пожарной безопасности» [6];
- «установить взаимоотношения с профильными техническими комитетами Европейского комитета по стандартизации (CEN), институтами по стандартизации зарубежных стран (Британским институтом стандартов (BSI), Национальной ассоциацией по

пожарной безопасности США (NFPA) и др.), активизировать сотрудничество с Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС), Международной организацией по стандартизации (ISO), Международной электротехнической комиссией МЭК (IEC), а также с Европейской ассоциацией организаций и лабораторий, занимающихся испытаниями, инспекцией и сертификацией в области пожарной безопасности (EGOLF)» [6];

- «обеспечить постоянное участие специалистов Российской Федерации в работе профильных международных и региональных технических комитетов» [6];
- «обеспечить регулярное обновление действующих и разработку новых национальных стандартов в области пожарной безопасности на базе передовых международных стандартов, а также на базе проектов международных стандартов, с учётом практики применения действующих норм, анализа и обобщения типовых решений по объектам, для которых отсутствуют нормативные требования пожарной безопасности» [6];
- «организовать межведомственное взаимодействие МЧС России с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации по разработке нормативных документов в области пожарной безопасности» [6];
- «обеспечить взаимодействие МЧС России с уполномоченными органами государств-участников Таможенного союза и Евразийской экономической комиссией в формировании нормативных документов по пожарной безопасности, обеспечивающих соблюдение требований технических регламентов Таможенного союза» [6];
- «продолжить разработку пожарно-технической классификации, требований пожарной безопасности и методов испытаний в соответствии с международными подходами, а также создание

соответствующей материально-технической испытательной базы. Обеспечить внедрение передовых российских требований и методов испытаний в систему международной стандартизации» [6];

- «совершенствовать методы испытаний посредством проведения круговых испытаний с оценкой сходимости результатов испытаний (измерений), а также воспроизводимости и повторяемости методов испытания» [6];
- «обеспечить подготовку специалистов для работы по международным методам испытаний» [6].

«Если объект строится на средства иностранных инвесторов или покупается иностранным инвестором, то для страхования привлекается зарубежная страховая компания. Исторически сложилось так, что иностранные страховые компании привыкли оперировать стандартами NFPA, FM и др» [5].

«Одним из основных принципов гарантий страховых компаний является строгое следование нормативам NFPA или FM и использование качественного оборудования (отмеченного клеймом FM)» [5].

«Применение стандартов NFPA, FM Global и других подобных – это способ максимально застраховать себя от риска возникновения пожара, а также иметь возможность эффективно противодействовать развитию пожара в случае его возникновения. Благодаря новейшим техническим средствам пожаротушения и актуальным нормативным требованиям, учитывающим последние разработки и фактические испытания таких средств, становится возможным оптимизировать страховые ставки и страховые выплаты» [5].

На основании проведенного анализа эффективности систем автоматического пожаротушения, а также исследования Российских и международных нормативных документов в области обеспечения пожарной безопасности мной предложен алгоритм внедрения комбинированных систем газовойодяного пожаротушения на территории Российской Федерации, который включает:

а) рассмотрение комбинированных систем газовой водяного пожаротушения при проектировании и реконструкции зданий в качестве альтернативы или замены устаревшим системам:

1) порошкового тушения на следующих объектах:

- помещения архивов, библиотек, хранилищ музеев;
- объекты применения электронно-вычислительной и другой дорогостоящей техники;
- производственные помещения с обращением ЛВЖ и ГЖ;
- складские помещения;
- объекты автомобильного, железнодорожного, морского и речного транспорта;

2) газового тушения на следующих объектах:

- помещения архивов, библиотек, хранилищ музеев;
- объекты применения электронно-вычислительной и другой дорогостоящей техники;
- в помещениях дизель генераторных станций;
- в помещениях газоперекачивающих станций;

3) пенного тушения на следующих объектах

- в помещениях насосных станций перекачки ЛВЖ и ГЖ;
- в складских помещениях хранения лакокрасочных и горюче-смазочных материалов;
- в машинных отделениях с двигателями, работающими на различных видах топлива

4) водяного тушения на всех объектах, на которых это экономически целесообразно;

б) в качестве нормативного документа, регламентирующего порядок проектирования, установки и безопасной эксплуатации систем газовой водяного пожаротушения принимать международный стандарт FM 5580-2012 «Approval standard for hybrid (water and inert gas) fire extinguishing systems»;

в) основанием для применения указанного стандарта на территории Российской Федерации считать «Концепцию гармонизации российских и международных нормативных документов в области пожарной безопасности», принятой Протоколом заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности от 18 июня 2013 г. № 4

3.3 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Время тушения является одним из наиболее важных параметров, иллюстрирующих эффективность систем автоматического пожаротушения, так как от времени срабатывания установки зависит площадь пожара. Установки, рассматриваемые в диссертационной работе, отличаются друг от друга с точки зрения конструкции и огнетушащих веществ, но общим критерием оценки любой системы пожаротушения является скорость ликвидации горения.

В общей сложности было проведено 37 испытаний гибридной системы газовой тушения при различных характеристиках газовой смеси. Для сравнения было проведено несколько испытаний тонкораспыленной воды со сжатым воздухом.

Чтобы систематизировать результаты, было выделено несколько основных временных показателей:

- начало, отмечающее начало процедуры тушения;
- окончание, отмечающая конец процедуры тушения;
- время тушения, представляющее собой разницу между концом и началом тушения.

Для большей точности исследования огневые испытания для каждой конфигурации системы проводилась по несколько раз, а в качестве итогового

результата принималось среднее арифметическое значение временных показателей для всех попыток.

Полученное время тушения и моменты времени, соответствующие началу и концу тушения для испытаний только азотом без воды и с азотом, в которых использовались четыре различных потока воды (3л/мин, 1,5 л/мин, 1 л/мин и 0,5 л/мин) и воздуха, в течение которого применялись два разных потока воды (3 л/мин и 1,5 л/мин) представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Временные параметры, полученные в ходе испытаний.

Расход воды [л/мин]	Азот			Воздух		
	Начало	Окончание	Время тушения	Начало	Окончание	Время тушения
3	265	470	205	276	500	224
1,5	351	566	215	169	608	439
1	320	611	291	-	-	-
0,5	328	634	306	-	-	-
0	271	620	349	-	-	-

Несмотря на то, что были предприняты попытки обеспечить сопоставимые условия для развития пожара (в то же количество сосновой древесины того же типа, уложенной таким же образом, то же количество легковоспламеняющейся жидкости, та же локализация горючего материала) в одном случае была достигнута значительная разница между временем достижения предельной температуры в одной и той же точке помещения (около 180 с). На это могли повлиять различные факторы (например, локальный воздушный поток).

Это доказывает, что пожар в одном и том же помещении с одним и тем же оборудованием может каждый раз развиваться с разной скоростью, и повторить его практически невозможно. Однако цель проводимого исследования состоял не в том, чтобы анализировать развитие пожара, а в том, чтобы его потушить. Следовательно, за основной показатель эффективности

принимаем расчетное время тушения каждой из испытываемых установок, согласно таблицы 5.

С целью оценки экономической эффективности целесообразно рассматривать одновременно 2 подобные системы:

- система пожаротушения тонкораспыленной водой,
- газоводяная система пожаротушения.

Система газового пожаротушения в не рассматривается, так как ее установка требует дополнительных конструктивных изменений здания и помещений (герметизация помещений, блокирование системы вентиляции, оборудование помещений автоматическим закрыванием).

Для определения эффективности рассчитаем площадь возможного пожара в идентичных помещениях при их оборудовании двумя разными системами пожаротушения, по формуле:

$$R = T_{св} \cdot 0,5V_{л} \frac{T_{раб}}{60} 0,5V_{л}, \quad (2)$$

где R – путь, пройденный огнем, м;

$T_{св}$ – время свободного развития пожара, мин.

$V_{л}$ – линейная скорость распространения пламени, м/мин;

$T_{раб}$ – время работы установки пожаротушения, с;

Согласно справочника РТП время свободного развития пожара (до начала срабатывания системы пожаротушения) составляет 2 мин., средняя скорость распространения пламени по поверхности зданий – 1 м/мин.

Рассчитаем путь пройденный огнем в помещении оборудованном установкой пожаротушения тонкораспыленной водой (R^1).

$$R^1 = 2 \cdot 1 \cdot 0,5 \frac{439}{60} 0,5 \cdot 1 = 3,65 \text{ м},$$

Рассчитаем путь пройденный огнем в помещении оборудованном газовой установкой пожаротушения (R^2).

$$R^2 = 2 \cdot 1 \cdot 0,5 \frac{215}{60} 0,5 \cdot 1 = 1,8 \text{ м,}$$

Для определения размеров повреждения помещения необходимо определить площадь пожара (S_{Π}) по формуле:

$$S_{\Pi} = \pi R^2, \quad (3)$$

Определим площадь пожара для помещения, оборудованного установкой пожаротушения тонкораспыленной водой (S_{Π}^1):

$$S_{\Pi}^1 = 3,14 \cdot 3,65^2 = 41,8 \text{ м}^2$$

Определим площадь пожара для помещения, оборудованного газовой установкой пожаротушения (S_{Π}^2):

$$S_{\Pi}^2 = 3,14 \cdot 1,8^2 = 10 \text{ м}^2$$

Рассчитаем математическое ожидание годовых потерь от пожаров по формуле:

$$M(\Pi) = J C_{\Pi} S_{\Pi} (1 + k) (1 - p_1) p_2, \quad (4)$$

где $M(\Pi)$ – ожидаемые математические потери от пожара, руб.;

J – вероятность возникновения пожара, 1/год;

C_{Π} – стоимость поврежденного технологического оборудования и оборотных фондов, руб./м²;

$S_{\text{п}}$ – площадь пожара, м²;

k – коэффициент, учитывающий косвенные потери;

p_1 – вероятность тушения пожара первичными средствами пожаротушения;

p_2 – вероятность тушения средствами автоматического пожаротушения.

Рассчитаем ожидаемые математические потери от пожара при использовании системы пожаротушения тонкораспыленной водой ($M(\Pi)^1$), и средней стоимости оборудования 31900 р/м²:

$$M(\Pi)^1 = 1 \cdot 31900 \cdot 41,8 \cdot (1+2,8) \cdot (1-0,12) \cdot 0,86 = 3309953,7 \text{ руб.}$$

Рассчитаем ожидаемые математические потери от пожара при использовании газовой системы пожаротушения ($M(\Pi)^2$), и средней стоимости оборудования 31900 р/м²:

$$M(\Pi)^2 = 1 \cdot 31900 \cdot 10 \cdot (1+2,8) \cdot (1-0,12) \cdot 0,86 = 917392,96 \text{ руб.}$$

Рассчитаем экономический эффект ($M(\text{Э})$), по формуле:

$$M(\text{Э}) = M(\Pi)^1 - M(\Pi)^2, \quad (5)$$

где $M(\Pi)^1$ – ожидаемые математические потери от пожара при использовании системы пожаротушения тонкораспыленной водой, руб;

$M(\Pi)^2$ – ожидаемые математические потери от пожара при использовании газовой системы пожаротушения, руб.

$$M(\text{Э}) = 3309953,7 - 917392,96 = 2\,392\,560,8 \text{ руб}$$

Таким образом экономический эффект при оборудовании помещения установкой газоводяного пожаротушения составляет 2 392 560,8 руб.

Выводы по разделу 3:

- проведенные в Польше испытания современной системы газоводяного пожаротушения показали ее высокую эффективность в сравнении с традиционными аналогами (газовое пожаротушение и тушение тонкораспыленной водой);
- рассматриваемая гибридная установка пожаротушения является универсальной и применимой для всех типов пожаров;
- сочетание инертного газа и воды в гибридных установках пожаротушения являются абсолютно безопасными для человека и окружающей среды, а также не наносит ущерб материальным ценностям, что делает его применимым в общественных, административных, зданиях, а также хранилищах материальных ценностей и объектах с наличием дорогостоящего оборудования;
- в сравнении со всеми применяемыми на территории РФ системами автоматического пожаротушения комбинированная газоводяная установка показывает высокий уровень универсальности и эффективности, что позволяет в ряде случаев рассматривать ее как альтернативу для всех существующих систем;
- из-за новизны разработки в мире на данный момент существует только один действующий стандарт на производство и применение данных огнетушащих систем – FM 5580-2012;
- внедрение автоматических установок газоводяного тушения в систему обеспечения пожарной безопасности на территории РФ целесообразно, согласно разработанного плана мероприятий.

Заключение

Тема моей магистерской диссертации: «Исследование и обеспечение пожарной безопасности. Комбинированные системы газоводяного пожаротушения».

Объектом исследования являлась система обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений посредством их защиты автоматическими установками пожаротушения.

Предметом исследования являлась система газоводяного пожаротушения.

В ходе написания магистерской диссертации было проведено исследование эффективности систем газоводяного пожаротушения.

Для достижения поставленной цели магистерской диссертации решены следующие задачи:

- проведено исследование физико-химических основ развития и прекращения горения;
- проведено исследование принципов действия различных огнетушащих веществ;
- проведено исследование истории развития автоматических систем пожаротушения;
- проведено исследование нормативно-правовой базы в области противопожарной защиты объектов;
- проведено исследование принципов действия и технических характеристик применяемых на территории РФ автоматических систем пожаротушения;
- проведено исследование принципов действия и технических характеристик комбинированной системы газоводяного пожаротушения;
- определена области применения и эффективности внедрения систем газоводяного пожаротушения на территории РФ.

Для успешного тушения пожара необходимо понимание основ развития и прекращения горения. Действие всех огнетушащих веществ в очаге пожара направлено на разрушение так называемого «Треугольника пожара», то есть исключения как минимум одного из трех условий необходимых для протекания реакции (наличие в зоне реакции горючего вещества, наличие в зоне реакции окислителя и наличие температуры, необходимой для протекания реакции).

Все огнетушащие вещества по принципу действия в очаге пожара разделяют на охлаждающие, изолирующие, разбавляющие и ингибиторы (действующее по принципу химического торможения реакции).

Действие всех систем автоматического пожаротушения основано на подаче огнетушащего вещества в очаг пожара. По виду огнетушащего вещества различают установки:

- водяного пожаротушения,
- пенного тушения,
- порошкового тушения,
- газового тушения,
- аэрозольного тушения.

Выбор оптимальной системы для защиты здания или сооружения определяется исходя из его функционального назначения, категории по взрывопожарной опасности, конструктивных и объемно-планировочных решений.

Развитие современных установок пожаротушения направлено на совершенствование способов подачи огнетушащих веществ в очаг пожара. Перед разработчиками систем пожаротушения стоит задача повышения скорости ликвидации пожара при уменьшении количества подаваемого огнетушащего вещества. Работая в данном направлении в начале 21 века инженеры пришли к созданию принципиально новой системы пожаротушения основанной на комбинированной подаче в очаг пожара тонкораспыленной воды и инертного газа.

Испытания, проводимые в разных странах, показали, что данная система значительно эффективней чем водяные или газовые системы пожаротушения. При этом использование комбинированной газовой системы является более безопасной для людей и окружающей среды, а также не приводит к косвенному материальному ущербу, вызванному воздействием на воды на материальные ценности.

Исходя из особенностей работы установок газовой системы пожаротушения можно сделать вывод о возможности их использования на следующих объектах:

- музеи,
- архивы,
- библиотеки,
- банковские хранилища,
- объекты использования высокоточного и дорогостоящего оборудования,
- производственные помещения,
- вычислительные центры,
- кабельные сооружения,
- шахты,
- трюмы кораблей и т.д.

Универсальность и безопасность данных систем позволяет их использовать как в производственных и складских зданиях, так и на объектах с массовым пребыванием людей.

Сложность повсеместного внедрения комбинированных систем газовой системы пожаротушения заключается в отсутствии технических требований и государственных стандартов, регламентирующих порядок использования данных систем. В настоящий момент в мире существует только один нормативный документ в области использования газовой системы пожаротушения, это международный стандарт FM 5580 «Approval Standard for Hybrid (Water and Inert Gas) Fire Extinguishing Systems».

Пока идет разработка собственного государственного стандарта, на использование газоподводящих установок пожаротушения целесообразно применять на территории РФ международный стандарт, разработанный международной компанией FM Global. При разработке данного документа были проведены всесторонние исследования, доказывающие эффективность и безопасность рассматриваемых систем. Кроме того, существует Концепция гармонизации российских и международных нормативов, утвержденная Протоколом заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности от 18.06.2013 №4. Данная концепция предполагает установление взаимоотношений с такими международными комитетами, как NFPA, FM Global, ISO, CEN, EGOLF и другими, а также унификацию международных стандартов в области пожарной безопасности.

Внедрение на территории РФ систем газоподводящего пожаротушения позволит:

- сократить количество пожаров в зданиях и сооружениях,
- сократить время тушения пожаров,
- ликвидировать пожары на ранней стадии развития,
- сократить прямой и косвенный ущерб от пожара,
- повысить безопасность людей в общественных зданиях,
- повысить безопасность хранения материальных ценностей, предметов искусства и исторического наследия.

Выводы по разделу 1:

- пожар – есть вышедший из-под контроля процесс горения и для успешной борьбы с огнем необходимо понимание физико-химической основы его протекания;
- все существующие огнетушащие вещества и способы тушения пожара основаны на четырех принципах прекращения горения: охлаждение, изоляция, разбавление и химическое торможение реакции;

- для каждого вида горения, в зависимости от реагирующих веществ и условий протекания реакции применяется наиболее подходящий способ его ликвидации и определённое огнетушащее вещество;
- не существует универсального огнетушащего вещества, у каждого есть преимущества, недостатки и условия при которых его применение недопустимо;
- установки автоматического пожаротушения являются частью системы обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, а их применение строго регламентировано Федеральным законом №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- необходимость защиты зданий и сооружений установками автоматического пожаротушения регламентируется сводом правил СП 4.851311500.20020;
- выбор наиболее эффективной системы автоматического пожаротушения осуществляется исходя из функционального назначения здания, пожарной опасности веществ и материалов составляющих его горючую загрузку, размеров замиряемых помещений и наличия в нем людей.

Выводы по разделу 2:

- установки автоматического пожаротушения классифицируются по конструктивному исполнению, виду огнетушащего вещества, способу тушения и способу пуска;
- в настоящий момент в мире существует и успешно применяется 5 основных типов систем автоматического пожаротушения: водяное, пенное, порошковое, газовое и аэрозольное;
- выбор оптимальной системы для защиты здания или сооружения определяется исходя из его функционального назначения, категории по взрывопожарной опасности, конструктивных и объемно-планировочных решений;

- совершенствование способов подачи огнетушащего вещества в очаг пожара для водяных установок пожаротушения привело к появлению принципиально новой комбинированной системе газоводяного тушения;
- в настоящий момент в мире активно ведутся исследования эффективности применения газоводяных систем, и разрабатывается нормативно-техническая документация, регулирующая их применение.

Выводы по разделу 3:

- проведенные в Польше испытания современной системы газоводяного пожаротушения показали ее высокую эффективность в сравнении с традиционными аналогами (газовое пожаротушение и тушение тонкораспыленной водой);
- рассматриваемая гибридная установка пожаротушения является универсальной и применимой для всех типов пожаров;
- сочетание инертного газа и воды в гибридных установках пожаротушения являются абсолютно безопасными для человека и окружающей среды, а также не наносит ущерб материальным ценностям, что делает его применимым в общественных, административных, зданиях, а также хранилищах материальных ценностей и объектах с наличием дорогостоящего оборудования;
- в сравнении со всеми применяемыми на территории РФ системами автоматического пожаротушения комбинированная газоводяная установка показывает высокий уровень универсальности и эффективности, что позволяет в ряде случаев рассматривать ее как альтернативу для всех существующих систем;
- из-за новизны разработки в мире на данный момент существует только один действующий стандарт на производство и применение данных огнетушащих систем – FM 5580-2012.

Список используемых источников

1 Андросов И.С., Бегишев И.Р. Салеев Е.П. Теория горения и взрыва [Электронный ресурс]: Академия ГПС МЧС России, 2015 URL: https://academygps.ru/upload/Library_files/fragments/26.pdf (дата обращения: 10.04.2022).

2 Бабуров В. П., Бабурин В. В., Фомин В. И., Смирнов В. И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения: Учебник. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. – 298 с.

3 Боевой устав подразделений пожарной охраны, определяющий порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ [Электронный ресурс] Приказ МЧС России от 16.10.2017 №444 URL: <https://docs.cntd.ru/document/542610435> (дата обращения: 10.04.2022).

4 Газовое пожаротушение [Электронный ресурс]: Сайт производственной компании «Пожарная безопасность» URL: https://pb-russia.ru/doc/pb_info/Gas_fire_fighting/ (дата обращения: 10.04.2022).

5 Журавский А.В. Национальные нормативы и международные стандарты пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Электронный журнал Системы безопасности 15.07.2020 URL: <https://www.secuteck.ru/articles/nacionalnye-normativy-i-mezhdunarodnye-standarty-pozharnoj-bezopasnosti> (дата обращения: 10.04.2022).

6 Концепция гармонизации российских и международных нормативных документов в области пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Протокол заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности от 18.06.2013 № 4 URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/yuridicheskim-licam/pozharnaya-bezopasnost/aktualnaya-informaciya-v-oblasti-tehnicheskogo-regulirovaniya-pozharnoy-bezopasnosti/koncepciya-garmonizacii-rossijskih-i-mezhdunarodnyh->

normativnyh-dokumentov-v-oblasti-pozharnoy-bezopasnosti (дата обращения: 10.04.2022).

7 О пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9028718> (дата обращения: 10.04.2022).

8 Определение категорий помещений, зданий, наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [Электронный ресурс]: Свод правил СП 12.13130.2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 10.04.2022).

9 Пенообразователи для тушения пожара Общие технические требования и методы испытания [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 50588-2012 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200093407> (дата обращения: 10.04.2022).

10 Полищук А.С. Пожарная безопасность по международным стандартам [Электронный ресурс]: Международный форум Технологии безопасности. 2019 г. URL: <https://www.tbforum.ru/blog/pozharnaya-bezopasnost-po-mezhdunarodnym-standartam> (дата обращения: 10.04.2022).

11 Порядок применения пенообразователей для тушения пожара [Электронный ресурс]: Рекомендации ФГУ ВНИИПО МЧС России от 27.08.2007 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200068985> (дата обращения: 10.04.2022).

12 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям [Электронный ресурс]: СП 4.13130.2013 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101593> (дата обращения: 10.04.2022).

13 Терещев В.В., Подгрушный А.В. Пожарная тактика [Электронный ресурс]: Академия ГПС МЧС России, 2012 URL: http://nucfps.ru/libraryFiles/d11_2012poz%20takt.pdf (дата обращения: 10.04.2022).

14 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ URL: <http://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 14.04.2022).

15 Установки автоматического порошкового пожаротушения автоматические. Типы и основные параметры [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 51091-97 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007279> (дата обращения: 14.04.2022).

16 Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой автоматические. Общие технические требования. Методы испытания [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 53288-2009 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071947> (дата обращения: 14.04.2022).

17 Установки водяного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 51043-97 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006830> (дата обращения: 14.04.2022).

18 Установки газового пожаротушения автоматические. Общие технические требования и методы испытания [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 50969-96 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007215> (дата обращения: 14.04.2022).

19 Установки пенного пожаротушения автоматические. Общие технические требования и методы испытания [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 50800-95 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200006829> (дата обращения: 14.04.2022).

20 Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования [Электронный ресурс]: ГОСТ 12.3.046-91 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003194> (дата обращения: 14.04.2022).

21 Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс]: Свод правил СП 485.1311500.2020 URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280> (дата обращения: 14.04.2022).

22 Фомин В.И. Краткий обзор развития автоматического пожаротушения // Научно-методический электронный журнал Пожары и чрезвычайные ситуации: Предотвращение, ликвидация. 2015. №1. С. 7-14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kratkiy-obzor-razvitiya-avtomaticheskogo-pozharotusheniya> (дата обращения: 14.04.2022).

23 Approval Standard for Hybrid (Water and Inert Gas) Fire Extinguishing Systems [Электронный ресурс]: Standard FM 5580-2012 URL: <https://docplayer.net/14193126-Approval-standard-for-hybrid-water-and-inert-gas-fire-extinguishing-systems.html> (дата обращения: 14.04.2022).

24 Hong-Zeng Yu, Robert Kasiski Hybrid (Water and Inert Gas) Fire Extinguishing Systems [Электронный ресурс]: 9th International Water Mist Conference, London, United Kingdom, 2009. URL: https://iwma.net/fileadmin/user_upload/IWMC_2009/FMGlobal_Yu_IWMC_2009.pdf (дата обращения: 14.04.2022).

25 Hongwei Liu, Fei Wang Research on N₂-inhibitor-water mist fire prevention and extinguishing technology and equipment in coal mine goaf [Электронный ресурс]: Electronic Research Journal Plos One. 2014. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0222003> (дата обращения: 14.04.2022).

26 Jerzy Gałaj, Tomasz Drzymala Assessment of extinguishing efficiency of hybrid system using water mist and inert gas during class A fires [Электронный ресурс]: MATEC Web of Conferences 247, 00013. 2018 URL: https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/pdf/2018/106/matecconf_fese2018_00013.pdf (дата обращения: 14.04.2022).

27 Liu, Z.; Kim, A.K. A Review of water mist fire suppression systems – fundamental studies [Электронный ресурс]: Journal of Fire Protection Engineering, v. 10, no. 3, 2000, pp. 32-50 URL: https://www.researchgate.net/publication/44050117_A_Review_of_Water_Mist_Fire_Suppression_Systems--_Fundamental_Studies (дата обращения: 14.04.2022).

28 Peter Raia, Michael J. Gollner University of Maryland Literature Review on Hybrid Fire Suppression Systems [Электронный ресурс]: University of Maryland Fire Protection Research Foundation. 2014. URL: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports/Suppression/RFLiteratureReviewonHybridFireSuppressionSystems.ashx> (дата обращения: 14.04.2022).

29 Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems [Электронный ресурс]: Standard NFPA 2001-2018 URL: https://niordc.ir/uploads/nfpa_2001_-_2004.pdf

30 Standard on Water Mist Fire Protection Systems 2006 Edition [Электронный ресурс]: Standard NFPA 750-2006 URL: <https://hamyarenergy.com/static/fckimages/files/NFPA/Намуар%20Energy%20NFPA%20750%20-%202006.pdf> (дата обращения: 14.04.2022).