

**В.В. АГАФОНОВ
Н.П. КОПЫЛОВ**

УСТАНОВКИ АЭРОЗОЛЬНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

**ЭЛЕМЕНТЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ,
ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ**

МОСКВА 1999

УДК 614.842

Агафонов В.В., Копылов Н.П. Установки аэрозольного пожаротушения: Элементы и характеристики, проектирование, монтаж и эксплуатация. - М.: ВНИИПО, 1999. - 232 с.

Рассмотрено современное состояние в области разработки новых высокоэффективных экологически безопасных средств, способов и установок объемного пожаротушения на основе твердотопливных аэрозолеобразующих огнетушащих составов (АОС). Изложены обобщенные сведения о принципах действия, физико-химических, огнетушащих и основных эксплуатационных свойствах, включая механические, взрывчатые, экологические и другие, характерных АОС и получаемых огнетушащих аэрозолей, о типовых генераторах огнетушащего аэрозоля, установках аэрозольного пожаротушения и условиях их эффективного и безопасного применения. Приведены общие требования, порядок и особенности расчета, выбора элементов, проектирования, монтажа и эксплуатации установок аэрозольного пожаротушения, а также сведения об основных нормативных документах, производителях средств аэрозольного пожаротушения и результатах их испытаний.

Книга, как справочно-методическое пособие, предназначена для работников пожарной охраны, специалистов организаций, разрабатывающих, проектирующих, монтирующих и эксплуатирующих системы противопожарной защиты различных стационарных и передвижных объектов. Она представляет научно-практический интерес для химиков-технологов, конструкторов, слушателей и студентов пожарно-технических, технических высших и средних специальных заведений.

Ил. 26, табл. 41, библиогр.: 154 назв., прил. 4.

ISBN 5-901140-04-4

© Агафонов В.В., Копылов Н.П., 1999

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы в России широко применяются принципиально новые экологически безопасные средства объемного пожаротушения, разрабатываемые на основе **твердотопливных аэрозолеобразующих огнетушащих составов (АОС)**. По основным технико-эксплуатационным показателям они превосходят все огнетушащие средства, используемые для тушения пожара в замкнутых объемах различных объектов (помещениях, сооружениях, аппаратуре и оборудовании, транспортных средствах и многих других отдельных изделиях). Значительное количество предприятий и организаций заняты разработкой и практическим внедрением аэрозольных средств пожаротушения. Однако до сих пор в технической литературе отсутствуют обобщенные данные о физико-химических и эксплуатационных свойствах АОС, исполнительных устройствах и особенностях применения АОС в установках аэрозольного пожаротушения.

В данной книге на основе результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и внедренческих работ, выполненных ВНИИПО и рядом других организаций при методическом участии института, а также анализа технической документации и публикаций авторами предпринята попытка систематизировать и обобщить основные сведения о характерных рецептурах АОС, технических устройствах для практи-

ческого применения АОС - генераторах огнетушащего аэрозоля (ГОА), установках объемного аэрозольного пожаротушения (УАП), их общих принципах действия, классификации, характеристиках и методах испытаний. Приведены основные правила и особенности проектирования, монтажа и эксплуатации автоматических установок аэрозольного пожаротушения, расчетные методы определения основных параметров установок, данные крупномасштабных и натурных испытаний, перечни основных терминов, нормативных документов, регламентирующих разработку и внедрение УАП. Даны практические рекомендации, направленные на повышение надежности и безопасности использования установок аэрозольного пожаротушения на различных объектах.

Книга состоит из введения, трех основных разделов, списка использованной литературы и четырех приложений.

В первом разделе представлены основные сведения, показатели, классификации, эксплуатационно-технические характеристики, принципы огнетушащего действия типовых модификаций АОС, ГОА и УАП, описаны общие закономерности и условия их эффективного и безопасного применения.

Второй раздел включает в себя основные правила проектирования, принципы выбора элементов и расчета параметров автоматических УАП.

В третьем разделе приведены основные положения общих технических требований, а также требований техники безопасности, соблюдение которых обязательно при монтаже, приемке и эксплуатации УАП.

В приложениях представлены основные нормативные документы, рекомендуемая единая терминология, данные о ведущих предприятиях-изготовителях ГОА, результаты натурных испытаний УАП.

Книга, как практическое пособие, предназначена для работников пожарной охраны, специалистов предприятий и организаций, разрабатывающих, проектирующих, монтирующих и эксплуатирующих системы противопожарной защиты различных стационарных и передвижных объектов. Она представляет интерес для химиков-технологов, конструкторов, слушателей и студентов пожарно-технических, технических высших и средних специальных заведений.

Авторы выражают признательность доктору технических наук, профессору В.И. Макееву за обстоятельную рецензию рукописи.

Авторы с благодарностью примут предложения и замечания; их можно направлять во ВНИИПО МВД России.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, несмотря на различные меры организационно-технического и конструктивного характера, направленные на обеспечение пожаробезопасности различных объектов, во всех странах наблюдается тенденция неуклонного роста количества взрывов и пожаров, человеческих жертв и материального ущерба. В России, например, даже при сокращении промышленного производства, в период 1994-1998 гг. зарегистрировано от 325,2 тыс. до 265,8 тыс. пожаров. При этом гибель людей составляла от 15,7 до 14,0 тыс. человек. Обеспечение надежной противопожарной защиты остается актуальной задачей и имеет важное государственное значение. Ее успешное решение во многом связано с созданием и использованием эффективных огнетушащих веществ, надежных и экономичных установок пожаротушения.

Наиболее эффективен широко применяемый объемный способ подавления очагов пожара, при котором во всем объеме защищаемого объекта создается среда, не поддерживающая процесс горения. В качестве основных огнетушащих веществ при объемном способе пожаротушения до сих пор используются газовые инертные разбавители (углекислый газ, азот, водяной пар, аргон и др.) и химически активные галоидоуглеводороды - хладоны (фреоны или галоны) 12B1, 13B1 и 114B2.

Инертные газовые разбавители имеют низкую огнетушащую способность (для типовых углеводородных горючих веществ удельный массовый огнетушащий расход составляет 0,6-0,8 кг/м³), и для тушения требуется большое их количество. Значительно эффективнее хладоны (для органических го-

рючих их нормативный удельный массовый расход составляет 0,22-0,37 кг/м³). Хладоны наиболее широко и эффективно использовались в установках объемного пожаротушения объектов различного назначения (около 80 % всех огнетушащих составов).

Однако с учетом обнаруженного разрушающего действия хлор- и бромсодержащих хладонов на озоновый слой Земли международным сообществом, включая Россию, принят ряд соглашений (Монреаль - 1987 г., Лондон - 1992, Копенгаген - 1994) о прекращении с 1994 г. производства и постепенном снижении применения данных хладонов. Поиск эффективных заменителей озоноразрушающих хладонов пока не дал положительных результатов. Предлагаемые в России и за рубежом озонобезопасные заменители хладонов заметно уступают им по огнетушащим и эксплуатационным свойствам. Кроме того, использование рекомендуемых озонобезопасных галоидоуглеводородов ведет к удорожанию установок пожаротушения и увеличению удельных массовых огнетушащих расходов (табл. 1).

Таблица 1

Масса озонобезопасных газов, требуемая для замены 1 кг CF_3Br (13B1)

Формула	Масса газа, кг
C_4F_{10}	1,92
CHF_3	1,5
$\text{C}_3\text{F}_7\text{H}$	1,6
$\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$	1,76
CF_3I	1,31

Некоторые озонобезопасные хладоны, по литературным данным, более токсичны, чем бромхладоны, в ряде случаев имеют худшие экологические показатели, например более высокие условные показатели экологической опасности: потенциала глобального потепления - ПГП и даже условного коэффициента озоноразрушающего действия - КОД* (табл. 2).

Таблица 2

Токсичность и экологические характеристики новых хладонов

Формула	Минимальная концентрация, при которой отсутствуют признаки отравления, % (об.)	КОД*	ПГП
CF_3Br (13B1)	5	10	4900
C_4F_{10}	40	0	5500
CHF_3	30	0	9000
$\text{C}_3\text{F}_7\text{H}$	9	0	2050
$\text{C}_2\text{F}_4\text{ClH}$	1	0,022	440
$\text{C}_2\text{F}_5\text{H}$	7,5	0	3400
CF_3I	0,2	0	0

Все без исключения озонобезопасные хладоны разлагаются в пламени и при контакте с нагретыми поверхностями с выделением коррозионно-активных и токсичных продуктов.

Анализ сравнительных технико-экономических характеристик показал, что большинство веществ, традиционно применяемых при объемном способе тушения, имеет низкую огнетушащую способность, а установки пожаротушения, в которых используются данные вещества, весьма громоздки, металлоемки, сложны в эксплуатации.

При переходе к рыночному хозяйству и введении страхования объектов различной собственности выбор вида их противопожарной защиты с учетом эффективности, экономичности, надежности и быстродействия приобретает особую актуальность.

В качестве альтернативы хладам могут служить порошковые составы, которые экологически безопасны и имеют достаточно высокую огнетушащую способность. Однако выпускаемые грубодисперсные порошки (средний размер 40-80 мкм и более) трудно распределить по объему, они малоэффективны при объемном способе тушения пожаров. Увеличение дисперсности порошков при существующих способах их получения и применения резко снижает эксплуатационные свойства (увеличивается влагопоглощение, комкование), что затрудняет их использование в установках объемного пожаротушения.

Наиболее перспективны способы порошкового пожаротушения, обеспечивающие одновременное получение высокодисперсных порошков и подачу их в защищаемый объем при тушении. Один из таких способов - использование процесса сжигания некоторых твердых топлив, в результате которого образуется смесь газов и конденсированных твердых частиц микронных размеров (твердофазные аэрозоли). Это позволяет устранить основные недостатки, свойственные традиционным порошкам, и тем самым повысить эффективность и надежность противопожарной защиты различных объектов. На основе данного способа ВНИИПО совместно со специализированными организациями (СКТБ "Технолог"; фирмой "Интертехнолог", г. Санкт-Петербург; НИИ прикладной химии, г. Сергиев Посад; Федеральным центром двойных технологий "Союз", г. Дзержинский и др.) обосновано (1985-1990 гг.) применение твердотопливных аэрозолеобразующих огнетушащих составов (АОС). Они значительно превосходят по огнетушащей способности и основным технико-экономическим показателям все огнетушащие средства, используемые при объемном способе тушения пожара. Различные модификации АОС и технические средства их применения - генераторы огнетушащего аэрозоля (ГОА) прошли комплексные исследования, а наиболее перспективные из них были рекомендованы для практического применения в установках аэрозольного пожаротушения (УАП).

В последние годы многие научно-производственные предприятия и фирмы (ФЦДТ "Союз", НИИ прикладной химии, СКТБ "Технолог", Пермское НПО им. Кирова, Бийское НПО "Алтай", Центральное научное конструкторское бюро, АО "Гранит-Саламандра", фирмы "Интертехнолог", "Эпотос+" и др.) специализируются на совершенствовании, выпуске и практическом внедрении достаточно большой номенклатуры твердотопливных АОС и ГОА. При этом разработчики и изготовители используют различные традиционные технологии и сырьевую базу своих производств. В книге не рассматриваются подробно особенности и преимущества различных освоенных разработок, акцент сделан на особенностях и закономерностях применения АОС и ГОА как новой разновидности средства объемного пожаротушения. Поэтому преимущественно

использованы показатели наиболее известных и характерных модификаций средств аэрозольного пожаротушения.

В России накоплен определенный положительный опыт использования данных средств аэрозольного пожаротушения для противопожарной защиты различных по назначению стационарных и передвижных объектов. Вместе с тем практика внедрения и эксплуатации УАП более резко обозначила и специфические особенности аэрозольного пожаротушения, незнание или неучет которых может привести к нежелательным ситуациям, когда УАП не только не обеспечит тушение возникшего пожара, но и может способствовать его развитию или явиться его источником.

Поэтому в настоящей книге в обобщенном виде изложены основные принципы действия, физико-химические, огнетушащие и эксплуатационные свойства АОС, включая механические, взрывчатые, токсические, коррозионные и другие, описаны характерные рецептуры АОС и синтезируемых огнетушащих аэрозолей, а также типовые генераторы огнетушащего аэрозоля, установки аэрозольного пожаротушения и условия их эффективного и безопасного применения. Представлены методики расчета и выбора основных характеристик УАП, результаты их натурных испытаний. Изложены общие требования, порядок и особенности проектирования, монтажа и эксплуатации УАП.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АЭРОЗОЛЬНОМ ПОЖАРОТУШЕНИИ

1.1. Твёрдотопливные аэрозолеобразующие огнетушащие составы (АОС)

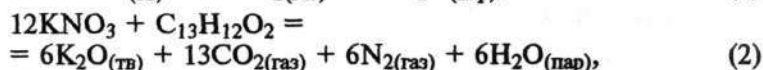
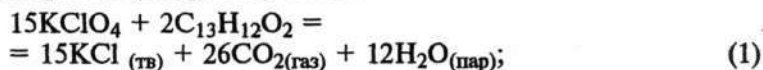
1.1.1. Общие понятия и свойства твёрдотопливных АОС Требования к АОС

Твёрдотопливные составы представляют собой специальные рецептурные композиции, основой которых являются горючие гетерогенные конденсированные смеси кислородосодержащих и горючих компонентов (базовых) с добавками (или без них) целевых и технологических компонентов. В нормальных условиях твёрдотопливные составы обладают высокой химической стабильностью, но при нагреве (от электроспиральной, пиропатронов, очага пожара и др.) способны интенсивно реагировать (сгорать) и обеспечивать требуемый эффект. Для пожаротушения таким эффектом является получение огнетушащих веществ с приемлемыми для практики эксплуатационными свойствами.

Горение твёрдотопливных составов является окислительно-восстановительной химической реакцией. Восстановителем выступают чаще всего различные органические или неорганически горючие вещества (металлы, неметаллы, органические, комплексные соединения и т. п.), а окислителем служит обычно кислород, выделяющийся при нагревании и разложении кислородосодержащих неорганических солей (например, перхлората или нитрата калия: $\text{KClO}_4 = \text{KCl} + 2\text{O}_2$;

$2\text{KNO}_3 = \text{K}_2\text{O} + \text{N}_2 + 2,5\text{O}_2$), окислов металлов, а также кислород воздуха (или в комбинации). Большинство реакций горения твердотопливных составов (пиротехнических, смесевых топлив и баллистичных порохов) протекает при высокой температуре (800-1000 °C) и обычно сопровождается пламенем. В результате реакции горения по различным принципиальным схемам образуются:

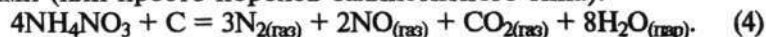
смеси твердых и газообразных веществ, как, например, при горении смесей фенолформальдегидной смолы - идитол с перхлоратом (нитратом) калия:



или только твердые вещества, как при реакции горения термита:



или только газо- и парообразные, как при горении аммиачной селитры с углеродом или другими органическими горючими (или просто порохов баллистичного типа):



Горение различных по составу и химической природе компонентов твердотопливных композиций - чрезвычайно разнообразный и сложный процесс. В общем виде его можно условно разделить на три стадии: инициирование, воспламенение (горение по всей поверхности) и собственно горение (распространение в глубину).

Для начала горения требуется внешнее тепловое воздействие (инициирование) на состав, т. е. нагревание хотя бы его части до температуры воспламенения. После воспламенения (горения по всей поверхности) правильно подобранного состава нет необходимости в дальнейшем его нагревании, так как выделяющегося при этом количества теплоты достаточно для воспламенения соседних слоев и протекания самоподдерживающейся реакции горения.

Горение твердотопливных составов представляет собой совокупность многих экзо- и эндотермических химических процессов, а также диффузии и теплопередачи. Принципиальная схема процесса горения твердотопливных составов представлена на рис. 1.1. Он начинается в конденсированной фазе, а заканчивается в газовой (в пламени). Процесс, протекающий в конденсированной фазе, чаще всего бывает суммарно слабоэкзотермическим, а протекающий в газовой фазе - суммарно экзотермический. Во многих случаях процесс в конденсированной фазе может протекать только за счет тепла, поступающего из газовой фазы (пламени). Непременное условие для нормального равномерного горения - равенство теплоприхода и теплоотвода во всех зонах реакции. При нарушении этого условия горение становится неравномерным (пульсирующим) или затухает.

Горение смесевых твердотопливных составов - более сложный процесс, чем горение газовых смесей. В общем случае оно неоднородно и многостадийно, зависит как от кинетических, так и диффузионных факторов. Скорость горения твердотопливных составов зависит лишь от процессов в достаточно узкой зоне, примыкающей к свежей смеси. Только в предельном случае (достаточно мелкодисперсных смесей летучих компонентов) горение протекает в чисто кинетическом режиме, а фронт горения становится плоским.

Для быстрой реакции необходимо тесное (молекулярное) соприкосновение и перемешивание реагирующих между собой компонентов. Большое влияние на скорость и характер



Рис. 1.1. Схема процесса аэрозольобразования при сгорании твердотопливных составов типа АОС:

I - зона прогрева состава; II - зона реакции в конденсированной фазе; III - зона смешения непрореагировавших компонентов; IV - зона реакции в газовой фазе; V - зона конденсации продуктов реакции с образованием аэрозоля (смеси твердых частиц и газов); VI - зона транспортирования и охлаждения аэрозоля

перемешивания компонентов оказывает агрегатное состояние горючего и окислителя в зоне прогрева и зоне реакции. Если исходное вещество представляет собой смесь твердых компонентов, каждый из них может либо остаться в твердой фазе, либо расплавиться, либо газифицироваться. При этом возможны варианты взаимодействий: 1) тв + тв; 2) тв + ж; 3) тв + г; 4) ж + ж; 5) ж + г; 6) г + г.

Перемешивание компонентов до начала реакции может происходить лишь при условии, что горючее и окислитель (или продукты их деструкции) обладают достаточной взаимной растворимостью. Это условие всегда удовлетворяется в шестом случае и практически не удовлетворяется в третьем и пятом случаях. Таким образом, в случаях 6) г + г, а также 1) тв + тв, 2) тв + ж, 4) ж + ж (при условии достаточной растворимости компонентов) перемешивание может частично (а для тонкодисперсных смесей - полностью) протекать еще до начала реакции. Напротив, в случаях 3) тв + г, 5) ж + г, которые соответствуют горению нелетучих частиц или капель компонентов в потоке газа, перемешивание может происходить только одновременно с реакцией.

В твердом состоянии реакция горения для большинства топлив практически невозможна. Быстрое взаимодействие компонентов начинается только тогда, когда хотя бы один из них переходит в жидкое или газообразное состояние.

В конденсированной фазе реакции взаимодействия чаще всего протекают при следующих агрегатных состояниях компонентов: тв + ж или ж + ж. Компоненты составов часто имеют резко отличающиеся температуры плавления, кипения или термического разложения. Поэтому реакции между компонентами или продуктами их разложения происходят часто на поверхности раздела конденсированной и газовой фаз; при этом возможны такие виды взаимодействий, как тв + г и ж + г.

Скорость химических реакций во многом зависит и от скорости физических процессов: газовой (жидкостной) диффузии и скорости удаления из зоны реакции продуктов горения. В зоне наиболее высокой температуры большая часть реагирующих веществ находится в газообразном состоянии и реакция протекает по схеме г + г. На этой стадии горения во

многих случаях принимает участие кислород воздуха. Образующиеся в конденсированной фазе газы отрывают и увлекают за собой в пламя твердые и жидкие частицы исходных компонентов (расплавов окислителя, горючего или их смесей), которые при последующем движении в пламени полностью (или частично) исчезают, реагируя с окружающей их газовой средой.

Соединения металлов, полученные в газофазных химических реакциях и находящиеся в пламени в газо(паро)образном состоянии, попадая в холодную окружающую среду, охлаждаются и перенасыщают пространство. При этом происходит их конденсация с образованием в потоке выделившегося газа твердых частиц субмикронных размеров, например, различных соединений щелочных металлов. Образующуюся в процессе горения такую двухфазную систему (смесь газов и микронных размеров твердых частиц) называют твердофазным аэрозолем.

Наиболее перспективны, с позиции использования процесса горения твердых топлив для получения в продуктах сгорания эффективных огнетушащих смесей, твердотопливные составы, например, приведенные в реакциях (1) и (2). Эти составы практически полностью сгорают, в том числе при участии кислорода воздуха, с образованием твердофазных аэрозолей, т. е. смесей негорючих газообразных веществ (азот, углекислый газ, пары воды и т. п.) и конденсированных (твердых) соединений, преимущественно щелочных или/и щелочно-земельных металлов (оксидов, гидроксидов, карбонатов, бикарбонатов, хлоридов и др.) в виде твердых частиц микронных размеров. Получаемые указанным способом аэрозоли обладают высокой огнетушащей способностью. Такие твердотопливные составы, являющиеся источниками огнетушащих аэрозолей, называются **твердотопливными аэрозолеобразующими огнетушащими составами (АОС)**.

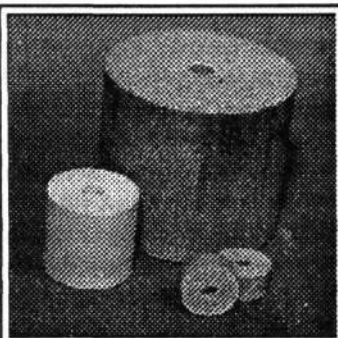


Рис. 1.2. Общий вид характерных огнетушащих зарядов АОС

Они применяются в виде огнетушащих зарядов, сформованных из предварительно измельченных или растворенных компонентов с использованием различных технологий пиротехники, пороходелия и смесевых топлив (прессованием, литьем и др.). Огнетушащие заряды АОС изготавливаются различной массы, размеров и конфигурации (чаще всего цилиндрической формы с внутренними каналами или без них (рис. 1.2).

Назначение твердотопливных АОС

АОС предназначены для получения огнетушащих аэрозолей и одновременной их подачи на тушение пожара, главным образом в замкнутых (ограниченных) объемах защищаемых помещений, сооружений или отдельных изделий стационарных и передвижных объектов.

Компоненты АОС и их основные свойства

По основному эксплуатационно-технологическому назначению компоненты АОС условно подразделяют на **базовые, целевые и технологические**.

Основой твердотопливных композиций (составов) служит гетерогенная смесь **окислителя с горючим**, а их широко используемые представители являются **базовыми компонентами** (смеси на их основе - **базовыми составами**). Базовые компоненты (составы) обеспечивают протекание после инициирования устойчивой самоподдерживающейся (во всем диапазоне возможных изменений внешних воздействий) химической окислительно-восстановительной реакции (процесса горения) и получение основных эффектов по назначению. На их основе могут разрабатываться различные типовые и специальные модификации рецептур с требуемыми эксплуатационными показателями, изготавливаться по различным технологиям огнетушащие заряды.

Целевые компоненты предназначены для обеспечения твердотопливным составам, их зарядам, процессу взаимодействия базовых компонентов и продуктам их горения требуемых для практического применения физико-химических и эксплуатационных характеристик.

Технологические компоненты служат для обеспечения технологичности, экономичности и безопасности производства сформованных зарядов при сохранении основных эффектов по назначению.

Все компоненты, входящие в рецептуры твердотопливных аэрозольобразующих огнетушащих составов (АОС), по физико-химическому назначению можно разделить на следующие основные категории:

- а) окислители;
- б) горючие;
- в) связующие (цементаторы) - вещества, обеспечивающие необходимую механическую прочность сформованных огнетушащих зарядов;
- г) флегматизаторы - вещества, уменьшающие чувствительность, температуру, скорость горения состава;
- д) стабилизаторы - вещества, увеличивающие химическую стойкость состава;
- е) катализаторы (ингибиторы) - вещества, ускоряющие (замедляющие) процесс горения (аэрозольобразования);
- ж) вещества специального технологического назначения (жирующие добавки, растворители и т. п.) и др.

Окислители АОС должны представлять собой твердое вещество с температурой плавления не ниже $\approx 60^\circ\text{C}$ и обладать следующими качествами:

- содержать максимальное количество кислорода;
- легко отдавать кислород при горении АОС;
- содержать по возможности максимальное количество щелочного металла и инертного газа (например, азота);
- не разлагаться взрывообразно при нагревании;
- представлять собой химическое соединение, устойчивое в интервале температур $\pm 50 \dots \pm 70^\circ\text{C}$ и не разлагающееся под действием воды;
- быть минимально гигроскопичным;
- не оказывать токсического действия на человека;
- быть недефицитным и по возможности дешевым.

Таблица 1.1

Физико-химические свойства неорганических солей, применяемых
в качестве окислителей в рецептурах современных АОС

Окисли- тель	М	ρ , г/см ³	$T_{пл}$, °С	$T_{разл}$, °С	% [O]	% [N]	$Q_{разл}$, кДж/г	Раствори- мость в воде, г/100 г рас- твора (20 °С)	Реакция разложения
KClO ₄	139	2,5	525-588	530-619	46	-	+5,0	1,7	$KClO_4 \div$ $= KCl + 2O_2$
NaNO ₃	85	2,2	304-310	320-753	47	16,5	-508	47	$2NaNO_3 =$ $= Na_2O + N_2 +$ $+ 2,5O_2$
KNO ₃	101	2,1	332-337	360-805	40	14,6	-634	24	$2KNO_3 =$ $= K_2O + N_2 +$ $+ 2,5O_2$
Ba(NO ₃) ₂	261	3,2	592	555-692	30	10,7	-437	8	$Ba(NO_3)_2 =$ $= BaO + N_2 +$ $+ 2,5O_2$

В табл. 1.1 приведены основные физико-химические свойства солей-окислителей (перхлорат калия KClO_4 , нитраты натрия NaNO_3 , калия KNO_3 , бария $\text{Ba(NO}_3)_2$), используемых в большинстве рецептур современных АОС.

Горючие компоненты АОС должны удовлетворять следующим основным требованиям:

иметь теплоту горения, обеспечивающую получение высокоэффективного огнетушащего аэрозоля при давлении, близком к атмосферному;

достаточно легко окисляться за счет кислорода окислителя или воздуха;

при сгорании выделять большое количество газовой смеси, по возможности "инертной" (азот, углекислый газ, пары воды) и не содержащей токсичных, коррозионно-активных и озоноразрушающих соединений;

потреблять при сгорании минимальное количество кислорода;

иметь по возможности минимальные взрывчатые свойства;

быть химически и физически стойкими до $\pm 70^\circ\text{C}$, по возможности устойчивыми к действию слабых растворов кислот и щелочей;

быть малогигроскопичными (негигроскопичными);

обладать по возможности одновременно свойствами связующих-цементаторов (или/и флегматизаторов, стабилизаторов) и другими специальными технологическими и эксплуатационными свойствами;

легко измельчаться;

не оказывать токсического действия на человеческий организм;

быть недефицитными и по возможности дешевыми.

В табл. 1.2 приведены основные физико-химические свойства характерных горючих компонентов, используемых в рецептурах АОС.

Для увеличения прочности огнетушащих зарядов в АОС вводят **связующие вещества (цементаторы)**. В качестве связующих используют искусственные (идитол, эпоксидные, полиэфирные смолы и др.) и естественные (канифоль и т. п.) смолы, клеи (декстрин и т. п.), лаки, каучуки, нитроцеллюлозу с пластификаторами и другие органические вещества. Важными свойствами большинства связующих являются нерастворимость

Таблица 1.2

Физико-химические свойства характерных горючих компонентов в рецептурах АОС

Горючее	ρ , г/см ³	Температура, °С	$Q_{гор}$, кДж/г	Масса горюче- го (г), сгораю- щего за счет 1 г O ₂	Раство- римось в H ₂ O, (20 °С)
Магний	1,7	$T_{пл} = 650$; $T_{кип} = 1105-1120$; $T_{сма} = 420-440$	25,2	1,52 (MgO)	Реагиру- ет
Идитол $C_{48}H_{42}O_7$ ($C_{13}H_{11}O_2$)	1,3	$T_{пл} = 90-105$; $T_{кип} = 570-620$ (разлаг.); $T_{сма} = 522$	32,8	0,74 (CO; H ₂ O); 0,42 (CO ₂ ; H ₂ O)	Не раствор.
Эпоксидные смо- лы ЭД-5...ЭД-22	1,15-1,25	70-85 размяг. (>ЭД-16 - н.у. - жидк); > $T_{кип}$ -разлаг.; $T_{восп} = 290-300$; $T_{сма} = 445-570$	30,7	-	Не раствор.
Каучук натураль- ный	0,91	$T_{восп} = 129$; $T_{сма} = 375$	41,9-44,8	-	Не раствор.
Каучуки синтети- ческие	0,87-1,08	$T_{восп} = 194-390$ $T_{сма} = 315-475$	28,0-45,2	-	Не раствор.
Пороха нитроглице- риновые (пирокси- лин, колоксилин)	1,5-1,6	$T_{сма} = 158-165$	3,7 (1 атм)	-	Не раствор.

20

Окончание табл. 1.2

Горючее	ρ , г/см ³	Температура, °С	$Q_{гор}$, кДж/г	Масса горюче- го (г), сгорающего за счет 1 г O ₂	Раство- римось в H ₂ O, (20 °С)
Дициандиамид $C_2H_4N_4$	1,4	$T_{пл} = 209$ (разлаг.); $T_{сма} = 845$		1,31 (CO; H ₂ O) 0,88 (CO ₂ ; H ₂ O)	Трудно- раств. (2,2 г)
Уголь древесный	0,4	$T_{сма} = 340$	33,9	0,94 (CO; H ₂ O) 0,48 (CO ₂ ; H ₂ O)	Не рас- твор.
Стеарин (стеари- новая кислота)	0,85-0,94	$T_{пл} = 71-72$; $T_{восп} = 220$; $T_{сма} = 290$	36,9	0,52 (CO; H ₂ O) 0,34 (CO ₂ ; H ₂ O)	Не рас- твор.
Парафин	0,8-0,9	$T_{пл} = 44-60$; $T_{восп} = 150-170$; $T_{сма} = 215-250$	45,8	0,43 (CO; H ₂ O) 0,29 (CO ₂ ; H ₂ O)	Не рас- твор.

21

Примечание. $T_{пл}$, $T_{разлаг.}$, $T_{кип}$, $T_{разлаг.}$, $T_{восп}$, $T_{сма}$ - температуры, соответственно, плавления, раз-
мягчения, кипения, разложения, воспламенения, самовоспламенения.

в воде, растворимость в органических растворителях, пленкообразующая способность и сопротивляемость гниению. Чаще всего данные связующие выполняют одновременно и роль горючего.

Основные тактико-технические показатели АОС

К наиболее важным тактико-техническим показателям, характеризующим основные физико-химические и эксплуатационные свойства, а также условия эффективного и безопасного использования различных твердотопливных огнетушащих АОС, относятся следующие.

Огнетушащая способность АОС (огнетушащая массовая концентрация или удельный огнетушащий расход) C_m , г/м³ - отношение минимальной массы заряда АОС к величине герметичного объема, при котором обеспечивается тушение модельного очага пожара в течение не более 5 с.

Теплота горения АОС Q_z , кДж/кг (кДж/г) - количество теплоты, выделяемой при горении единицы массы АОС.

Температура горения АОС T_z , °С - максимальная (средняя) температура реакции горения (аэрозолеобразования).

Скорость (линейная) горения АОС (при давлении 0,1 МПа) V_z , мм/с - скорость распространения зоны (поверхности) горения от поверхности в глубину образца заряда АОС.

Газопроизводительность $V_{z/n}$, м³/кг (л/г) - объем газообразных продуктов горения (приведенный к нормальным условиям), выделяемый при сгорании единицы массы заряда АОС.

Степень превращения АОС в аэрозоль η_a , % масс. - доля исходной навески заряда АОС, превращающаяся при горении в аэрозоль.

Коэффициент обеспеченности (кислородного баланса) АОС окислителем $\alpha_{ок}$ - отношение количества окислителя, содержащего в составе, к количеству окислителя, необходимого для полного сгорания (окисления) горючего.

Чувствительность к тепловым воздействиям (температура самовоспламенения, чувствительность к лучу огня) - способность состава воспламеняться (самовоспламеняться) при нагревании заряда (или его части) от внешнего источника тепла (огня).

Чувствительность к механическим воздействиям (удар, трение) - способность АОС воспламеняться от выделяемой тепловой энергии при ударе твердой поверхностью или трении с твердой поверхностью.

Взрывчатые свойства (детонационная способность) АОС - способность вызывать взрывное горение практически одновременно всей массы инициированного АОС, возникновение детонации и проявление метательных свойств (бризантности).

Класс опасности зарядов АОС при транспортировании - классификация зарядов АОС по взрывчатым свойствам, в соответствии с которой по ГОСТ 19433 установлены общие требования и правила обеспечения безопасности при перевозке опасных грузов различными видами транспорта.

Физико-химическая стойкость (гигроскопичность, механическая прочность, температурный диапазон, химическая стабильность компонентов, срок службы) - способность АОС сохранять физико-химические характеристики (состав, геометрические размеры, целостность зарядов, параметры процессов воспламенения и горения) в течение определенного времени при определенных изменениях влажности, температуры, давления среды, ударных и вибрационных внешних воздействий.

Токсичность огнетушащего аэрозоля - способность некоторого количества огнетушащего аэрозоля, получаемого в строго определенных условиях, в течение заданного промежутка времени оказывать токсическое действие на живые организмы (животных, людей) и вызывать различные нарушения показателей жизнедеятельности.

Коэффициент относительного озоноразрушающего действия (КОД*) - показатель, характеризующий сравнительную потенциальную способность огнетушащего аэрозоля АОС разрушать озоновый слой Земли, например, по сравнению с хладоном 11.

Допустимое для применения АОС напряжение в электроустановках, В - допустимое напряжение в электроустановках, при котором применение огнетушащего аэрозоля в количествах, обеспечивающих тушение пожара, не вызывает критического снижения электросопротивления среды или поверхности и объемного или поверхностного пробоя электроизоляционного пространства между электроконтактами.

Скорость глубинной коррозии веществ и материалов при воздействии огнетушащего аэрозоля, мм/год - скорость распространения коррозии от поверхности в глубину металлов, их сплавов и других материалов, возникающей после воздействия на них огнетушащего аэрозоля в течение определенного времени и в количествах не менее требуемых для тушения.

Коэффициент поглощения света в огнетушащем аэрозоле - способность огнетушащего аэрозоля полностью или частично поглощать свет от стандартного источника.

Знание этих тактико-технических показателей позволяет формулировать основные требования к твердотопливным составам, используемым в качестве источников огнетушащих аэрозолей, классифицировать разрабатываемые АОС по основным признакам, обоснованно выбирать перспективные рецептуры и области эффективного и безопасного практического применения для противопожарной защиты различных объектов.

Общие требования к АОС

Твердотопливные аэрозолеобразующие огнетушащие составы должны отвечать следующим основным требованиям:

- обладать химической и физической стойкостью при длительном хранении;

- стабильно воспламеняться и равномерно гореть с определенной скоростью при давлении, близком к атмосферному, иметь минимально возможную зависимость скорости горения (аэрозолеобразования) от величины внешнего давления (барический показатель);

- иметь минимальные взрывчатые свойства;

- иметь возможно низкую чувствительность к механическим воздействиям (удару, трению);

- не быть чрезмерно чувствительными к тепловым воздействиям (не воспламеняться при небольшом подъеме температуры);

- не содержать дефицитных компонентов;

- не содержать компонентов, оказывающих токсическое действие на организм человека;

- иметь несложный технологический процесс изготовления композиций (смесей) и огнетушащих зарядов.

Огнетушащие заряды АОС должны:

обладать повышенной механической прочностью;
 обладать минимальной гигроскопичностью (влагопоглощением);

иметь широкий температурный диапазон эксплуатации.

Огнетушащие аэрозольные продукты горения АОС должны:

обладать высокой огнетушащей способностью при минимальных удельных расходах состава;

иметь переносимый для человека уровень токсичности;

быть экологически безопасными (не загрязнять атмосферу, почву вредными веществами, не оказывать разрушающего воздействия на озоновый слой Земли) и легко утилизируемыми;

обладать умеренной коррозионной активностью по отношению к металлам, их сплавам и полимерным материалам;

иметь по возможности минимальную температуру.

Классификация твердотопливных АОС

В зависимости от основных физико-химических, технологических, прочностных, экологических и других наиболее важных эксплуатационных свойств АОС (огнетушащие заряды) условно классифицируют:

- по огнетушащей способности;
- экологической безопасности;
- эксплуатационной безопасности;
- температуре самовоспламенения;
- температуре горения (аэрозолеобразования);
- скорости горения (аэрозолеобразования);
- газопроизводительности;
- кислородному балансу;
- гигроскопичности (влагопоглощению);
- прочностным характеристикам;
- температурному диапазону эксплуатации;
- сроку хранения;
- технологии изготовления огнетушащих зарядов.

По огнетушащей способности АОС подразделяют:

на высокoeffективные составы (огнетушащая способность составов не менее чем в 5 раз превышает хладоны 114В2 или 13В1, а массовая огнетушащая концентрация - удельный расход АОС для диффузионных пламен углеводородов типа н-гептан в расчете на исходную навеску составляет не более 50 г/м³);

составы с повышенной огнетушащей эффективностью (огнетушащая способность составов превышает в 2-5 раз огнетушащую способность хладонов 114В2 или 13В1, а массовая огнетушащая концентрация для углеводородов составляет не более 100 г/м³);

эффективные составы (огнетушащая способность таких составов не ниже огнетушащей способности хладонов, массовая огнетушащая концентрация для углеводородов составляет 100-200 г/м³);

составы средней эффективности (огнетушащая способность таких составов ниже, чем у хладонов, но не ниже, чем у "инертных" газов (углекислого газа, азота и т.п.), а массовая огнетушащая концентрация составляет 200-500 г/м³).

По экологической безопасности АОС разделяют:

на экологически безопасные (коэффициент относительного озоноразрушающего действия аэрозолей КОД* = 0, класс опасности по токсичности аэрозолей в соответствии с ГОСТ 12.1.044-89 - малоопасные);

экологически малоопасные (КОД* < 0,1, класс опасности по ГОСТ 12.1.044-89 - умеренноопасные);

По эксплуатационной безопасности АОС подразделяют:

на легковоспламеняющиеся умеренноопасные (температура самовоспламенения более 450 °С, максимальная величина температуры горения не более 1000 °С, линейной скорости горения исходной смеси или зарядов не более 5 мм/с, отсутствие перехода горения в режим детонации);

легковоспламеняющиеся повышенной опасности (температура самовоспламенения 300-450 °С, максимальная величина температуры горения 1000-1500 °С, скорости горения исходной смеси или зарядов не более 10 мм/с, отсутствие перехода горения в режим детонации);

легковоспламеняющиеся высокоопасные (температура самовоспламенения менее 300 °С, максимальная величина температуры горения более 1500 °С, линейной скорости горения исходной смеси или зарядов более 10 мм/с, возможен переход горения в детонацию).

По температуре самовоспламенения АОС условно разделяют: на высокочувствительные по температуре (температура самовоспламенения менее 150 °С);

термочувствительные (температура самовоспламенения 150-300 °С);

среднечувствительные к повышению температуры (температура самовоспламенения более 300 °С, но менее 500 °С);

низкочувствительные по температуре (температура самовоспламенения более 500 °С).

По температуре горения АОС условно разделяют:

на низкотемпературные (менее 800 °С);

среднетемпературные (800-1000 °С);

с повышенной температурой горения (1000-1500 °С);

высокотемпературные (более 1500 °С).

По скорости горения огнетушащих зарядов АОС подразделяют:

на медленногорящие (линейная скорость горения зарядов менее 1 мм/с);

умеренногорящие (линейная скорость горения зарядов 1-5 мм/с);

быстрогорящие (линейная скорость горения зарядов 5-10 мм/с);

высокоскоростные (линейная скорость горения зарядов более 10 мм/с).

По газопроизводительности (при нормальных условиях) АОС подразделяют:

на составы низкой газопроизводительности (менее 0,2 л/г);

составы средней газопроизводительности (0,2-0,4 л/г);

составы повышенной газопроизводительности (0,4-0,7 л/г);

составы высокой газопроизводительности (более 0,7 л/г).

По кислородному балансу (коэффициенту обеспеченности окислителем) АОС подразделяют:

на составы с отрицательным кислородным балансом ($\alpha_{ок} < 1$);

составы с нулевым кислородным балансом - стехиометрические ($\alpha_{ок} = 1$);

составы с положительным кислородным балансом ($\alpha_{ок} > 1$).

По гигроскопичности АОС подразделяют:

на малогигроскопичные - влагостойкие (влагопоглощение за 24 ч не более 0,1 % или растворимость компонентов в воде при 20 °С не более 10 г в 100 г раствора);

с умеренной гигроскопичностью (влагопоглощение за 24 ч не более 0,4 % или растворимость компонентов в воде при 20 °С 10-40 г и менее в 100 г раствора);

гигроскопичные (влагопоглощение за 24 ч более 0,4 % или растворимость компонентов в воде при 20 °С более 40 г в 100 г раствора);

По прочностным характеристикам (в диапазоне температур ± 50 °С) огнетушащие заряды АОС подразделяют:

на высокопрочные виброустойчивые (предел прочности зарядов на разрыв/растяжение σ_p и сжатие $\sigma_{сж}$ более 30 МПа);

повышенной прочности (σ_p и/или $\sigma_{сж}$ 10-30 МПа);

средней прочности (σ_p и/или $\sigma_{сж}$ 1-10 МПа);

малопрочные (σ_p и/или $\sigma_{сж}$ менее 1 МПа).

По допустимому температурному диапазону эксплуатации АОС (заряды) подразделяют:

на АОС нормальной температуроустойчивости ... $\pm(30-40)$ °С;

повышенной температуроустойчивости ... $\pm(40-50)$ °С;

высокой температуроустойчивости ... $\pm(50-70)$ °С.

По сроку хранения АОС подразделяют:

на краткосрочного хранения (менее 5 лет);

средней продолжительности хранения (5-10 лет);

длительного хранения (более 10 лет).

По технологии изготовления огнетушащих зарядов АОС условно подразделяют:

- на прессованные (глухое, проходное прессование и т. д.);
- баллиститные (по технологии изготовления баллиститных порохов на основе гетерогенных смесей с растворителями);
- литьевые (свободное литье или литье под давлением);
- комбинированные и др.

1.1.2. Типовые АОС и их огнетушащая эффективность

Типовые рецептуры АОС

В соответствии с описанными выше требованиями к средствам аэрозольного пожаротушения, классификацией АОС и с учетом физико-химических свойств основных компонентов производится выбор базовых рецептур. На их основе с введением целевых компонентов разрабатываются типовые рецептуры АОС (по основным компонентам, назначению и применению), предназначенные для широкого использования в качестве источников огнетушащего аэрозоля в установках объемного аэрозольного пожаротушения, или специальные (с высокими отдельными показателями), предназначенные для более узкого применения.

В качестве окислителей в типовых (характерных) АОС чаще всего используют нитрат калия (калиевая селитра KNO_3) или/и перхлорат калия KClO_4 , реже – нитраты натрия NaNO_3 , бария $\text{Ba(NO}_3)_2$ и некоторые другие.

Горючей основой (горючими-связующими компонентами) большинства АОС, производимых в России по различным технологиям, являются нерастворимые в воде следующие органические синтетические соединения: фенолформальдегидная новолачная смола идитол (СФ-0112А) и/или эпоксидные диановые смолы (ЭД-16 ... ЭД-22), полиэфирные (ПЭ) смолы, синтетические каучуки (нитрильные – СКН, дивинилстирольные – ДСТ), нитроцеллюлоза с различными пластификаторами и содержанием азота (НЦ / пластификатор) и др.

Для обеспечения требуемых характеристик в качестве целевых компонентов широко применяются азотсодержащее

органическое соединение дициандиамид - ДЦДА (для повышения газопроизводительности, огнетушащей способности АОС и снижения температуры огнетушащего аэрозоля), металлический порошок магния (для интенсификации процесса выделения и количества аэрозоля), карбонаты калия, магния, кальция, хлориды калия, натрия и т. п. (для снижения температуры выделяемого огнетушащего аэрозоля), хроматы калия и аммония (катализаторы - для интенсификации процесса выделения аэрозоля) и др. На основе данных компонентов созданы, прошли комплексную отработку и рекомендованы для практического использования разные модификации типовых эффективных АОС различного назначения (в зависимости от основных физико-химических и эксплуатационных свойств). В табл. 1.3 и 1.4 приведены основные характеристики типовых АОС, серийный выпуск которых освоен на опытных и промышленных производствах.

Таблица 1.3

Типовые АОС

№ п/п	Базовые компоненты АОС	Целевые компоненты	Марки АОС	Характеристика АОС	Технология производства зарядов
1	Идитол KNO3	-	СТК-5-1	Базовые огнетушащие	Пиротехническая (глухое пресование)
2		ДЦДА	СТК-2МД МГИФ	Среднетемпературные огнетушащие	
3		Карбонаты (К, Mg, NH4 и др.)	СТК-24МФ СТК-НТ МГИФ		
4		K2CrO4 (±ДЦДА)	СТК-2МХД СТК-5-1Х МГИФ	Высокоскоростные огнетушащие	

Продолжение табл. 1.3

№ п/п	Базовые компоненты АОС	Целевые компоненты	Марки АОС	Характеристика АОС	Технология производства зарядов
5	Идитол KNO ₃	Каучук ДСТ Катализатор	СБК-2(М) СБК-3(М)	Высокопрочные влагостойкие огнетушащие	Баллистическая (шнечное прессование, проходное прессование и т. п.)
6		Каучук ДСТ KClO ₄	СБК-2 СБК-3		
7	ЭД-16(22)/отвердитель KNO ₃	-	Л-1	Базовые высокопрочные влагостойкие огнетушащие	Литевая (сводное литье, литье под давлением, комбинированное и т. п.)
8		Идитол	Л-2		
9	ЭД-22/отвердитель KNO ₃	KClO ₄	ПАС-11-8	Высокопрочные влагостойкие огнетушащие	
10		KClO ₄ Mg KCl	Е-1		
11	ПЭ/отвердитель, KNO ₃	KClO ₄ Идитол	ПАС-47М		
12	НЦ/пластификаторы	-	ГГ-1 ТЧ-1		
13		KNO ₃	ПТ-4 ПТ-50		
14		KNO ₃ KClO ₄ Ba(NO ₃) ₂	СЭПТ		

Окончание табл. 1.3

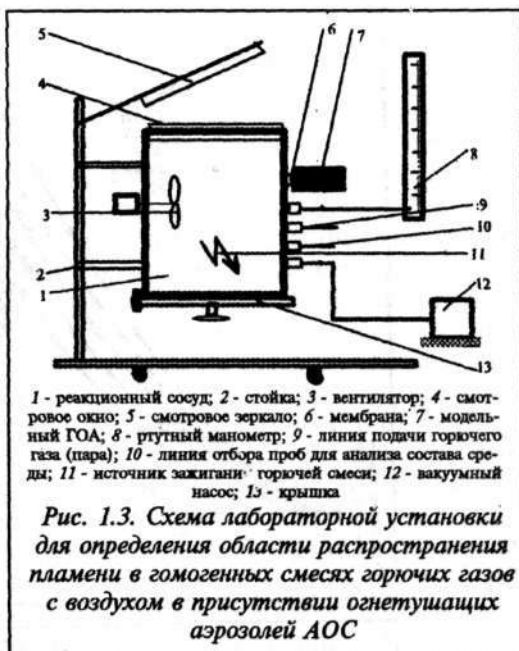
№ п/п	Базовые компоненты АОС	Целевые компоненты	Марки АОС	Характеристика АОС	Технология производства зарядов
15	НЦ/пластификаторы	$K_2Cr_2O_7$	СТК-4	Термочувствительные огнетушащие	Баллистическая (шпек-прессование, проходное прессование и т. п.)
16		Карбонаты К, Са, Mg	КР-100(200) ТЧ-2 ОПШ	Термочувствительные огнепроводные	

Огнетушащая способность АОС

Важнейшим показателем всех средств объемного пожаротушения является огнетушащая способность, т. е. способность определенной по величине массовой (объемной) концентрации (удельного расхода) огнетушащего вещества ($г/м^3$) предотвращать воспламенение взрывоопасной газопаровоздушной смеси либо подавлять диффузионное горение в единице защищаемого объема. Поэтому при выборе перспективных огнетушащих составов для использования их в установках пожаротушения необходимы данные об их огнетушащей способности.

Один из наиболее распространенных и универсальных методов оценки огнетушащей способности - основанный на воздействии исследуемого огнетушащего вещества на область распространения (воспламенения) пламени в гомогенной смеси горючего с воздухом. Аппаратурное оформление метода такое же, как и при определении пределов воспламенения (по ГОСТ 12.1.044). По результатам опытов строят графики в координатах: пределы воспламенения, % об. - добавка, $г/м^3$. За огнетушащую способность принимают удельное количество исследуемого огнетушащего вещества, соответствующее пику

кривой. В дальнейшем эти испытания называются методом определения минимальной величины флегматизирующей концентрации огнетушащего вещества. Получаемые этим методом данные, характеризующие флегматизацию предварительно приготовленных смесей горючего и окислителя (воздуха), более надежны и могут приниматься в качестве огнетушащих концентраций при пожаротушении и предупреждении взрывов (флегматизации).



Методика определения флегматизирующей концентрации АОС для горючих гомогенных газозводушных смесей. Экспериментальное определение флегматизирующей концентрации АОС проводят на стандартной установке "Предел" (конструкция ВНИИПО) в реакционной камере объемом около 53 л (рис. 1.3). Опыты проводят в следующем порядке. При начальном давлении 300-400 мм рт. ст. из модельного генератора, снаряженного определенным зарядом АОС, в камеру подают огнетушащий аэрозоль. Через 1 мин (необходимое время для охлаждения аэрозоля) по парциальному давлению в течение 1-3 мин подают и перемешивают горючий газ (пар). По окончании подачи горючего газа (пара) камеру вскрывают, и ее объем сообщается с атмосферой, перемешивание прекращают. Затем открывают нижнюю крышку и производят зажигание смеси горючее-воздух-аэрозоль. Факт воспламенения (невоспламенения) смеси и распространения (нераспространения) пламени по объему фиксируют визуально.

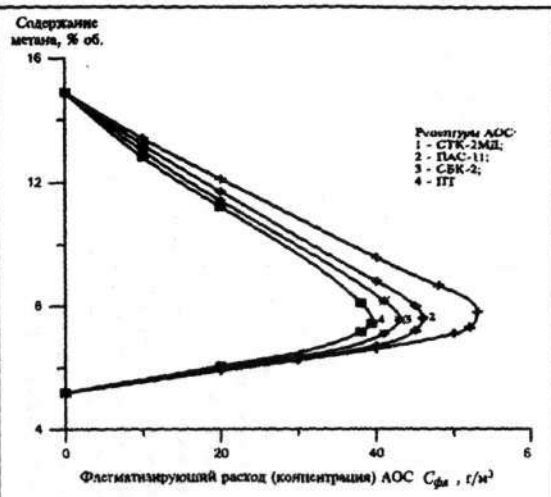


Рис. 1.4. Область распространения пламени по метановоздушной смеси в присутствии аэрозолей АОС

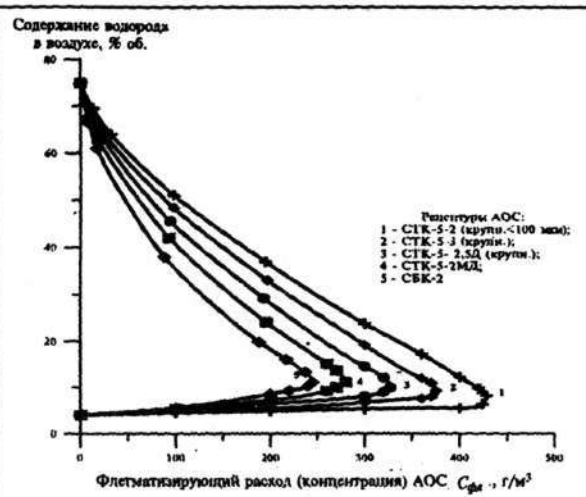


Рис. 1.5. Область распространения пламени по водородовоздушной смеси в присутствии аэрозолей АОС

Для различных концентраций горючего в воздухе определяют концентрацию аэрозоля (в пересчете на исходную навеску заряда АОС), при которой происходит распространение пламени и "отказ". По результатам опытов строят область распространения пламени и определяют "пиковую" концентрацию аэрозоля, при которой для любых значений концентраций горючего пламя по смеси не распространяется.

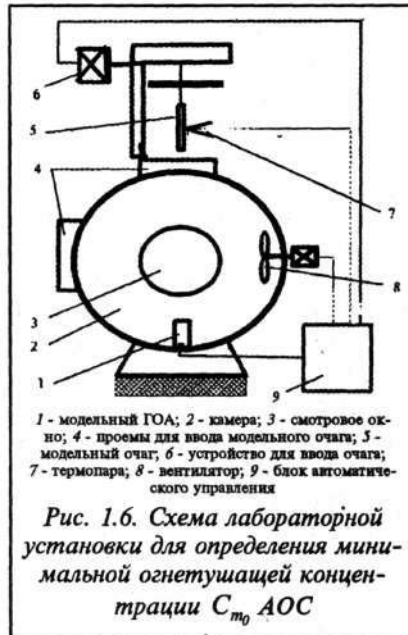
На рис. 1.4 и 1.5 приведены экспериментальные данные по областям распространения пламени смесей метана и водорода с воздухом в присутствии огнетушащего аэрозоля ряда модификаций АОС. Из полученных данных следует, что "пиковая" флегматизирующая концентрация (расход) типовых серийных АОС (СТК-2МД, ПАС, ПТ, СБК) для гомогенных метано- и водородовоздушной смесей составляет соответственно 40-55 и 240-280 г/м³, что примерно в 5-6 раз ниже, чем для хладонов, и в 3-5 раз ниже, чем для наиболее эффективных опытных образцов порошков. Следует отметить, что значения "пиковых" флегматизирующих концентраций смещены (особенно для водородовоздушных смесей) в область "бедных" (по горючему) горючих смесей, что свидетельствует о существенном влиянии теплофизических (охлаждающих) свойств огнетушащих аэрозолей АОС на параметры воспламенения и горения газовых смесей.

Методика определения минимальной массовой огнетушащей концентрации АОС для диффузионного пламени горючих веществ и материалов.

ВНИИПО разработана методика и создана лабораторная установка (рис. 1.6) для экспериментального определения минимальной величины массовой огнетушащей концентрации

(удельного огнетушащего расхода) АОС для диффузионного пламени жидких, газообразных и твердых горючих веществ и материалов в воздушной атмосфере.

Методика состоит в следующем. Первоначально внутри герметичного объема (52 л) камеры цилиндрической формы с воздушной атмосферой сжигают в модельном генераторе аэрозоля (без охлаждающих насадок) навеску заряда АОС.



Получаемый аэрозоль за 60 с равномерно распределяется и охлаждается вентилятором. Объем камеры сообщается с атмосферой и через специальный проем в центр объема с постоянной скоростью (4-6 мм/с) вводят предварительно зажженный модельный очаг. За величину минимальной массовой огнетушащей концентрации C_{m0} принимают минимальную удельную массу навески заряда АОС (в пересчете на единицу объема, г/м³), обеспечивающую тушение диффузионного пламени за 4-6 с.

Из данных табл. 1.4 следует, что минимальная величина огнетушащей концен-

трации (удельный массовый расход) большинства характерных огнетушащих АОС (за исключением околостехиометрических базовых рецептур АОС - СТК-5-1 и СТК-24МФ) для подавления диффузионных газовых пламен горючих жидкостей, газов (в том числе водорода) и твердых материалов в атмосфере воздуха значительно ниже (в 5-8 раз) по сравнению с эффективным, ранее широко применяемым в России хладоном 114В2. Составы СТК-5-1 и СТК-24МФ, используемые для получения охлажденных малоопасных аэрозолей, имеют низкую газопроизводительность, более крупные частицы, а степень превращения массы исходного заряда АОС в огнетушащий аэрозоль составляет, соответственно, 88 и 52 % масс.

Таблица 1.4

Минимальная огнетушащая концентрация C_m , АОС и хладона 114В2
для диффузионных пламен горючих веществ и материалов в воздухе

Горючее	СТК-5-1	СТК-НТ (СТК-24МФ)	МГИФ (СТК-2МД)	СБК-2М (2)	ПАС-11-8 (47М)	ПТ-50 (4)	Е-1	Хладон 114В2
Ацетон	48	130-135	28-32	28-30	34-38	28-30	34	238
Гептан	65	140-155	38-42	36-40	48-56	33-39	45	278
Толуол	44	-	28	26-27	32-34	26	34	162
Этанол	46	135-140	33-34	32-33	-	-	-	267
Пропанол	70	135-145	38	36	46	38-39	46	220
Бензин А-76	48	140-145	35-36	34	42-44	35-36	38	215
Керосин	58	140-150	36	30-32	40-42	33-36	42	220
CH_4	70	155-165	38-40	38	52	37	-	320
H_2	220	-	150-160	140-150	-	-	-	1600
ПММА	54	145-150	30-35	30-33	47-49	27-33	38	283
Резина	54	135-140	30-31	30	38-40	29	36	270
Древесина	63	155-160	42-45	36-39	48-49	36-41	46	340
Полиэтилен	42	130	26-28	24-27	34-38	24	30	-

Подавление АОС очагов горения или предотвращение возникновения пожара, взрыва различных горючих веществ в замкнутых объемах по принципу действия относится к объемному способу комбинированного газового и порошкового пожаротушения, именуемому газопорошковым способом пожаротушения. Ему свойственны основные закономерности, характерные для процесса подавления горения газовыми и порошковыми составами.

Вместе с тем тушение твердофазными аэрозолями, получаемыми при сжигании зарядов АОС, имеет ряд отличительных свойств, обеспечивающих более высокую огнетушащую эффективность по сравнению с известными газовыми и порошковыми составами (табл. 1.4, 1.5 и 1.6; рис. 1.4, 1.5):

АОС образуют большое количество инертных газов, что вызывает снижение содержания кислорода и реакционноспособности горючей смеси в объеме;

свежеобразовавшиеся неспассивированные высокодисперсные твердые частицы, например, соединений калия обладают более высокой химической активностью и эффективно ингибируют газовые пламена (химически прерывая цепные реакции окисления);

твердые частицы, имеющие размеры в 10-100 раз меньше, чем порошки, обладают более высоким теплопоглощением (при попадании в зону горения), что существенно влияет на температуру пламени;

аэрозольные смеси имеют более высокие, чем порошки, показатели стабильности создаваемых концентраций (низкая скорость оседания частиц) и проникающей способности (при распределении в труднодоступные, "теневые" зоны защищаемого объема).

В табл. 1.5 и 1.6 приведен ряд характерных показателей, определяющих высокую огнетушащую способность твердотопливных аэрозолеобразующих АОС и некоторые их отличительные свойства по сравнению с традиционными, например, порошковыми составами.

Как следует из данных табл. 1.5, при сгорании различных рецептур (окислитель/органическое горючее-связующее) на основе KNO_3 , KClO_4 или их смесей в замкнутый объем

выделяется огнетушащий аэрозоль, состоящий из высокодисперсных твердых частиц (примерно 35-60 % от всей массы получаемого аэрозоля) со средним размером (диаметром) 1-5 мкм (до 60-80 %) соединений калия ($K_2CO_3 \cdot 2H_2O$, $KHCO_3$, KOH , KCl , оксидов и др.) и негорючих газов, паров (N_2 , CO_2 , H_2O и др.).

При неполном окислении продуктов реакции между компонентами АОС может заметно уменьшиться количество получаемого аэрозоля, а в его составе может содержаться дополнительно некоторое количество горючих веществ (C , CO , H_2 , CH_4 и др.), в том числе веществ, обладающих повышенной токсичностью (например, CO , HCN , N_xO_y , KCN , некоторые углеводороды и др.). Это приводит к снижению показателей огнетушащей способности и экологической безопасности АОС. Поэтому при выборе и определении целесообразности применения тех или иных модификаций АОС в установках аэрозольного пожаротушения, кроме показателей огнетушащей способности, требуются данные о составе аэрозоля. К широкому использованию нельзя допускать рецептуры АОС, устройства (генераторы аэрозоля) и режимы подачи огнетушащих аэрозолей, которые не обеспечивают получение безопасных (по токсичности и озоноразрушающему действию) веществ.

Аэрозоли с высокодисперсными твердыми частицами длительное время (десятки минут) обеспечивают достаточно высокие огнетушащие свойства и стабильность первоначально заданной огнетушащей концентрации, обладают высокой проникающей способностью, приближаясь по этим показателям к газовым огнетушащим составам. Приведенные в табл. 1.6 данные о характере подвижности (вращение, оседание) различных по размеру твердых частиц аэрозолей АОС подтверждают высокую стабильность сохранения огнетушащих концентраций аэрозольных смесей, которая значительно превышает стабильность (устойчивость) серийных огнетушащих порошковых составов.

Огнетушащая эффективность АОС при прочих равных условиях во многом определяется следующими показателями: степенью превращения исходной массы заряда в аэрозоль, газопроизводительностью, составом газовой фазы, химическим и дисперсным составом твердых частиц аэрозоля и соотношением газовой и твердой фаз аэрозолей (табл. 1.5).

Таблица 1.5

Показатели характерных аэрозолеобразующих АОС и порошков, определяющие их огнетушащую способность

Огнетушащий состав (компоненты, дисперсность, мкм)	α	η_a , % масс.	V_g/n , м ³ /кг	$D_{ф}$, % масс.	Химический состав (АОС - с дожига- нием)*	Размер частиц, мкм (%)*	Огнетуша- ющий рас- ход (min) для гепта- на, г/м ³
СТК-5-1 (идитол, KNO ₃ , техн. добавки, Ø <160 мкм)	≈1,0	85 - 87	0,22 - 0,24	52 - 56	K ₂ CO ₃ · 2H ₂ O KOH, KNO ₂ CO ₂ , N ₂	<2 (42) 2-5 (38) >5 (20)	65-68
СТК-2МД (МГИФ) (идитол, KNO ₃ , ДЦДА, техн. добавки, Ø <160 мкм)	0,42 - 0,45	95 - 97	0,44 - 0,48	42 - 46	K ₂ CO ₃ · 2H ₂ O, C KHCO ₃ , K ₂ O _m KOH, NH ₄ HCO ₃ CO ₂ , CO, N ₂	<1 (52) 1-2 (24) 2-5 (16) >5 (8)	38-42
СТК-НТ (СТК-24МФ) (идитол, KNO ₃ , техн. добавки, Ø <200 мкм)	0,92 - 0,95	50 - 53	0,18 - 0,22	46 - 52	K ₂ CO ₃ · 2H ₂ O KOH, KNO ₂ CO ₂ , N ₂	<2 (32) 2-5 (42) > 5 (26)	140-155
Л (ПАС-11-8, Е-1) (ЭД/пласт/отв, KNO ₃ , KClO ₄ , ±Mg, техн. до- бавки, Ø <160 мкм)	0,47 - 0,51	93 - 95	0,46 - 0,52	41 - 44	K ₂ CO ₃ · 2H ₂ O KHCO ₃ , C, KOH KCl, ±MgO CO ₂ , N ₂	<1 40 1-2 (22) 2-5 (20) > 5 (18)	45-52

40

Продолжение табл. 1.5

Огнетушащий состав (компоненты, дисперсность, мкм)	α	η_a , % масс.	V_g/n , м ³ /кг	$D_{ф}$, % масс.	Химический состав (АОС - с дожига- нием)*	Размер, частиц, мкм (%)*	Огнетуша- ющий рас- ход (min) для гепта- на, г/м ³
ПАС-47М (ПЭ/пласт/отв, KNO ₃ , KClO ₄ , ±NaCl, техн. добавки, Ø <160 мкм)	0,51 - 0,53	92-94	0,42 - 0,46	44-48	K ₂ CO ₃ · 2H ₂ O C, KOH, KCl ±NaCl CO ₂ , N ₂	<1 (36) 1-2 (20) 2-5 (24) > 5 (20)	54-56
СБК -2(М) (ДСТ, йдитол, ±KClO ₄ , KNO ₃ , техн. добавки, Ø <160 мкм)	0,44 - 0,46	94-96	0,54 - 0,58	42-45	K ₂ CO ₃ · 2H ₂ O KHCO ₃ , K ₂ O _m KOH, ±KCl N ₂ , CO ₂	< 1 (58) 1-2 (20) 2-5 (12) > 5 (10)	36-40
СБК-3(М) (ДСТ/кат, идитол, KNO ₃ , ±KClO ₄ , техн. добавки, Ø <160 мкм)	0,75 - 0,85	92-94	0,52 - 0,55	44-48	K ₂ CO ₃ · 2H ₂ O ±KCl, KOH N ₂ CO ₂	< 1 (52) 1-2 (19) 2-5 (17) > 5 (12)	44-50
ТЧ (ПТ-4, ПТ-50) (НЦ/пласт, KNO ₃ , техн. добавки, Ø <160 мкм)	0,58 - 0,59	96-98	0,61 - 0,75	38-42	K ₂ CO ₃ · 2H ₂ O C, KHCO ₃ , KNO ₂ , KOH CO ₂ , N ₂ CO, N · O _y	<1 (60) 1-2 (22) 2-5 (10) > 5 (8)	33-39

41

Окончание табл. 1.5

Огнетушащий состав (компоненты, дисперсность, мкм)	α	η_a , % масс.	V_g/n , м ³ /кг	$D_{ф}$, % масс.	Химический состав (АОС - с дожиганием)*	Размер, частиц, мкм (%)*	Огнетушащий расход (min) для гептана, г/м ³
Порошок ПСБ-3 (бикарбонат натрия)	-	-	-	100	NaHCO ₃	<125 (90)	560
Порошок П-2АП (аммофос)	-	-	-	100	NH ₄ H ₂ PO ₄ , (NH ₄) ₂ HPO ₄	>100 (20) <50 (60)	150

* Состав аэрозоля определен через 60 с после сгорания заряда.

Таблица 1.6

Характеристики стабильности концентрации твердых частиц в воздушной среде в зависимости от их размеров ($\rho \approx 2 \text{ кг/м}^3$)

Размер частиц, мкм	Скорость оседания частиц под действием силы тяжести, м/с	Результирующая скорость броуновского движения, м/с
50	$\approx 1,2 \cdot 10^{-1}$	-
10	$4,1 \cdot 10^{-2}$	-
5	$5,9 \cdot 10^{-3}$	-
1	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$4,1 \cdot 10^{-6}$
0,5	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$\approx 5,2 \cdot 10^{-6}$
0,1	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$

У различных модификаций АОС эти показатели могут существенно отличаться, что предопределяет и различие эффективности подавления газовых пламен. Чем выше такие показатели, как степень превращения АОС в аэрозоль, газо-производительность, содержание азота, углекислого газа в газовой фазе, дисперсность твердых частиц, тем выше огнетушащая эффективность. Наиболее эффективны твердые частицы оксидов, гидрооксида и углекислых солей калия.

Соотношение твердой и газовой фаз (по массе), при котором для различных рецептур АОС обеспечивается высокая огнетушащая эффективность получаемого аэрозоля, составляет 0,35-0,55. Изменение величины соотношения в сторону увеличения или уменьшения приводит к снижению огнетушащей эффективности АОС. Это обусловлено, с одной стороны; тем, что образуемое большое количество инертных газовых разбавителей (за счет уменьшения количества твердых частиц) обладает значительно более низкой огнетушащей способностью по сравнению с твердыми частицами, что и определяет в этом случае снижение огнетушащей эффективности. С другой стороны, увеличение выхода в аэрозоль большого количества частиц (за счет уменьшения газопроизводительности) приводит к существенному росту их концентрации, что вызывает значительную коагуляцию, рост размеров частиц, оседание и в итоге - снижение огнетушащей способности АОС.

Механизм огнетушащего действия АОС

Процессы получения, взаимодействия аэрозольных продуктов сгорания АОС с газовыми пламенами и в целом аэрозольного пожаротушения весьма сложны, взаимосвязаны, недостаточно изучены. Их характеристики в ряде случаев качественно и количественно отличаются от параметров процесса тушения газовыми и порошковыми составами. Для формулирования и объяснения общих закономерностей и механизма огнетушащего действия АОС можно воспользоваться оценкой влияния процесса образования аэрозольных смесей, химического и теплофизического взаимодействия огнетушащих аэрозолей на изменение основных параметров газовых пламен (температура и скорость горения).

Для пожаротушения чаще всего применяются рецептуры АОС с коэффициентом обеспеченности окислителем $\alpha_{ок} = 0,4-0,8$ (т. е. когда кислорода, выделяемого окислителем АОС, недостаточно для полного окисления горючих компонентов). При этом догорание недоокисленных продуктов реакции происходит за счет кислорода воздушной среды защищаемого объема. Использование таких составов для тушения пожаров с массовой концентрацией (удельным расходом) АОС 50-100 г/м³ и более (при выходе азота, углекислого газа 0,4-0,7 л/г) приводит к снижению содержания кислорода в защищаемом объеме в среднем на 1-4 %. В табл. 1.7 приведены расчетно-экспериментальные данные, закономерности изменения содержания кислорода в воздушной среде защищаемого объема при получении огнетушащего аэрозоля в результате сжигания навесок зарядов АОС, соответствующих значениям огнетушащих концентраций (удельных массовых расходов) $C_T \approx 0,05-0,2$ кг/м³, используемых для тушения различных углеводородных горючих и водорода.

Снижение содержания кислорода в защищаемом объеме и разбавление горючей смеси негорючими газами (азот, углекислый газ, пары воды и др.) вызывает определенное снижение скорости химической реакции окисления в пламенной зоне и, как следствие, снижение скорости и температуры горения. В табл. 1.8 приведены данные о влиянии снижения

Таблица 1.7

Изменение содержания кислорода в объеме при сгорании
удельной массы заряда АОС

C_m , кг/м ³	$\alpha_{ок}$	$V_{г/н}$, м ³ /кг	C_{O_2} exper. (расч.)	ΔC_{O_2} exper. (расч.)	C_{O_2}/m exper. (расч.)
0,05	0,4	0,5	0,191 (0,195*)	0,016 (0,012*)	0,32 (0,28*)
		0,7	0,185 (0,188*)	0,022 (0,019*)	0,44 (0,38*)
	0,6	0,5	0,195 (0,198*)	0,012 (0,009*)	0,24 (0,18*)
		0,7	0,19 (0,192*)	0,017 (0,015*)	0,34 (0,3*)
0,1	0,4	0,5	0,176 (0,178*)	0,031 (0,029*)	0,31 (0,29*)
		0,7	0,164 (0,167*)	0,043 (0,04*)	0,43 (0,4*)
	0,6	0,5	0,183 (0,186*)	0,024 (0,021*)	0,24 (0,21*)
		0,7	0,174 (0,175*)	0,033 (0,032*)	0,33 (0,32*)
	1,0	0,5	0,197	0,01	0,1
0,2	0,4	0,5	0,145 (0,147*)	0,062 (0,06*)	0,31 (0,3*)
		0,7	0,119 (0,123*)	0,088 (0,084*)	0,44 (0,42*)
	0,6	0,5	0,159 (0,163*)	0,048 (0,044*)	0,24 (0,22*)
		0,7	0,139	0,068	0,34

Примечание. Экспериментальные данные получены при сжигании зарядов АОС в герметичных камерах объемом 1,067 и 22,4 л. Расчетные данные величины суммарного снижения содержания кислорода в объеме получены по формуле

$$C_{O_2} = \frac{C_{O_{20}} - V_{z/n} m (1 - \alpha_{ок}) k_{O_{2см}}}{1 + V_{z/n} m},$$

где C_{O_2} - доля кислорода в атмосфере защищаемого объема после сжигания заряда состава АОС; $C_{O_{20}}$ - доля кислорода в атмосфере защищаемого объема до сжигания заряда АОС ($C_{O_{20}} = 0,207$ или 20,7 % об.); $V_{z/n}$ - выход газообразных продуктов сгорания (газопроизводительность) состава АОС с единицы массы заряда (при нормальных условиях), м³/кг; m - масса огнетушащего заряда состава АОС, кг; $\alpha_{ок}$ - коэффициент обеспеченности АОС окислителем; $k_{O_{2см}}$ - стехиометрический коэффициент при кислороде в реакциях окисления химических соединений, элементов (Н₂, С, СО и др.), составляющих основу горючего АОС или выделяющихся при их горении (обычно для Н₂, С, СО, СН₄ и т. д. $k_{O_{2см}} = 0,5 - 1,0$; в данных расчетах $k_{O_{2см}} = 0,75$).

содержания кислорода в воздухе (за счет разбавления азотом) на изменение нормальной скорости и температуры горения гомогенной метановоздушной смеси. Влияние углекислого газа на изменение нормальной скорости и температуры горения значительно по сравнению с влиянием азота.

Таблица 1.8

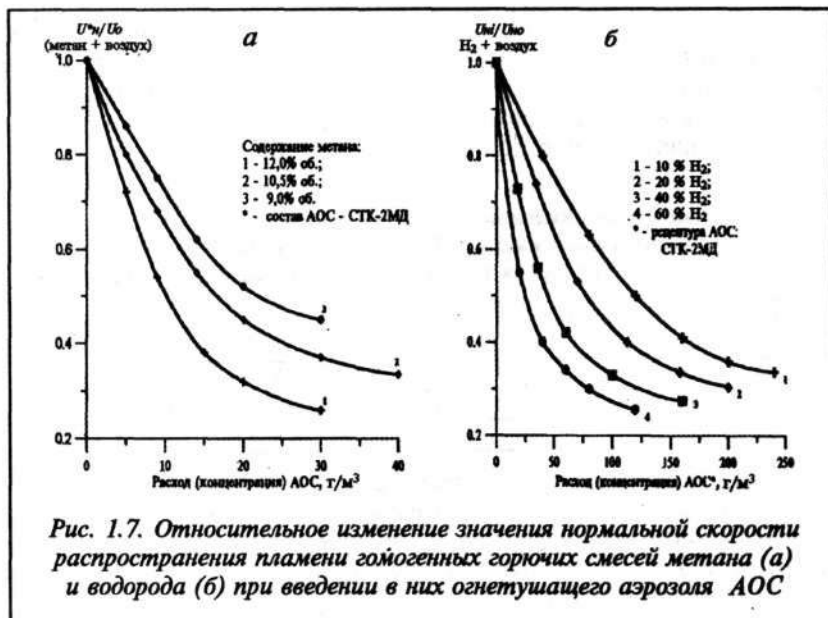
Изменение нормальной скорости и температуры пламени метановоздушной смеси (10,5 % об. CH_4) при снижении содержания кислорода в воздухе путем разбавления среды азотом

Содержание кислорода в воздухе, % об.	$T_{ад}, ^\circ\text{C}$	$T_{г}, ^\circ\text{C}$	$U_n, \text{см/с}$
20,7	1927	1423	$33,5 \pm 1,2$
19,7	1860	1367	$30,7 \pm 0,6$
18,7	1756	1305	$24,1 \pm 0,7$

Аналогично и в условиях пожара для диффузионных газовых пламен жидких, газообразных и твердых горючих веществ и материалов при уменьшении содержания кислорода в атмосфере защищаемого объема происходит снижение скорости химической реакции и температуры пламени.

В этих условиях высокодисперсным твердым частицам обеспечивается значительно большее время контакта с зоной химических реакций пламени и более полная реализация их физико-химических свойств (более эффективное ингибирование твердыми частицами цепных реакций в пламени, теплоспоглощение тепла из зоны горения при нагреве, плавлении, испарении и разложении твердых частиц и др.); что в конечном счете и определяет высокую эффективность подавления очагов горения АОС.

Доказанной является высокая ингибирующая способность свежесформованного неспассивированного аэрозоля по отношению к цепным реакциям в газовых пламенах. Небольшие количества или первые порции подаваемого для тушения аэрозоля (20-30 % от величины требуемого огнетушащего расхода) несущественно изменяют содержание кислорода в объеме и температуру пламени, но значительно уменьшают (на 30-



40 %) по сравнению с исходными значениями нормальную скорость пламен (рис. 1.7).

Существенное снижение нормальной скорости пламен с введением в них малых количеств аэрозоля указывает на достаточно высокую ингибирующую способность твердофазных аэрозолей. Требуется более детальное изучение вариантов механизма ингибирования: гомогенный, гетерогенный или смешанный - и гомогенный и гетерогенный.

Результаты расчета степени испарения (разложения) твердых частиц, массоспектрометрического анализа продуктов взаимодействия аэрозоля с пламенем, сравнение скоростей гомогенной и гетерогенной рекомбинации активных центров цепных реакций в пламени свидетельствуют, что ингибирование пламени твердыми частицами средним размером 1-2 мкм (которые успевают испариться в пламени) происходит преимущественно по гомогенному механизму, твердыми частицами более 10 мкм - по гетерогенному (на поверхности твердых, не ус-

павших полностью испариться частиц), а частицами размером 2-10 мкм - по смешанному механизму: гомогенному и гетерогенному (в зависимости от зон пламени).

На рис. 1.8 приведены экспериментальные данные о характере и величине изменения относительной концентрации атомов H^* в пламени $2H_2 + O_2$ при введении различного количества твердофазных аэрозолей.

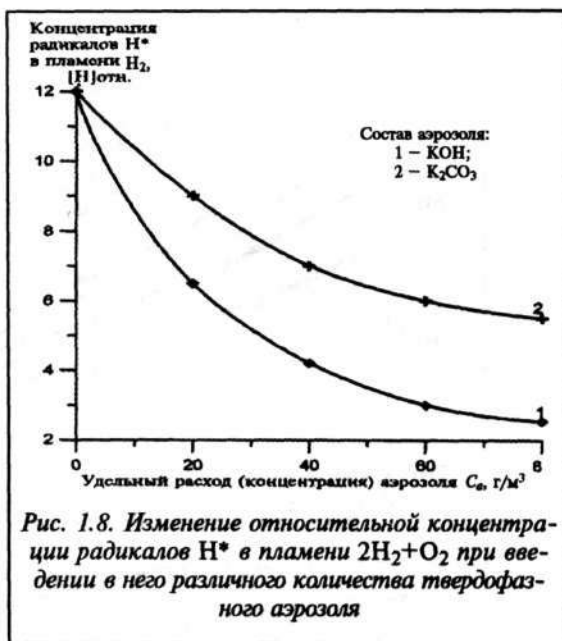
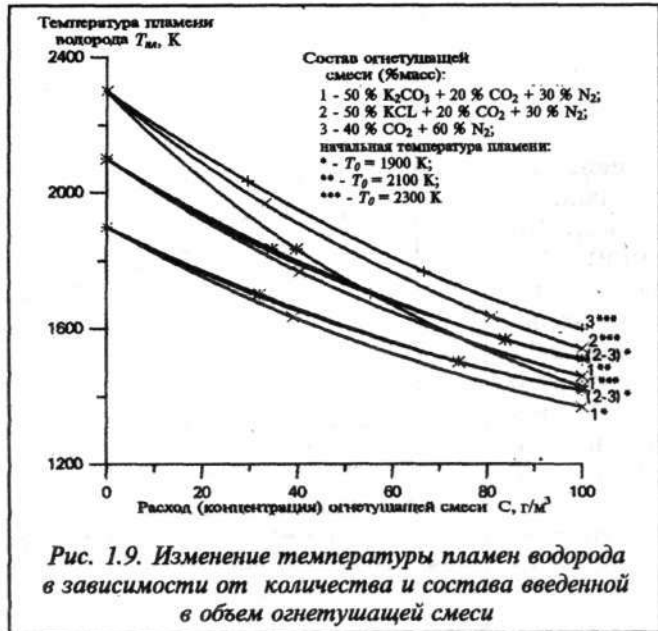


Рис. 1.8. Изменение относительной концентрации радикалов H^* в пламени $2H_2 + O_2$ при введении в него различного количества твердофазного аэрозоля

Видно, что первые небольшие добавки твердофазных аэрозолей существенно снижают нормальную скорость горения и концентрацию атомов H^* , а при дальнейшем увеличении количества аэрозоля эффективность рекомбинации H^* уменьшается. Существует мнение, что в газовых пламенах рекомбинация H^* и OH^* при ингибировании горения происходит через реакции с вновь образовавшимися, в том числе при разложении углекислых солей калия, оксидами и гидрооксидом и калием.

При увеличении количества аэрозоля до нормативных значений огнетушащих расходов аэрозолей темп снижения нормальной скорости пламен и эффективность рекомбинации активных центров для однотипных исходных горючих смесей падает, но заметным становится уменьшение их температур. То есть увеличение удельного расхода АОС до нормативных огнетушащих (флегматизирующих) значений сопровождается



снижением роли ингибирования и повышением влияния теплофизических факторов на процесс подавления газовых пламен. Существенным, ведущим процессом в этих условиях становится снижение температуры пламени за счет теплопоглощения аэрозолем при его нагреве, плавлении, испарении и разложении твердых частиц (рис. 1.9).

Ниже приведены результаты расчетной оценки доли теплоты, поглощаемой при взаимодействии с пламенем стехиометрической метановоздушной смеси аэрозолями (и их компонентами) АОС. В расчетах предполагается, что аэрозоль успевает полностью нагреться до температуры пламени, а его компоненты под действием тепла претерпевают все физико-химические превращения, соответствующие определенным температурным диапазонам. Такое допущение вполне правомерно для реальных огнетушащих аэрозолей со средним размером твердых частиц 1-2 мкм. В расчетах не учитывается

снижение теплоты пламени за счет разбавления инертными газами и снижения концентрации кислорода (а оно в ряде случаев может быть весьма заметным).

Исходные данные для расчета теплопоглощения аэрозолем АОС:

концентрация (удельный массовый расход) аэрозоля АОС - 50-200 г/м³;

огнетушащий аэрозоль (близкий к реальному составу аэрозоля рецептур АОС на основе нитрата калия с органическим связующим) имеет следующий состав: 50 % масс. $K_2CO_3 \times 2H_2O$ + 50 % масс. CO_2 ;

$K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ имеет следующие физико-химические и теплофизические показатели:

средняя теплоемкость $K_2CO_3 \cdot 2H_2O$ в диапазоне температур до температуры плавления $C_p^{**} (<T_{плав}) = 1,61 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$;

температура отщепления воды $T_{-2H_2O} > 370 \text{ К}$;

теплота отщепления воды $L_{H_2O} = 0,24 \text{ кДж}/\text{г}$;

температура плавления K_2CO_3 $T_{плав} = 1163 \text{ К}$;

средняя теплоемкость K_2CO_3 в диапазоне температур до температуры плавления $C_p^{****} (<T_{плав}) = 1,61 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$;

теплота плавления K_2CO_3 $L_{плав} = 0,2 \text{ кДж}/\text{г}$;

температура разложения $K_2CO_3 = K_2O + CO_2$ $T_{разл1} > 1173 \text{ К}$;

теплота разложения K_2CO_3 $L_{разл1} = 5,5 \text{ кДж}/\text{г}$;

температура разложения $K_2O = KO + K$ $T_{разл2} \geq 1000 \text{ К}$;

теплота разложения K_2O $L_{разл2} = 7,7 \text{ кДж}/\text{г}$;

CO_2 имеет следующие теплофизические показатели:

теплоемкость CO_2 $C_p^* (>600 \text{ К}) = 0,163 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$;

H_2O имеет следующие теплофизические показатели:

теплоемкость H_2O $C_p^{***} (>600 \text{ К}) = 0,163 \text{ Дж}/(\text{г} \cdot \text{К})$;

начальная температура $T_0 = 300 \text{ К}$;

температура пламени CH_4 $T_{плам} = 2200 \text{ К}$;

теплота горения метана $Q_e = 200 \text{ ккал}/\text{моль} = 52,3 \text{ кДж}/\text{г}$;

теплота горения околостехиометрической смеси 10 % об. CH_4 + воздух (без учета ее разбавления инертными газами и снижения O_2 в объеме 1 м³ с коэффициентом полноты горения 95 %): $Q_{e10\%CH_4} = (100/22,4) \cdot 0,95 Q_e = 3547,16 \text{ кДж}$.

Теплопоглощение рассчитывается следующим образом:
 теплота m_0 нагрева выделившегося из АОС CO_2 (m_0) до температуры пламени Q_1 :

$$m_0 C_p^* (T_{\text{пл}} - T_0);$$

теплота, требуемая для нагрева массы $m_1 \text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, выделившегося из АОС, до температуры отщепления воды ($-2\text{H}_2\text{O}$), Q_2 :

$$m_1 C_p^{**} (T_{-2\text{H}_2\text{O}} - T_0);$$

теплота, требуемая для отщепления воды от $\text{K}_2\text{CO}_3 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ($-2\text{H}_2\text{O}$), Q_3 :

$$m_1 L_{-\text{H}_2\text{O}};$$

теплота нагрева массы m_2 выделившейся H_2O до температуры пламени Q_4 :

$$m_2 C_p^{***} (T_{\text{пл}} - T_{-2\text{H}_2\text{O}});$$

теплота нагрева массы m_3 образовавшегося K_2CO_3 до температуры плавления Q_5 :

$$m_3 C_p^{****} (T_{\text{плав}} - T_{-2\text{H}_2\text{O}});$$

теплота, необходимая для плавления массы m_3 образовавшегося K_2CO_3 , Q_6 :

$$m_3 L_{\text{плав}};$$

теплота, необходимая для разложения массы $m_3 \text{K}_2\text{CO}_3 = \text{K}_2\text{O} + \text{CO}_2$, Q_7 :

$$m_3 L_{\text{разл1}};$$

теплота, требуемая для нагрева массы m_4 вновь выделившегося CO_2 (после разложения K_2CO_3) до температуры пламени, Q_8 :

$$m_4 C_p^* (T_{\text{плам}} - T);$$

теплота разложения массы m_5 образовавшегося $\text{K}_2\text{O} = \text{KO} + \text{K}$, Q_9 :

$$m_5 L_{\text{разл2}};$$

общая теплота поглощения огнетушащим аэрозолем при нагреве, плавлении и разложении его компонентов ΣQ :

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9;$$

доля теплоты от сгорания околостехиометрической метановоздушной смеси, поглощаемая при взаимодействии аэрозоля АОС с пламенем (% погл.):

$$\% \text{ погл.} = (\Sigma Q / Q_{\Sigma} \cdot 10 \% \text{ CH}_4) \cdot 100.$$

В табл. 1.9 представлены результаты расчета общей теплоты поглощения ΣQ аэрозолем, состоящим из 50 % масс. $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и 50 % масс. CO_2 , и доли теплоты от сгорания околостехиометрической метановоздушной смеси, которая может реально поглощена (% погл.) огнетушащим аэрозолем данного состава при его удельных массовых расходах 50, 75, 100, 150 и 200 г/м³.

Таблица 1.9

Общее теплопоглощение огнетушащего аэрозоля модельного состава и доля теплоты горения околостехиометрической метановоздушной смеси, поглощаемая им при различных удельных массовых расходах

C_m , г/м ³	ΣQ , кДж	% поглощения
50	264,355	8,3
75	396,53	12,4†
100	528,71	16,6
150	793,06	24,8†
200	1057,42	33,2

При расходах АОС 70-100 г/м³ и более температура пламен за счет теплопоглощения аэрозольной смеси может снижаться на 130-200 °С и более, достигая в ряде случаев критических значений, при которых происходит подавление процесса горения. Исследования флегматизации гомогенных смесей метана и водорода с воздухом показали, что максимальные значения удельного флегматизирующего расхода АОС составляют 40-80 и 220-280 г/м³ и соответствуют содержанию горючего 7-8 и 8-12 % об., что также указывает на существенную роль в обеспечении условий флегматизации взрывоопасных гомогенных смесей теплофизических свойств аэрозольных продуктов горения АОС.

Комплексная оценка влияния основных физико-химических факторов на параметры и эффективность аэрозольного пожаротушения выявила, что вклад теплофизических факторов (теплоемкость и теплопоглощение при нагреве и эндотермических превращениях компонентов аэрозоля) в процессе подавления газовых пламен АОС может достигать 60-80 % (в зависимости от размеров твердых частиц, физико-химических свойств и состава аэрозоля).

Таким образом, обобщенный анализ основных процессов получения огнетушащего аэрозоля и его взаимодействия с газовыми пламенами показал, что эффективность и механизм объемного аэрозольного тушения определяется следующими основными явлениями:

разбавлением горючей среды газообразными негорючими продуктами реакции горения (аэрозолеобразования) АОС, продуктами разложения твердых частиц аэрозоля и потреблением (выжиганием) кислорода в атмосфере защищаемого объема;

ингибированием химических реакций в пламени свежесформовавшимися высокодисперсными твердыми частицами аэрозоля (K_2CO_3 , $KHCO_3$, KOH , KCl , K_2O и др.) и продуктами их разложения (K_2O , KO и др.);

охлаждением зоны горения за счет поглощения тепла аэрозолем.

1.1.3. Эксплуатационные показатели типовых АОС

Основные эксплуатационные показатели АОС

Важнейшими тактико-техническими показателями, определяющими эффективность, условия безопасности и ограничения при производстве и практическом использовании АОС, являются эксплуатационные показатели (табл. 1.10).

Таблица 1.10

Основные эксплуатационные показатели твердотопливных АОС

№ п/п	Показатели	№ п/п	Показатели
1	Теплота горения Q_z , кДж/кг	9	Класс опасности зарядов АОС при транспортировании
2	Температура горения T_z , °С	10	Физико-химическая стойкость (гигроскопичность, механическая прочность, температурный диапазон, срок службы)
3	Скорость (линейная) горения АОС (при давлении 0,1 МПа) V_z , мм/с	11	Коэффициент относительного озоноразрушающего действия (КОД*)
4	Газопроизводительность $V_{z/m}$, м³/кг	12	Токсичность огнетушащего аэрозоля
5	Закон горения (аэрозолеобразования) огнетушащих зарядов	13	Допустимое для применения АОС напряжение в электроустановках, В
6	Чувствительность к тепловым воздействиям (самовоспламенение, луч огня)	14	Скорость глубинной коррозии веществ и материалов при воздействии огнетушащего аэрозоля, мм/год
7	Чувствительность к механическим воздействиям (удар, трение)	15	Коэффициент поглощения света в огнетушащем аэрозоле
8	Взрывчатые свойства (детонационная способность) АОС	16	Обобщенный показатель эффективности по применению

Знание основных эксплуатационных показателей АОС позволяет квалифицированно выбирать перспективные рецептуры, определять условия эффективного и безопасного применения средств аэрозольного пожаротушения или устанавливать ограничения по применению их для противопожарной защиты различных объектов.

Теплота и температура горения (аэрозолеобразования) АОС

Теплота горения АОС. Аэрозолеобразование при самоподдерживающейся реакции горения твердотопливных АОС является экзотермическим процессом и всегда сопровождается выделением теплоты. Количество теплоты, выделяющееся при горении твердотопливных АОС, в значительной мере определяет параметры аэрозолеобразования и подачи огнетушащего аэрозоля для тушения, физико-химические и огнетушащие свойства аэрозольных продуктов горения, область их применения.

Количество теплоты, выделяющейся при горении единицы массы АОС, называется тепловым эффектом реакции аэрозолеобразования (горения). Теплота реакции горения АОС во многом определяет величину температуры получаемого огнетушащего аэрозоля.

Теплота горения твердотопливных АОС может быть оценена расчетом или определена экспериментально - в результате сжигания составов в калориметрической бомбе. В табл. 1.12 приведены расчетные и экспериментальные значения теплоты горения характерных рецептур твердых топлив и типовых АОС.

Расчеты выполняют на основании закона Гесса, в соответствии с которым количество теплоты, выделяющейся при химической реакции, определяется только начальным и конечным состоянием реагирующей системы и не зависит от пути, по которому протекает реакция.

Исходя из закона Гесса, теплоту реакции горения (аэрозолеобразования) можно определять по формуле

$$Q_{2,3} = Q_{1,3} - Q_{1,2}$$

где $Q_{2,3}$ - теплота горения (аэрозолеобразования) состава АОС, кДж/кг; $Q_{1,3}$ - теплота образования продуктов горения составов АОС, кДж/кг; $Q_{1,2}$ - теплота образования исходных компонентов составов АОС, кДж/кг.

Процесс аэрозолеобразования при горении АОС протекает с относительно невысокой скоростью и чаще всего при практически постоянном давлении, близком к атмосферному. Поэтому можно воспользоваться термохимическими таблицами, в которых приведены значения теплоты образования соединений при постоянном давлении.

Значения стандартной теплоты образования различных веществ из элементов (ΔH_{298}) можно определить по известным химическим справочникам. Стандартные значения теплоты образования некоторых окислителей и продуктов их разложения, горючих и продуктов их окисления приведены в табл. 1.11.

Таблица 1.11

Теплота образования окислителей, горючих, продуктов их разложения (горения)

Вещество	М	$Q_{обр}$ кДж/моль	Вещество	М	$Q_{обр}$ кДж/моль
$KClO_4$	139	453,6	K_2O	94	365,4
$NaNO_3$	85	424,2	BaO	153	558,6
KNO_3	101	500	CO	28	109,2
$Ba(NO_3)_2$	261	995,4	CO_2	44	394,8
Шеллак $C_{16}H_{24}O_5$	269	953,4	MgO	40	605
Идитол $C_{13}H_{12}O_2$	200	620	H_2O	18	285,6
Пироксилин (13 % N) $C_{24}H_{22}(ONO_2)_{11}O_9$	1136	2755	SO_2	64	298,2
Дипиандиамид $C_2H_4N_4$	84	-18,8	K_2CO_3	138	1184
Na_2O	62	415,8	KCl	74	436,8

Ниже приведен пример расчета теплоты горения стехиометрического твердотопливного состава на основе нитрата калия и магния.

Пример. Оценить теплоту реакции горения (аэрозолеобразования) следующего твердотопливного состава:



Вначале по термохимическим таблицам (из справочников или табл. 1.11) определяют теплоту образования продуктов сгорания:

$$K_2O = 1 \cdot 365,4 = 365,4 \text{ кДж};$$

$$5MgO = 5 \cdot 605 = 3025 \text{ кДж}$$

$$\underline{3390,4 \text{ кДж}}$$

Согласно табл. 1.11 теплота образования исходных веществ $Q_{обр} KNO_3$ равна 500 кДж/моль.

Теплота реакции горения данного состава ориентировочно равна

$$Q = 3390,4 - 2 \cdot 500 = 2390,4 \text{ кДж/моль.}$$

Теплота горения 1 г состава (расчетное значение) равна

$$Q_c = 2390,4 / (2 \cdot 101 + 5 \cdot 24) = 7,4 \text{ кДж/г (7400 кДж/кг).}$$

Расчетные значения (при полном сгорании, в том числе за счет кислорода воздуха) могут превышать на 15-25 % экспериментальные (в калориметрической бомбе), так как в расчетах не учитываются реальные тепловые потери, неполнота реакции, образование менее теплостойких промежуточных соединений. В то же время значения теплоты горения, полученные без учета полного сгорания, могут быть занижены на 10-20 % по сравнению с экспериментальными. То есть расчетные значения теплоты могут отличаться от реальных в среднем на $\pm(12-22) \%$ (в зависимости от схемы расчета).

Если в процессе горения составов с отрицательным кислородным балансом ($\alpha_{ок} < 1$) участвует кислород воздуха, они выделяют большее количество теплоты, чем стехиометрические ($\alpha_{ок} = 1$) составы из тех же компонентов.

Температура горения АОС. Температура горения твердотопливных составов - один из важнейших показателей АОС, так как, во-первых, она определяет устойчивость процесса аэрозольобразования, получение экологически безопасных аэрозолей с высокими огнетушащими свойствами и направления совершенствования рецептур АОС, и во-вторых, ее высокие значения определяют высокую температуру огнетушащих аэрозолей, что является нежелательным свойством, требующим конструктивных решений по охлаждению аэрозоля или по защите окружающих элементов объекта от воздействия высокой температуры.

Температура горения АОС может быть определена:

1) расчетным методом. При этом используется общеизвестное положение, что температура горения равна теплоте (за вычетом скрытых теплот плавления и испарения продуктов реакции горения), деленной на суммарную теплоемкость продуктов реакции горения;

2) экспериментальными методами (непосредственным измерением температуры горения образцов зарядов АОС оптическими пирометрами, термопарами и т. п.).

В табл. 1.12 приведены значения температур горения характерных рецептур твердых топлив и типовых АОС.

Таблица 1.12

Теплота и температура горения характерных рецептур
твердых топлив и типовых АОС *

Марка АОС (рецептура, %)	Основные продукты реакции	Теплота горения (расч.) $Q_{\text{г}}$ кДж/кг	Температура горения $T_{\text{г}}$ °С
Дымный порох ДРП (KNO_3 , уголь -15, сера - 10)	K_2CO_3 , K_2SO_4 , CO_2 , CO , N_2	2780	2380 (расч.)
KClO_4 - 59 Mg - 40	KCl, MgO, $\text{K}_{\text{газ}}$, O_2 , C_{12} , MgO_x	9380 8370	2900 (расч.)
KNO_3 - 60 Mg - 40	K_2O , MgO, N_2 , $\text{K}_{\text{газ}}$, O_2 , N_2 , MgO_x	7400 (расч.) 6250 (расч.)	3600 (расч.) 3500 (расч.)
СТК-5-2(3) KNO_3 - 70-80 идитол - 20-30	K_2O , N_2 , CO , H_2O	1600-2050 (расч.)	1150-1250 (эксп.)
СТК-5-1 (KNO_3 - 85; иди- тол - 15)	K_2CO_3 , CO_2 , H_2O , N_2	1300-1500 (расч.)	950-1000 (эксп.)
СТК-НТ (СТК-24МФ) (KNO_3 - 60-65 идитол - 10-15 $\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \times$ $\times 3\text{H}_2\text{O}$, KHCO_3 , NH_4HCO_3 - 20-25, техн. доб.)	K_2O , CO , H_2O , N_2	1100-1300 (расч.)	850-1000 (эксп.)

Марка АОС (рецептура, %)	Основные продукты реакции	Теплота горения (расч.) $Q_{\text{в}}$ кДж/кг	Температура горения $T_{\text{в}}$ °С
<u>СТК-2МД (МГИФ)</u> (KNO_3 - 60-65 идитол - 10-15 ДЦДА - 20-30)	K_2O , CO_2 , CO , H_2O , N_2	800-1200 (расч.)	900-950 (эксп.)
<u>Л-1 (ПАС)</u> (KNO_3 - 40-70 $\pm \text{KClO}_4$ - 15-40 ЭД - 16-20/ПЭ/отв; техн. добавки)	K_2O , $\pm \text{KCl}$, CO_2 , CO , H_2O , N_2	2000-2800 (расч.)	1200-1300 (эксп.)
<u>ТТК-4(6)</u> (KNO_3 ; KClO_4 ЭД - 15-25 спецтехн. добавки)	K_2O , KCl , CO_2 , CO , H_2O , N_2	2400-3000 (расч.)	1300-1350 (эксп.)
<u>Е-1 (Е-1*)</u> (KNO_3 - 45-55 KClO_4 - 10-20 ЭД - 15-20 $\pm \text{KCl}$ - 10 Mg - 5-15)	K_2CO_3 , KCl , MgO , CO_2 , CO , H_2O , N_2	3000-3600 (расч.) (≈ 2500)	1350-1450 (эксп.) 1250-1350
<u>СБК (СБК-2; -3; -М)</u> (KNO_3 - 50-70 $\pm \text{KClO}_4$ - 15 идитол - 8-12 ДСТ - 15; техн. добавки)	K_2CO_3 , $\pm \text{KCl}$, CO_2 , CO , H_2O , N_2	1800-2600 (расч.)	1150-1250 (эксп.)
<u>ПТ (ПТ-4, ПТ-50, СЭПТ)</u> (KNO_3 - 30-65 KClO_4 ; $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ НЦ/пласт./катали- затор - 25-35; техн. добавки)	K_2CO_3 , CO_2 , CO , H_2O , N_2 , $\pm (\text{KCl}, \text{BaO})$	2500-2900 (расч.)	1100-1200 (эксп.)

* Без учета догорания с участием кислорода воздуха.

Скорость горения АОС

Скорость горения - важный показатель эффективности и безопасности применения АОС, так как характеризует скорость образования огнетушащего аэрозоля и его подачу в защищаемый объем для тушения.

С одной стороны, при низких значениях скорости горения (аэрозолеобразования) огнетушащий аэрозоль медленно (даже при развитой поверхности горения заряда) заполняет защищаемый объем, создается огнетушащая среда и, как следствие, потери аэрозоля и время тушения могут быть значительными. При этом в негерметичном объеме при существенных потерях аэрозоля через открытые проемы (отверстия, щели) тушение вообще может не достигаться (даже при больших дополнительных расходах состава). А с другой стороны, при высоких скоростях горения АОС в защищаемый объем за короткий промежуток времени подается значительное количество аэрозоля, что в ряде случаев (особенно в достаточно герметичных объемах) может привести к созданию внутри защищаемого объема опасно высокого избыточного давления, превышающего допустимое, разрушению ограждающих конструкций или объекта в целом.

Знание величины скорости горения состава позволяет определять расход аэрозоля и закон его изменения, время подачи аэрозоля, выбрать требуемый способ инициирования, конфигурацию заряда, позволяет оценивать допустимые значения давления и температуры при тушении.

Различают два типа количественной характеристики скорости горения: линейную скорость U_z (мм/с) и массовую U_m (г/(см² · с)). Линейную скорость горения можно рассматривать как отношение высоты сгоревшего заряда состава к времени горения. Массовая скорость горения - количество состава, сгорающего в единицу времени с единицы поверхности. На практике наиболее часто используют значение линейной скорости горения.

Метод определения линейной скорости горения основан на фиксации времени начала и конца горения заряда АОС в виде столбика определенной длины.

Скорость горения твердотопливных составов АОС зависит от многих факторов, из которых основными являются следующие:

1) физико-химические свойства компонентов АОС и их соотношение. Чем больше сродство горючего к кислороду и чем быстрее идет процесс разложения окислителя, тем выше скорость горения. Чем меньше теплота образования исходных веществ и чем больше теплота образования продуктов сгорания, тем выше скорость горения состава;

2) степень измельчения и перемешивания компонентов. Чем выше дисперсность компонентов и чем равномернее перемешаны компоненты, тем выше скорость горения состава. Чаще всего наибольшее влияние на скорость горения составов оказывает величина дисперсности окислителя;

3) плотность прессованных зарядов. С повышением давления прессования скорость горения увеличивается до определенного значения и практически не превышает его;

4) влажность составов. При ее повышении скорость горения снижается;

5) начальная температура составов. С повышением температуры скорость горения увеличивается (для различных составов степень влияния начальной температуры в различных температурных диапазонах может изменяться);

6) начальное давление. Чаще всего с повышением давления скорость горения увеличивается;

7) катализаторы (флегматизаторы) горения. Введение катализаторов (чаще небольших добавок 1-5 % масс.) способствует (без заметной перекомпоновки рецептур) увеличению скорости горения.

В табл. 1.13 приведены экспериментальные значения скорости (линейной) горения зарядов при атмосферном давлении для наиболее характерных и типовых серийных АОС.

Таблица 1.13

Скорость горения (линейная) зарядов характерных рецептур типовых АОС (при нормальных начальных условиях)

№ п/п	Марка АОС	Дисперсность компонентов, мкм	Скорость горения (линейная), мм/с
1	СТК-5-1	<315	2,4
2	СТК-5-1	<100	7,2
3	СТК-5-1к (Катализатор K_2CrO_4)	<100	10,4
4	СТК-5-3	<315	1,6-1,8
5	СТК-5-3	<50	12,4
6	СТК-5-2	<315	3,3
7	СТК-5-2	<100	12,8
8	СТК-2МД	<315	1,5-2,1
9	СТК-2МД	<160	3,2-3,8
10	МГИФ	<50	1,8-6,6
11	СТК-24МФ	<200	1,1-1,5
12	Л-1	<315	0,55
13	Л-1	<100	0,75
14	ПАС-11-8	<200	0,6
15	ПАС-47М	<200	1,9
16	ПТ-50	<160	3,1-4,0
17	ПТ-4	<160	2,6-2,7
18	Е-1	<315	1,1
19	ТТК-4(6)	<200	0,95-1,3
20	СБК-2	<315	2,15
21	СБК-2	<160	2,25
22	СБК-2М	<315	1,5
23	СБК-2М	<160	1,6
24	СБК-3(М)	<315	1,2

Как следует из данных табл. 1.13, скорость горения пиротехнических прессованных составов на основе KNO_3 /идитол (в качестве горючего-связующего) существенно зависит от дисперсности исходных компонентов, особенно окислителя. Поэтому для таких типов составов дисперсность должна быть строго регламентирована и выдерживаться при производстве огнетушащих зарядов. В противном случае при применении

зарядов АОС с повышенными скоростями горения (при прочих неизменных других параметрах) в замкнутых объемах возможно образование опасных по величине избыточных давлений. Скорость горения АОС на основе таких горючих-связующих, как эпоксидные и полиэфирные смолы, каучук ДСТ, в меньшей степени зависит от дисперсности компонентов (что с практической точки зрения очень важно).

Газопроизводительность АОС

Образование газообразных негорючих продуктов горения - необходимое и важное условие для всех твердотопливных составов, применяемых для объемного пожаротушения. Во-первых, газообразные продукты горения участвуют в транспортировании огнетушащих высокодисперсных твердых частиц продуктов горения и их распределении по защищаемому объему, способствуют сохранению высоких огнетушащих свойств твердых частиц, препятствуя их осаждению и коагуляции (укрупнению). Во-вторых, негорючие газообразные продукты горения АОС (азот, углекислый газ, пары воды и т. п.) являются сами огнетушащими веществами и участвуют (в большей или меньшей степени) в подавлении пламени, способствуя повышению общей эффективности аэрозольного пожаротушения, а горючие газы, наоборот, в ряде случаев могут приводить к снижению эффективности тушения. Чем больше негорючих газов образуется с единицы массы заряда АОС (при равных количествах твердой фазы), тем выше огнетушащая способность АОС. Однако в ряде случаев высокая газопроизводительность АОС может иметь опасные последствия, так как при быстрой подаче аэрозоля в защищаемых объемах (особенно в достаточно герметичных или с малой степенью негерметичности) могут возникать опасные по величине избыточные давления, превышающие прочностные характеристики ограждающих конструкций и вызывающие их разрушение.

Для обеспечения высокой огнетушащей способности АОС выход аэрозоля с единицы его массы должен быть максимальным, а соотношение в нем твердой и газовой фаз (по массе) должно находиться в пределах 50/50 - 40/60

Показателем газопроизводительности составов является удельный объем газообразных продуктов горения, т. е. объем газообразных продуктов (приведенный к нормальным условиям - н. у.), выделяемых при горении с единицы массы АОС ($V_{г/н}$, л/г или м³/кг).

Газопроизводительность $V_{г/н}$ АОС можно определить либо экспериментально сжигая навески составов в герметичной камере, либо расчетным методом по уравнению реакции горения.

Газопроизводительность (количество выделившихся газообразных продуктов горения с единицы массы зарядов) АОС (л/г) можно рассчитать по формуле

$$V_{г/н} = \frac{22,4n}{m},$$

где n - число г-молей газообразных продуктов, выделившихся при реакции горения (сумма коэффициентов при газообразных продуктах в правой части уравнений реакции, например (1), (2), (4)); m - масса реагирующего состава, г.

В табл. 1.14 приведены значения газопроизводительности $V_{г/н}$ (м³/кг), определенные расчетным методом и экспериментально для ряда рецептов твердых топлив и типовых АОС.

Чувствительность АОС к тепловым и механическим воздействиям

Под импульсом инициирования процесса аэрозольобразования при горении твердотопливных АОС понимается то минимальное количество начальной энергии, которое необходимо для возбуждения реакции горения. Иницировать реакцию горения можно различной энергией: тепловой, механической, электрической, их комбинацией и др. Чем меньше количество энергии, необходимой для инициирования процесса горения (аэрозольобразования), тем чувствительнее состав к внешним воздействиям.

Чувствительность АОС к тепловым и механическим воздействиям является важной характеристикой, так как она определяет ряд требований:

Таблица 1.14

Газопроизводительность (при н. у.) $V_{z/n}$ характерных твердых топлив
и типовых АОС

Марка АОС, рецептура, % масс.	Основные газообразные продукты горения	η_a , % масс.	$V_{z/n}$, м ³ /кг (расч./экспер.)	Кол-во газов в аэрозоле, % масс.
Дымный порошок ДРП (KNO ₃ - 75, уголь - 15, сера - 10)	CO, CO ₂ , H ₂ O, N ₂ , SO ₂	92	0,28 (расч.)	41
KNO ₃ - 78, идитол - 22	CO, CO ₂ , H ₂ O, N ₂	95	0,32 (эксп.)	44
Ba(NO ₃) ₂ - 68, Mg - 32	N ₂	-	0,06 (расч.)	7*
СТК-5-1	CO ₂ , H ₂ O, N ₂	85-87	0,22/0,24	44-48
СТК-2МД (МГИФ)	CO, CO ₂ , H ₂ O, N ₂	95-97	0,44/0,48	54-58
СТК-НТ (СТК-24МФ)	CO, CO ₂ , H ₂ O, N ₂	50-53	0,18/0,22	40-49
Л (ПАС-11-8; ПАС-47М ТТК-4,6; Е-1)	CO, CO ₂ , H ₂ O, N ₂	92-95	0,42/0,52	56-59
ТЧ (ПТ-4, 50; СЭПТ, КР)	CO, CO ₂ , H ₂ O, N ₂	94-98	0,61/0,75	58-62
СБК (СБК-2, М; СБК-3,М)	CO, CO ₂ , H ₂ O, N ₂	92-98	0,52/0,58	52-58

по обеспечению безопасных условий изготовления огнетушащих зарядов, снаряжения ими исполнительных устройств, их хранения и транспортирования, что гарантировало бы невозможность несанкционированного воспламенения;

по обеспечению надежных, безопасных способов и условий воспламенения и дальнейшего самостоятельного горения для получения специальных требуемых характеристик.

Чувствительность АОС к тепловым воздействиям

Чувствительность составов АОС к тепловым воздействиям определяется температурой их самовоспламенения и чувствительностью к лучу огня (бикфордового шнура или навески воспламенительного состава).

Температура самовоспламенения

Температурой самовоспламенения называется наименьшая температура, до которой должен быть нагрет состав, чтобы произошло его самопроизвольное загорание (за время выдержки-индукции до 5 мин). Температуру, при которой происходит мгновенное самовоспламенение состава (за $t \sim 0$), называют температурой вспышки $T_{всп}$. Для многих составов она значительно выше температуры их самовоспламенения.

Значения температуры самовоспламенения $T_{смв}$ и вспышки $T_{всп}$ для характерных твердых топлив и АОС с определенной дисперсностью компонентов приведены в табл. 1.15.

Таблица 1.15

Температура самовоспламенения $T_{смв}$ и температура вспышки $T_{всп}$ рецептур характерных твердых топлив и типовых АОС

Марка АОС, рецептура состава, % масс.	Дисперсность компонентов, мкм	$T_{смв}$, °C	$T_{всп}$, °C
KClO ₄ - 60, Mg - 40	-	465	-
KNO ₃ - 60, Mg - 40	-	570	675
ДРП	-	310	480
KClO ₃ - 86, идитол - 14	-	345	510

Окончание табл. 1.15

Марка АОС, рецептура состава, % масс.	Дисперсность компонентов, мкм	$T_{смв}$, °С	$T_{всп}$, °С
СТК-5-1	<315	410	560
СТК-2МД	<160	450	550
МГИФ	<50	460-490	-
СТК-24МФ	<160	450	-
ПАС	<315	-	>600
ПТ-50	-	-	176
ПТ-4	-	-	300
СЭПТ	-	400	-
СБК	<315	460	-
КР, ТЧ, ОПШ	-	170-180	230

Чувствительность к лучу огня. Оценка чувствительности АОС к огневому импульсу имеет своей целью обосновать правильный выбор устройства инициирования, которое в условиях практического применения зарядов АОС обеспечит безотказное их воспламенение. Вместе с тем чувствительность к огневому импульсу в большой степени обуславливает уровень пожароопасности АОС и их огнетушащих зарядов, что делает возможным (при высокой чувствительности) воспламенение от случайных искр и других источников тепла.

В качестве огневого импульса в этих испытаниях часто используют бикфордов шнур или навеску пороха ДРП массой 0,1 г. Чувствительность составов определяется расстоянием (в сантиметрах) между нижним срезом бикфордова шнура (или навеской ДРП) и поверхностью состава, при котором происходит (или не происходит) воспламенение составов. Нижний предел чувствительности характеризуется наибольшим расстоянием, при котором происходит 100 %-е воспламенение состава. Верхний предел чувствительности характеризуется наименьшим расстоянием, при котором происходит 100 % отказов в воспламенении. В табл. 1.16 приведены результаты оценки чувствительности к лучу огня некоторых рецептур АОС.

Таблица 1.16

Чувствительность к лучу огня характерных твердых топлив и АОС

Рецептура состава	Нижний предел, см	Верхний предел, см
ДРП	3-5	15
СТК-5-1(5-2)	6-7	13-15
СТК-2МД (МГИФ)	7-10	12-15
ПАС, СБК	2-5	8-10

Чувствительность к механическим воздействиям

В процессе приготовления рецептур АОС, формирования огнетушащих зарядов, снаряжения ими исполнительных устройств, их транспортирования, как бы осторожно эти операции ни производились, твердотопливные составы подвергаются определенным механическим воздействиям (чаще возникают усилия трения, не исключена вероятность толчков и ударов). При некоторых механических воздействиях возможно несанкционированное воспламенение составов и зарядов. Поэтому показатели чувствительности являются важными характеристиками обеспечения безопасности использования АОС на практике. Чувствительность к механическим воздействиям характеризуется чувствительностью к удару и трению.

Чувствительность к удару

Для экспериментального определения чувствительности твердотопливных составов к удару используют специальную аппаратуру: вертикальные копры и роликовые приборы. Обычно испытания проводят с грузом массой 10 кг; для чувствительных составов пользуются грузом массой 5 или 2 кг.

Чувствительность твердотопливных составов чаще всего характеризуют по наибольшей высоте падения груза, при которой получается 100 % отказов; ее называют нижним пределом чувствительности.

Иногда чувствительность твердотопливных составов выражают произведением массы груза на высоту его падения, отнесенным к единице площади испытываемого образца состава, на которую распространяется удар (т. е. величиной работы удара, $(\text{кг} \cdot \text{м})/\text{см}^2$).

В табл. 1.17 приведены данные по нижнему пределу чувствительности к удару (груз массой 10 кг) некоторых твердых топлив и АОС.

Таблица 1.17

Чувствительность к удару характерных твердых топлив и АОС

Марка АОС, рецептура, % масс.	Работа удара*, (кг · м)/см ²	Нижний предел чувствительности к удару ($P = 10$ кг) H_0 , мм
KNO_3 - 84; С (древесн. уголь) - 16	5,0	-
KNO_3 - 60; Mg - 40	4,6	-
$KClO_4$ - 85; С (древесн. уголь) - 15	4,2	-
$KClO_4$ - 60; Mg - 40	4,4	-
Дымный порох ДРП	-	250
СТК-5-1	-	300-500
СТК-2МД (МГИФ)	-	350-500
ПАСС	-	>500
СБК	-	>500
ПТ-4	-	> 500
ПТ-50	-	50-100

* Работа, при которой происходит 50 % взрывов.

Чувствительность к трению. Чувствительность твердотопливных составов экспериментально можно определять по методу, принцип которого заключается в следующем: испытываемый состав растирают между двумя стальными поверхностями, нижняя из которых (матрица) неподвижна, а верхняя (пуансон) вращается с определенной скоростью. К трущему пуансону с помощью рычажного приспособления прикладывается различное давление. Чувствительность к трению оценивается по минимальной величине приложенного усилия (кг/см²), которая при растирании испытуемого образца вызывает его воспламенение (нижний предел чувствительности к трению).

Данные о нижнем пределе чувствительности к трению некоторых твердых топлив и типовых АОС приведены в табл. 1.18.

Таблица 1.18

**Чувствительность к трению твердых топлив
и типовых АОС**

Марка АОС (рецептура)	Нижний предел чувствительности к трению, кгс/см ²
СТК-5-1 (Э-2)	>2500
СТК-2МД (МГИФ)	>2500
СБК	>3000
ПАС (Е-1, ТТК)	>3000
ПТ-4	≤3750-4840
ПТ-50	≤2540-3000

Взрывчатые свойства твердотопливных АОС

Одними из основных требований, предъявляемых к твердотопливным составам, используемым в пожаротушении, в том числе к АОС, являются способность равномерно гореть и наличие минимальных взрывчатых свойств или вообще их отсутствие (отсутствие перехода режима послойного горения в детонацию, взрывного горения одновременно всей массы состава, высоких метательных свойств и др.). Широкое применение для тушения пожаров твердотопливных составов с повышенными взрывчатыми свойствами, кроме специальных случаев, не имеет реальной практической перспективы (ввиду значительной их опасности на всех этапах производства смесей, зарядов, снаряжения генераторов огнетушащего аэрозоля, хранения, транспортирования и применения в установках пожаротушения). Ранее предпринимаемые попытки использовать твердые топлива для пожаротушения не привели к их практическому применению из-за повышенных взрывчатых свойств.

Поэтому при выборе компонентов и разработке рецептур АОС для широкого применения одним из главных требований является отсутствие у составов взрывчатых свойств (или максимально возможное ограничение условий развития взрывного горения, детонации за счет введения флегматизаторов, ограничения массы, типоразмеров зарядов и др.).

Взрывчатое разложение возможно и детонация устойчиво распространяется только в хлоратных составах, содержащих не менее 60 % масс. хлоратов, и в смесях с окислителем перхлоратом аммония. Нитратные составы обладают значительно меньшими взрывчатыми свойствами по сравнению с хлоратными и перхлоратными составами. Введение в составы некоторых горючих-связующих (с пониженной реакционной способностью и газопроницаемостью), инертных и различных флегматизирующих добавок понижает их взрывчатые свойства. Увеличение плотности зарядов (за счет повышения давления прессования) также снижает взрывчатые свойства. Увеличение дисперсности исходных компонентов составов повышает взрывчатые их свойства. Увеличение выше определенных значений размеров (массы) сформованных зарядов некоторых твердотопливных составов также может увеличивать взрывчатые свойства.

В табл. 1.19 приведены данные о детонационной способности характерных рецептур некоторых твердых топлив и типовых АОС (при определенных размерах и массе зарядов).

Таблица 1.19

**Взрывчатые свойства характерных твердых топлив
и АОС**

Марка АОС	Основные компоненты	Типоразмер (масса, кг) заряда	Скорость детонации, м/с
-	KClO_3 , С (древесн. уголь)	-	1620
СТК- 2МД	KNO_3 , идитол, ДЦДА	$\varnothing < 100$ мм (5,0)	-
МГИФ	KNO_3 , идитол, ДЦДА	$\varnothing < 100$ мм (10)	-
ПАС (Е-1, ТТК)	KNO_3 , KClO_4 , ЭД-20/отвердитель	$\varnothing < 100$ мм (10)	-
ПТ	KNO_3 , НЦ/пластификатор	$\varnothing < 100$ мм (10)	-

Окончание табл. 1.19

Марка АОС	Основные компоненты	Типоразмер (масса, кг) заряда	Скорость детонации, м/с
СБК	$\text{KNO}_3(\text{KClO}_4)$, каучук ДСТ, идитол	$\varnothing < 100$ мм (10)	-
СЭПТ	KNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, KClO_4 , НЦ/пласт.	$\varnothing < 100$ мм (-)	-

Исходя из характера и значений параметров воспламенения, горения (взрыва), а также взрывчатых свойств твердотопливные составы в соответствии с ГОСТ 19433-88 разделяют на классы (подклассы) опасности груза (класс 1 - взрывчатые вещества; класс 4, подкласс 4.1 - легковоспламеняющиеся твердые горючие вещества, не способные к взрывному горению всей массой). Для АОС (в соответствии с классом опасности) устанавливают жесткие требования по обеспечению безопасности при производстве огнетушащих зарядов, снаряжении ими генераторов огнетушащего аэрозоля, хранении, транспортировании и применении огнетушащих зарядов и генераторов аэрозоля. В пожаротушении нецелесообразно широко применять составы и огнетушащие заряды 1-го класса опасности (взрывчатые вещества). Для определения класса опасности твердотопливных составов и их зарядов проводятся комплексные, в том числе крупномасштабные испытания, в специализированных организациях по определению взрывчатых свойств с выдачей в установленном порядке соответствующего заключения.

Все рекомендованные для практического применения марки АОС, кроме термочувствительных огнепроводных составов типа ГГ, ТЧ, КР и некоторых других, отнесены в соответствии с международными нормативными документами и требованиями ГОСТ 19433 "Грузы опасные. Классификация и маркировка" к классу 4, подклассу 4.1.

Токсичность аэрозолей АОС

Токсичность огнетушащих аэрозолей, образуемых при сгорании зарядов АОС, определяется главным образом их химическим составом (газовой и твердой фаз), дисперсностью твердых частиц и временем воздействия. Применяемые для пожаротушения аэрозоли термически достаточно стабильны, а продукты их возможного термического разложения (K_2O , CO_2) незначительно отличаются по токсичности от компонентов подаваемого для тушения аэрозоля (как в случае разложения, например, хладонов, когда продукты пиролиза на один-два порядка более токсичны, чем исходные вещества).

Наиболее достоверны экспериментальные данные, получаемые при испытании аэрозолей конкретных составов в реальных количествах и условиях практического применения (в генераторах с дожиганием на воздухе или с охлаждающими насадками).

Токсическое воздействие на организм человека аэрозоли могут оказывать либо при попадании на кожу, либо при вдыхании. Наибольшую опасность представляет проникновение аэрозолей в организм через дыхательные органы.

Основными характеристиками токсичности аэрозольных продуктов горения АОС являются время безопасного пребывания человека без средств защиты в огнетушащей среде $t_{доп}$, в течение которого в организме не возникает необратимых изменений, и показатель токсичности HCL_{50} - отношение количества состава к единице объема замкнутого пространства ($г/м^3$), в котором образующиеся при горении аэрозольные продукты (смесь газообразных и твердых веществ) вызывают гибель 50 % подопытных животных. В соответствии с величиной показателя HCL_{50} огнетушащих аэрозолей АОС устанавливается класс их опасности. Класс опасности АОС определяется по методике ГОСТ-12.1.044-89 при различном времени экспозиции (табл. 1.20).

Таблица 1.20

Классификация веществ по значению показателя токсичности продуктов их горения в воздухе

Класс опасности	HCL ₅₀ , г/м ³ , при времени экспозиции, мин			
	5	15	30	60
Чрезвычайно опасные	До 25	До 17	До 13	До 10
Высокоопасные	25-70	17-50	13-40	10-30
Умеренноопасные	70-210	50-150	40-120	30-90
Малоопасные	Свыше 210	Свыше 150	Свыше 120	Свыше 90

Химический состав аэрозолей, образующихся при сгорании зарядов АОС, зависит от химической природы, дисперсности исходных компонентов, их количественного соотношения в рецептурах, а также условий сжигания зарядов.

Наиболее распространенные рецептуры АОС включают в себя следующие основные компоненты: окислители - нитраты натрия, калия, бария, перхлорат калия; горючие/пластификаторы, связующие - фенолформальдегидные, эпоксидные, полиэфирные смолы, нитрильные, дивинилстирольный и ряд других синтетических каучуков, нитроцеллюлозные пороха и некоторые другие органические соединения, специальные добавки - углекислые соли магния, калия, натрия, магний металлический, дициандиамида, фторпласт и др.

При полном сгорании зарядов АОС на воздухе в количествах, достаточных для тушения модельных очагов пожара, огнетушащие аэрозоли содержат малотоксичные при кратковременном воздействии вещества: микронных размеров твердые частицы соединения карбонатов, хлоридов натрия, калия, бария, магния, аммония и азот, углекислый газ и пары воды.

При неполном сгорании зарядов в защищаемый объем могут выделяться, кроме указанных малотоксичных веществ, аэрозоли, содержащие некоторое количество токсичных веществ: в твердой фазе - гидрооксиды, нитриты, цианиды металлов и др.; в газовой фазе - оксиды азота, углерода, аммиак, цианистый водород и некоторое количество различных углеводородов.

При использовании рецептур нестехиометрического соотношения компонентов, "обогащенных" по горючим компонентам, в аэрозолях может содержаться опасное количество токсичных веществ. Аэрозоли АОС на основе перхлоратов калия (при прочих равных условиях) менее токсичны, чем аэрозоли составов на основе нитрата калия. Во всех указанных случаях токсичность аэрозолей возрастает при использовании АОС на основе крупнодисперсных (более 160 мкм) компонентов, а также различных охлаждающих насадок. Поэтому при использовании ГОА с различного рода охлаждающими насадками получаемый огнетушащий аэрозоль чаще всего (особенно при горении нестехиометрических составов и составов из крупнодисперсных компонентов) может содержать в 1,5-5 раз больше токсичных веществ (CO , NH_3 , Cl^- , N_xO_y и т. д.). Эти особенности следует учитывать при обосновании целесообразности противопожарной защиты на основе АОС и разработке мероприятий по обеспечению безопасности людей.

В табл. 1.21 приведены данные о токсичности огнетушащих аэрозолей типовых составов АОС, получаемых при сжигании зарядов определенной массы в модельных и реальных генераторах огнетушащего аэрозоля (без каких-либо охлаждающих насадок).

Таблица 1.21

Токсичность огнетушащих аэрозолей АОС*

Модификация АОС (без охлаждения)	C_m , г/м ³	HCL_{50} , г/м ³ (время экспозиции, мин)	Класс опасности веществ	$t_{\text{доп}}$ (при C_m), мин	Основные токсичные компоненты
СТК-5-1	55-65	240 (60)	Мало-опасные	$\geq 15,0$	CO (N_xO_y)
СТК-268 (МГИФ)	35-45	195-205 (60)	Мало-опасные	$\geq 15,0$	CO , N_xO_y , (HCN)
СТК-2МД	35-45	80 (5)	Умеренно-опасные	$< 1,0$	CO , HCN , N_xO_y , KCN
СТК-24МФ	150	165 (5)	Мало-опасные	$< 3,0$	CO , HCN , N_xO_y

Окончание табл. 1.21

Модификация АОС (без охлаждения)	C_m , г/м ³	HCL ₅₀ , г/м ³ (время экспозиции, мин)	Класс опасности веществ	$t_{доп}$ (при C_m), мин	Основные токсичные компоненты
СБК-2(3)М	35-45	220 (60)	Мало-опасные	<15,0	CO, N _x O _y (HCN, Cl ⁻)
ПАС	40-50	165 (60)	Мало-опасные	<15,0	CO, (HCN, N _x O _y , Cl ⁻)
ПТ-50	35-45	103 (60)	Мало-опасные	<15,0	CO, N _x O _y
ПТ-4	35-45	130 (60)	Мало-опасные	<15,0	CO, N _x O _y
Е-1	40-50	-	Мало-опасные	<15,0	CO (HCN, N _x O _y , Cl ⁻)
СЭПТ	100	160 (15)	Мало-опасные	≤15,0	CO, N _x O _y

* Сжигание зарядов на воздухе с дожиганием продуктов неполного сгорания.

Таблица 1.22

Сравнительные показатели токсичности существующих средств объемного пожаротушения

Показатели огнетушащих веществ (ОТВ)	Хладон 114В2	Хладон 13В1	Азот N ₂	Углекислый газ CO ₂	Порошок ПСБ-3	АОС марки СБК
Огнетушащая концентрация, кг/м ³	0,23-0,37	0,33	0,6-0,8	0,6-0,7	0,5-0,7	0,035-0,06
Безопасная концентрация ОТВ для человека (без средств защиты), кг/м ³	0,11-0,18*	0,44-0,63*	0,9*	0,185*	-	0,06**

* Время воздействия 1 мин; ** время воздействия до 15 мин.

В табл. 1.22 приведена сравнительная характеристика токсичности огнетушащего аэрозоля типовых АОС (марки СБК-2 и СБК-3) и огнетушащих составов - хладонов 114В2 и 13В1, азота, углекислого газа и порошка ПСБ-3.

Озоноразрушающее действие огнетушащих аэрозолей АОС

Важной экологической проблемой, возникшей в мире в последнее десятилетие, является сохранение жизненно важного озонового слоя Земли, защищающего планету от опасного прямого солнечного ультрафиолетового излучения. Общее содержание озона в атмосфере составляет около 3,3 млрд тонн.

Основная масса атмосферного озона (~90 %) сосредоточена в стратосфере, т. е. на высоте 17-55 км. Максимальная концентрация озона отмечается на высоте 20-25 км и составляет $6 \cdot 10^{12}$ частиц в см^3 , т. е. несколько молекул озона на миллион молекул окружающего воздуха. Такое высотное распределение объясняется тем, что озон O_3 образуется в атмосфере на высоте более 30 км в результате фотодиссоциации молекул кислорода O_2 под действием солнечного ультрафиолетового (УФ) излучения:



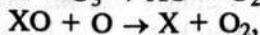
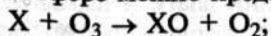
и последующего присоединения атомов кислорода O к молекуле O_2 :



где M - любая молекула, которая снимает избыточную энергию образовавшейся молекулы O_3 , равную энергии химической связи O с O_2 .

Одна из причин разрушения озонового слоя - выброс в атмосферу ряда химических веществ антропогенной природы. В этот ряд входят различные хлорфтор(бром)углеводороды (фреоны-хладоны), в том числе тетрафтордибромэтан, трифторбромметан и бромхлордиформетан, т. е. хладоны соответственно 114В2, 13В1 и 12В1 (по зарубежной классификации 2402, 1301 и 1211), ранее широко применяемые в пожаротушении. Процесс разрушения озона протекает по цепному механизму и имеет весьма отрицательную особенность: одна

молекула, например, фреона может разрушить около ста тысяч молекул стратосферного озона. В разрушении стратосферного озона участвуют не только атомы хлора или брома, выделяющиеся при разложении под действием УФ-излучения фреонов, но и другие частицы. В общем виде механизм гибели озона в стратосфере можно представить следующим образом:



где X - OH, NO_x, Cl, Br, HCN и другие озоноразрушающие химические соединения.

Поэтому фреоны и другие антропогенные соединения являются потенциально опасными для озонового слоя Земли. Если не уменьшить сегодняшнее поступление озоноразрушающих соединений, в том числе фреонов, в атмосферу, то их атмосферное содержание и степень воздействия на стратосферный озон будет расти еще долгое время (время жизни, например, хладонов/фреонов 11-CCl₃F и 12-CCl₂F₂ составляет соответственно 65 и 110 лет), что приведет к существенному уменьшению озона в атмосфере.

При выборе модификаций составов для практического использования требуется определить озоноразрушающую способность огнетушащего аэрозоля, образуемого при сгорании зарядов АОС.

В Институте энергетических проблем химической физики РАН разработана методика оценки коэффициента относительного (относительно хладона 11) озоноразрушающего действия (КОД*) различных химических веществ антропогенного происхождения, включая огнетушащие аэрозоли АОС.

Для определения КОД* различных огнетушащих веществ или их смесей, в том числе огнетушащих аэрозольных продуктов сгорания АОС, необходимо знать КОД* каждого компонента, и учесть их относительное содержание в смеси.

Огнетушащие аэрозоли типовых АОС при эффективном разложении солей-окислителей и окислении горючих компонентов содержат в основном следующий набор компонентов: газообразные - CO₂, N₂, пары воды, незначительное количество CO, NO_x, HCN, NH₃, CH₃, H₂ и некоторые твердые час-

тицы - KOH , $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, KHCO_3 , KCl , KNO_2 , KCN , NH_4HCO_3 , MgO , сажу и т. д.

Твердые частицы огнетушащего аэрозоля чаще всего представляют собой различные соединения калия или натрия, имеющие достаточно высокую растворимость в воде. В тропосфере они будут служить центрами конденсации влаги и вымываться с дождями на поверхность Земли. КОД* твердых частиц огнетушащего аэрозоля АОС принимается равным 0.

Из газообразных соединений наиболее озоноразрушающими являются NO_x и HCN . Огнетушащие аэрозоли различных составов АОС, содержащие NO_x и HCN в количествах не более, соответственно, 10^{-1} и 10^{-3} % об., практически озонобезопасны, а значение КОД* для таких АОС будет составлять не более 10^{-6} . Используемые в настоящее время модификации АОС в составе выделяемых огнетушащих аэрозолей содержат NO_x и HCN соответственно не более 10^{-2} и 10^{-4} %.

В табл. 1.23 приведены сравнительные данные об озоноразрушающей и огнетушащей эффективности АОС применяемых, а также перспективных средств объемного пожаротушения.

Таблица 1.23

Расчетные значения коэффициента относительного озоноразрушающего действия КОД* различных средств объемного пожаротушения

Огнетушащее средство (ОС)	Удельный огнетушащий расход (гептан), г/м ³	Наиболее озоноразрушающие химические соединения (элементы) в ОС	КОД*
Хладон 11	-	Cl	1,0
Хладон 1211 (12B1)	280	Cl, Br	3,0
Хладон 1301 (13B1)	230	Br	10,0
Хладон 2402 (114B2)	240	Br	6,0
Хладон 125	-	-	0
Углекислый газ	610	-	0

Окончание табл. 1.23

Огнетушащее средство (ОС)	Удельный огне-тушащий расход (гептан), г/м ³	Наиболее озоноразрушающие химические соединения (элементы) в ОС	КОД*
Е-1	50	N_xO_y	≈0
СТК-5-1	65	N_xO_y	≈0
СТК-5-20МД	45	HCN, N_xO_y	≈0,01
СТК-24МФ	145	HCN, N_xO_y	≈0
МГИФ	45	HCN, N_xO_y	≈0
СБК-3(М)	40	N_xO_y	≈0
ПАС-11	45	N_xO_y, Cl	≈0
ПАС-11 (с химическим охладителем)	120	N_xO_y, Cl	≈0,01
ПАС-47М	45	N_xO_y, Cl	≈0
ПАС-47М (с химическим охладителем)	120	N_xO_y, Cl	≈0,01
ПТ-4	40	N_xO_y, NH_3	≈0
ПТ-4 (с химическим охладителем)	110	N_xO_y, NH_3	≈0,01
СЭПТ	46	N_xO_y, NH_3, Cl	≈0
СЭПТ (с химическим охладителем)	110	N_xO_y, NH_3, Cl	≈0,01

Коррозионная активность огнетушащих аэрозолей

Для обеспечения эффективного применения АОС необходимо знать условия и области (объекты) использования, в которых образуемые при горении огнетушащие аэрозоли оказывали бы минимально возможное разрушающее воздействие на оборудование, приборы, материалы и другое имущество (или совсем бы не оказывали разрушающего воздействия, не снижали бы показатели их качества и работоспособности и т. п.).

С этой целью для каждой перспективной модификации АОС определяется характер и степень воздействия огнетушащего аэрозоля на металлы, сплавы и неметаллические материалы, а также оценивается работоспособность электротехнической и электронной аппаратуры, отдельных элементов и материалов после воздействия аэрозоля. Испытания проводят в герметичных камерах при концентрациях аэрозоля, превышающих в 3-4 раза минимальную огнетушащую (т. е. при сжигании удельных навесок зарядов АОС не менее $140-150 \text{ г/м}^3$). Испытуемые образцы выдерживают 2-24 ч в аэрозольной среде при $25-50^\circ\text{C}$. После обработки образцы содержат в специальной установке с воздушной атмосферой при $20-50^\circ\text{C}$ и относительной влажности 72-75 % или ≈ 98 % в течение 24 или 85 суток (576 и 2040 ч). Одновременно в этих же условиях (для непосредственного сравнения) содержат образцы, которые не подвергались воздействию аэрозоля.

Для металлических образцов определяют скорость и характер коррозии (для некоторых - изменение механической прочности образцов), а по стандартным методам определяют баллы и группы стойкости материалов при воздействии огнетушащих аэрозолей, т. е. оценивают коррозионную активность аэрозолей по отношению к характерным веществам и материалам.

Данные о воздействии огнетушащих аэрозолей, образующихся в модельном генераторе аэрозоля с удельным расходом огнетушащих зарядов АОС $140-150 \text{ г/м}^3$, на различные материалы и элементы вычислительной и электро- и радиотехнической аппаратуры приведены в табл. 1.24 и 1.25.

Элементы электро- и радиотехнической аппаратуры после воздействия огнетушащего аэрозоля наблюдались в течение года (через каждые 4-6 месяцев производилась проверка работоспособности).

Допустимое напряжение в электроустановках при использовании АОС

Наличие огнетушащего аэрозоля в защищаемых электро- и радиотехнических помещениях, непосредственно в электроаппаратуре приводит к снижению электрического

Таблица 1.24

Характер воздействия огнетушащих аэрозолей АОС на металлы, их сплавы и полимерные (электроизоляционные) материалы

Материал	Среда	Относительная влажность воздуха, %	Время воздействия, ч	Глубинный показатель коррозии, мм/год	Балл	Группа стойкости
Углеродистая сталь Ст3	Воздух	72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		98	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (СТК-2МД)	72-75	576	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (СБК)	98	2040	0,001-0,005	2	Весьма стойкие
		72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (ПАС)	98	2040	0,001-0,005	2	Весьма стойкие
		72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
Легированная сталь 40Х13	Воздух	72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		98	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (СТК-2МД)	72-75	576	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (СБК)	72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		98	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие

Продолжение табл. 1.24

Материал	Среда	Относительная влажность воздуха, %	Время воздействия, ч	Глубинный показатель коррозии, мм/год	Балл	Группа стойкости
Легированная сталь 40Х13	Аэрозоль (ПАС)	72-75	2040	≤0,001	1	Соверш. стойкие
		98	2040	≤0,001	1	Соверш. стойкие
Медь МЗ	Воздух	72-75	2040	≤0,001	1	Соверш. стойкие
		98	2040	0,001-0,005	2	Весьма стойкие
	Аэрозоль (СТК-2МД)	72-75	576	≤0,001	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (СБК)	72-75	2040	≤0,001	1	Соверш. стойкие
		98	2040	0,001-0,005	2	Весьма стойкие
	Аэрозоль (ПАС)	72-75	2040	≤0,001	1	Соверш. стойкие
		98	2040	0,001-0,005	2	Весьма стойкие
Латунь Л-63	Воздух	72-75	2040	≤0,001	1	Соверш. стойкие
		98	2040	0,001-0,005	2	Весьма стойкие
	Аэрозоль (СТК-2МД)	72-75	576	≤0,001	1	Соверш. стойкие

Продолжение табл. 1.24

Материал	Среда	Относительная влажность воздуха, %	Время воздействия, ч	Глубинный показатель коррозии, мм/год	Балл	Группа стойкости
Латунь Л-63	Аэрозоль (СБК)	72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		98	2040	0,001-0,005	2	Весьма стойкие
	Аэрозоль (ПАС)	72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		98	2040	0,001-0,005	2	Весьма стойкие
Алюминий АМЦМ	Воздух	72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		98	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (СТК-2МД)	72-75	576	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (СБК)	72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		98	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (ПАС)	72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		98	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
Дюралюминий	Воздух	72-75	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
		98	2040	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль (СТК-2МД)	72-75	576	$\leq 0,001$	1	Соверш. стойкие

Окончание табл. 1.24

Материал	Среда	Относительная влажность воздуха, %	Время воздействия, ч	Глубинный показатель коррозии, мм/год	Балл	Группа стойкости
Дюралюминий	Аэрозоль	72-75	2040	≤0,001	1	Соверш. стойкие
	(СБК)	98	2040	≤0,001	1	Соверш. стойкие
	Аэрозоль	72-75	2040	≤0,001	1	Соверш. стойкие
	(ПАС)	98	2040	0,001-0,005	2	Весьма стойкие
Полиэтилен, полихлорвинил, резина, текстил	Аэрозоль (СТК, СБК, ПАС, ПТ)	72-75	2040	Без изменения	-	Соверш. стойкие
	ПАС, ПТ)	98	2040	Без изменения	-	Соверш. стойкие

Таблица 1.25

Результаты испытаний работоспособности элементов электро- и радиотехнической аппаратуры после воздействия огнетушащих аэрозолей АОС (СТК, СБК, ПАС)

Испытываемые элементы	Характер воздействия аэрозоля	Результаты проверки
Блоки питания (5 типов), ячейки (2 типа), печатные платы вычислительной машины	На платах видны частицы черного и белого цвета (сажа, сода), на концах паяк изредка видны кристаллы зеленого цвета (окисление медных контактов и элементов)	Аппаратура работоспособна, функционирует в составе стендов более одного года
Металлокерамические усилительные приборы	В местах спая металлокерамики видны кристаллы зеленого цвета	

Окончание табл. 1.25

Испытываемые элементы	Характер воздействия аэрозоля	Результаты проверки
Рп-диод в арматуре	В местах спая металлокерамики видны кристаллы зеленого цвета	Аппаратура работоспособна, функционирует в составе стендов более одного года
Высоковольтный изолятор (катодная ножка) усилительного прибора	Видны кристаллы зеленого цвета и темный налет на керамике со стороны подачи аэрозоля	
СВЧ-делитель (мост)	Темный налет со стороны подачи аэрозоля	
ВЧ- и СВЧ-элементы: фазовращатели, фильтры (5 шт.), ответвители	Темный налет со стороны подачи аэрозоля, черные и белые частицы на внутренних поверхностях напротив отверстий, зеленые и голубые частицы в местах паяк	
СВЧ-ответвитель на ситалле (негерметизированный)	Черные и белые частицы на проводниках и ситалловой плате, зеленые частицы на проводниках	
Резистор СП-4	Черный налет на металлических элементах	Вычислительная машина с данным диском работоспособна в течение 15 дней
Магнитный диск ЕС-5053	-	
Реле (5 типов, в том числе низковольтные - 2 типа)	-	
Микрокалькулятор К-50-3	-	

Примечание. Приведенные в таблице результаты оценки характера воздействия огнетушащего аэрозоля получены при исследовании приборов и отдельных элементов без удаления аэрозоля с их поверхностей. В случаях, когда твердые частицы удалялись с поверхностей водно-спиртовыми растворами с последующей сушкой приборов не позднее чем через сутки после воздействия аэрозолей, какие-либо изменения отсутствовали.

сопротивления среды и поверхности изоляторов (фарфоровых, текстолитовых и др.). В результате этого возможно возникновение электрического разряда (пробоя) по объему аэрозольной смеси, нагрев поверхности или короткое замыкание между контактами (особенно при наличии во влажной среде осажженных твердых частиц). При этом аэрозоли АОС, содержащих соединения магния (СТК-24МФ, Е-1), графит и другие вещества с высокой электропроводностью, способствуют большему снижению электрического сопротивления среды и поверхности изоляторов. Повышенная влажность атмосферы в защищаемом объеме также вызывает снижение электросопротивления атмосферы среды и поверхности.

Испытания составов СТК-24МФ, СТК (МГИФ), СТК-20МД, СБК, ПАС и Е-1 показали, что все перечисленные модификации АОС в количествах, равных примерно 2-3 минимальным значениям огнетушащих расходов, могут успешно применяться для тушения горящих электрооборудования и аппаратуры под напряжением до 1000 В.

Физико-химическая стойкость АОС

При хранении, транспортировании и эксплуатации АОС в них могут происходить заметные физические и химические изменения вследствие внешних воздействий (климатических, механических и др.). В некоторых случаях они могут быть настолько существенны, что огнетушащие заряды и снаряженные ими генераторы аэрозоля становятся непригодными к употреблению, а иногда и опасными в обращении.

Физические изменения в АОС (набухание, появление трещин, изменение размеров, формы, плотности зарядов, растрескивание и испарение части компонентов и т. п.) чаще всего могут быть вызваны воздействием на них влаги, резкого изменения температуры окружающей среды и/или механического воздействия.

Химические изменения (изменение компонентного состава рецептур, повышение или понижение химической активности отдельных компонентов и др.) чаще всего связаны с пассивацией (образованием окисных пленок) и разложением компонентов при наличии в них некоторых примесей и/или

влаги, а также в результате протекания обменных реакций между компонентами (особенно часто при повышенной влажности и температуре).

В зависимости от характера физико-химической стойкости АОС устанавливаются максимально допустимые условия и сроки хранения, транспортирования и эксплуатации.

Гигроскопичность - способность вещества поглощать влагу из воздуха - зависит от физико-химических свойств веществ, температуры и влажности воздуха. Каждое вещество способно поглощать влагу в условиях только определенной минимальной влажности. Эта величина называется гигроскопической точкой, или относительной влажностью воздуха над насыщенным водным раствором вещества (%) при определенной температуре. Чем ниже значение гигроскопической точки, тем более гигроскопичным является данное вещество.

Гигроскопичность составов во многом зависит от гигроскопичности их компонентов, плотности и состояния поверхности составов, зарядов, подверженных воздействию влажной атмосферы. Как правило, составы в сформованном в заряды состоянии менее гигроскопичны, чем составы, взятые в исходном состоянии в виде порошка, неотвержденной массы. Гигроскопичность составов при сохранении прочих условий увеличивается с ростом дисперсности (уменьшением размеров) исходных компонентов и температуры окружающей среды. О степени гигроскопичности составов можно приближенно судить по величине растворимости их компонентов. Чем больше растворимость, тем более гигроскопичны вещества и составы на их основе.

В табл. 1.26 приведены данные о гигроскопичности и растворимости характерных компонентов, применяемых в АОС.

Для предохранения составов от поглощения ими влаги из воздуха в тех случаях, когда невозможна полная герметизация исполнительных устройств (генераторов аэрозоля), частицы компонентов составов или поверхность сформованных огнетушащих зарядов покрывают антигигроскопичной защитной пленкой. Это достигается различными способами: например, введением в состав веществ (чаще всего горючих-связующих) с пониженной способностью к влагопоглощению, которые

предохраняют гигроскопичные компоненты от контакта с влагой воздуха, или нанесением защитной пленки на готовые огнетушащие заряды. Первый способ защиты наиболее простой и эффективный. В качестве компонентов, дополнительно вводимых в рецептуры для снижения гигроскопичности зарядов АОС, часто используют парафин, вазелин, фенолформальдегидные, эпоксидные, полиэфирные и иные натуральные или синтетические смолы, каучуки, лаки, клеи, нитроцеллюлозу и другие высокомолекулярные соединения.

Таблица 1.26

Показатели гигроскопичности характерных солей-окислителей, используемых в рецептурах АОС

Компонент	Гигроскопическая точка, %	Растворимость вещества в воде, г на 100 г раствора (при 20 °С)
KClO_4	94	1,7
NH_4ClO_4	96	18
NH_4NO_3	67	64
NaNO_3	77	47
KNO_3	92,5	24
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	-	13
K_2CrO_4	-	63
$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	99	8

Для огнетушащих зарядов АОС, в зависимости от их физико-химической стойкости, устанавливаются максимально допустимые условия хранения (эксплуатации).

В табл. 1.27 приведены данные о допустимых условиях и сроках хранения (эксплуатации) зарядов характерных типовых АОС (без учета проведения возможных специальных защитных мероприятий: покрытия поверхностей зарядов влагоотталкивающими покрытиями, полной герметизации корпусов генераторов аэрозоля и др.).

Механическая прочность огнетушащих зарядов АОС.

В исполнительных устройствах установок пожаротушения - генераторах огнетушащего аэрозоля - используются твердотопливные аэрозолеобразующие АОС в виде сформованных огнетушащих зарядов определенной массы и чаще всего цилинд-

рической формы (с одним или несколькими внутренними каналами или бесканальные). Формование огнетушащих зарядов заданной массы и конфигурации можно осуществлять различными способами, давно и широко используемыми в пиротехнике и пороходелии: различного вида прессованием, шнекованием или литьем исходных смесей.

Таблица 1.27

**Допустимые условия и сроки хранения (эксплуатации)
характерных типовых АОС**

АОС	Предельная влажность (относительная) воздуха, %	Температурный диапазон, $\pm^{\circ}\text{C}$	Срок хранения (эксплуатации), лет, не менее
СТК-5-1	90	50	5
СТК-2МД	90	50	5
МГИФ	80	50	10
СТК-НТ (СТК-24МФ)	80	45	10
ПАС	95	60	10
ПТ	90	50	10
СБК	95	60	10
Е-1*	80	55	10
СЭПТ	90	50	10

В реальных условиях огнетушащие заряды и снаряженные ими генераторы аэрозоля подвергаются внешнему воздействию влаги окружающей среды, вибрации, толчкам и ударам, в результате чего может значительно изменяться форма зарядов (появление трещин, сколов, порошка, потеря целостности зарядов и т. д.) с образованием более развитой поверхности, что при инициировании зарядов может привести к непрогнозируемому (в ряде случаев опасному) увеличению скорости горения (аэрозолеобразования) или, наоборот, к прекращению горения.

Необходимым требованием, предъявляемым к огнетушащим зарядам в целях надежного и безопасного пожаротушения, является постоянство не только химического состава, но и размеров, формы и общей площади поверхности зарядов. Сформованный заряд в условиях изменяющихся воздействий

температуры, влаги и различных механических воздействий должен обладать достаточной механической прочностью.

Механическая прочность сформованного заряда зависит от следующих факторов:

- свойств основной смеси окислитель-горючее;
- свойств связующего-цементатора и его количества в составе;
- дисперсности компонентов состава и технологии изготовления зарядов;
- способа введения цементатора (в сухом виде, в виде лака и т. п.);
- удельного давления прессования и времени выдержки при прессовании;
- высоты прессуемого столба огнетушащего заряда, площади прессования, их соотношения и др.

Прочностные характеристики определяют на специальных испытательных машинах. Предельные усилия, прикладываемые к испытываемым зарядам при сжатии или растяжении (разрыве), определяют для заданной температуры образцов. Данные предельные усилия (МПа или кг/см^2) называют пределом прочности при сжатии или растяжении.

В табл. 1.28 приведены значения показателей прочности (в диапазоне температур от -50 до $+50$ °С) при испытании на сжатие и растяжение для зарядов характерных модификаций АОС, изготавливаемых по различным технологиям.

Высокие прочностные характеристики серийно выпускаемых в России огнетушащих зарядов АОС можно проиллюстрировать, сравнивая данные табл. 1.28 с прочностными показателями известных веществ и материалов: предел прочности при сжатии сосновой древесины, бетона, кирпича обыкновенного и гранита составляют соответственно 5-40, 5-30, 5-15 и 120-200 МПа, а предел прочности при растяжении еловой древесины, свинца, алюминия и железа составляют соответственно 60, 18, 80-110 и 120-150 МПа.

Таблица 1.28

Показатели механической прочности огнетушащих зарядов АОС

АОС	Технология формирования зарядов	Температура испытаний, °С	Предел прочности при сжатии $\delta_{сж}$, МПа	Предел прочности при растяжении* δ_p , МПа
СТК	Прессование	20	21	0,15
СТК	То же	50	6,0	0,1
СБК	Шнек-пресс	20	30	4,4
СБК	То же	50	25	0,5
ПАС	Литьевая	20	Более 70	Более 7,5
ПТ	Шнек-пресс	-50	-	24,0
ПТ	То же	20	5,5	1,2
ПТ	То же	50	1,7	0,5

* Для прессованных зарядов АОС чаще всего определяют только предел прочности на сжатие.

В некоторых случаях при испытаниях на механическую прочность (особенно зарядов АОС, предназначенных для использования на транспортных средствах и других вибронепригодных объектах) дополнительно определяют показатель устойчивости к знакопеременным вибрационным нагрузкам. По данным опытов заряды СБК, ПАС, ТТК, ПТ, Е-1 и некоторые другие успешно выдержали испытания при частоте синусоидальных колебаний до 2000 Гц (амплитуда виброперемещений 2,5 мм, амплитуда виброускорения 2g). К менее устойчивым к высоким вибронепригодным нагрузкам можно отнести заряды, как правило, простейших пиротехнических составов АОС, изготавливаемых методом глухого прессования. Однако и их прочностные характеристики при повышенной вибрационной нагрузке можно существенно увеличить за счет специальных связующих и изменения способов их введения в составы (например, в виде жидких растворов, расплавов и др.).

Оптические свойства аэрозолей АОС (светопоглощение)

Одной из главных особенностей использования аэрозольного пожаротушения в замкнутых объемах является снижение прозрачности среды в защищаемых (и смежных с ними) помещениях при введении в них твердофазных огнетушащих аэрозолей. В этих условиях происходит ухудшение контрастности обзора, ухудшение и потеря видимости окружающих предметов и ориентирования человека в пространстве, что существенно затрудняет эвакуацию людей из защищаемых помещений. По этой причине не рекомендуется применять аэрозольное пожаротушение в помещениях объектов с массовым пребыванием людей и в помещениях, из которых люди не могут быть эвакуированы по ряду причин до начала подачи огнетушащего аэрозоля.

Основные оптические явления, происходящие в аэрозолях, сводятся к поглощению лучистой энергии и рассеянию ее по разным направлениям, т. е. к ее ослаблению, что и вызывает потерю видимости окружающих предметов и пространства.

Количественно зависимость между ослаблением света однородными по дисперсности твердыми частицами, удельной массовой концентрацией аэрозоля и толщиной поглощаемого слоя определяется следующим выражением:

$$I_l = I_0 e^{-kC_a l},$$

где I_l - интенсивность рассеянного и поглощенного света, выходящего из аэрозоля; I_0 - интенсивность света, входящего в аэрозоль; l - толщина слоя аэрозоля (или расстояние между наблюдателем и рассматриваемым предметом, которые одновременно находятся в аэрозольной среде), м; k - суммарный коэффициент ослабления, характеризующий рассеивающую и поглощающую способность дисперсной среды (аэрозоля); C_a - удельная массовая концентрация аэрозоля (в нашем случае в пересчете на исходную навеску заряда АОС), г/м³; e - основание натурального логарифма.

Интенсивность рассеянного света во многом зависит от оптических свойств аэрозолей, концентрации и размеров

твердых частиц, а также от длины волны света. В аэрозолях, размеры твердых частиц которых больше длины волны света, интенсивность рассеянного света I_r определяется выражением

$$I_r = kC_a/r,$$

где k - коэффициент пропорциональности, характеризующий рассеивающую способность данного аэрозоля; r - радиус твердых частиц аэрозоля, м.

В случае, когда размер твердых частиц аэрозоля значительно меньше длины волны проходящего через него света, интенсивность рассеянного света значительно зависит от размера частиц и определяется выражением

$$I_r = kC_a r^3.$$

Наибольшую рассеивающую способность, приводящую к существенной потере видимости в защищаемом объеме, имеют аэрозоли, размеры твердых частиц которых близки к длинам волн видимого света, то есть к 0,1-1,0 мкм.

Интенсивность рассеивания света значительно увеличивается с уменьшением длины его волны и для однородной аэрозольной смеси определяется по формуле

$$I_r = I_0 k C_a r^3 / \lambda^4;$$

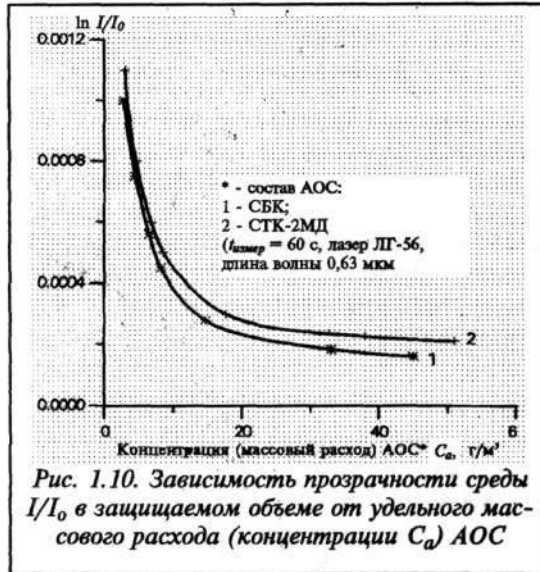
где λ - длина волны падающего света, мкм.

Меньше всего аэрозолями рассеиваются длинноволновые, красные и особенно инфракрасные лучи.

Разность $I_0 - I_l$ в аэрозольных средах равна энергии, поглощенной и рассеянной слоем аэрозоля l , и определяет общее ослабление света. Отношение интенсивности света I_l , прошедшего через слой аэрозоля, к первоначальному значению I_0 характеризует степень прозрачности среды. Величина прозрачности среды определяется экспериментально или расчетом по формуле

$$I_l/I_0 = e^{-k C_a l}.$$

На рис. 1.10 приведены экспериментальные данные об изменении прозрачности воздушной среды в защищаемом объеме в зависимости от количества введенного твердофазного огнетушащего аэрозоля при различных значениях массо-



вого удельного расхода (концентрации C_a) АОС типа СТК-2МД и СБК ($\eta_a = 94-97$ % масс., $V_{zh} = 0,44-0,58$ л/г, доля твердых частиц в выделяемых аэрозолях 42-46 % масс., массовая доля твердых частиц аэрозоля со средним размером менее 1 мкм 52-58 %).

При удельных массовых расходах АОС, обеспечивающих тушение диффузионных газовых

пламен большинства жидких, твердых и газообразных органических горючих веществ, в замкнутом объеме образуется аэрозольная среда, прозрачность которой может быть в сотни (и даже тысячи) раз ниже по сравнению с прозрачностью чистой воздушной атмосферы.

В реальных аварийных ситуациях такие снижения прозрачности среды значительно ухудшают видимость окружающих предметов, пространства (в том числе являющихся источниками видимого света - электрических лампочек, указателей и т. п.), что затрудняет быстрое ориентирование при эвакуации. Так, при огнетушащих расходах АОС 50-80 г/м³ и более электрическая лампочка мощностью 60-75 Вт практически не видна уже с расстояния 1,5-2,0 м.

Отмеченные выше оптические свойства огнетушащих аэрозолей следует в обязательном порядке учитывать при выборе защищаемых объектов, проектировании установок аэрозольного пожаротушения и разработке организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение эффективности и безопасности данной противопожарной защиты.

Обобщенный показатель эффективности

С учетом вышеописанных особых свойств АОС, огнетушащего аэрозоля и основных требований к ним, как к огнетушащим средствам, выбор рецептур для практического использования в пожаротушении осуществляется по наиболее важным 16-24 и более показателям. Кроме физико-химических, баллистических, взрывчатых, механических, эксплуатационных и огнетушащих показателей, при обосновании выбора рецептур составов АОС для использования в установках аэрозольного пожаротушения учитываются токсичность, оптические, электрические свойства огнетушащей аэрозольной среды, коэффициент озоноразрушающего действия, коррозионная активность и другие характеристики.

В качестве критерия выбора той или иной модификации АОС для конкретной области практического применения используют обобщенную функцию желательности D . Основой данного метода выбора перспективных составов АОС является принцип преобразования натуральных значений частных откликов (физико-химических, эксплуатационных и других показателей) в безразмерную шкалу желательности (по стандартной таблице). Величина D определяется как среднее геометрическое значение отдельных частных функций желательности d_i ($i = 1 \dots 24$). Определение значений частных откликов, соответствующих базовым значениям желательности, производится при условии максимального выполнения требований безопасности, условия функционирования конкретных объектов и/или конкретных заказчиков. Данный метод позволяет существенно ограничить номенклатуру модификаций АОС (приемлем и при выборе типов ГОА) и рекомендовать для практического использования наиболее универсальные и эффективные экологически безопасные рецептуры АОС, огнетушащие заряды которых могут применяться в генераторах огнетушащего аэрозоля установок пожаротушения для получения как высокотемпературных (наиболее простой и дешевый вариант аэрозольного пожаротушения, без каких-либо дополнительных насадок), так и низкотемпературных аэрозолей (с охлаждающими насадками).

В табл. 1.29 приведены некоторые основные тактико-эксплуатационные показатели и рекомендуемые области (объекты) практического применения типовых АОС.

Таблица 1.29

Типовые рецептуры АОС, их основные характеристики и области практического применения

Модификация АОС	Рецептура, % масс. (дисперсность компонентов, мкм)	Тактико-технические характеристики и область (объекты) применения
СТК-5-1	KNO_3 - 85 ± 2 Идитол (уголь) - 15 ± 2 Технологические добавки - 2 (<100)	$C_m = (65 \pm 5) \text{ г/м}^3$; $T_z = (1250 \pm 50) ^\circ\text{C}$; $U_z = (6,5 \pm 1,5) \text{ мм/с}$; $t_{\text{дон}} = \geq 10 \text{ мин}$; КОД ≈ 0 ; $V_{z/h} = (0,2 \pm 0,02) \text{ л/г}$; $V_{\text{корМе}} < 0,005 \text{ мм/год}$; $n_{0,1} \text{ МПа} = 0,5$; $K_{\text{уд/с}} = 300 \text{ мм}$; $T_{\text{сж}} = 410 ^\circ\text{C}$; $\Delta T_{\text{экс}} = \pm 40 ^\circ\text{C}$; $\Delta P_{\text{мс}} = 1-2 \text{ мм рт. ст.}$; $\sigma_{\text{сж}} = 5 \text{ МПа}$; $t_{\text{экс}} = 10 \text{ лет}$. Класс опасности 4.1. Применение: совершенствование АОС, создание ГОА с "холодным" экологически безопасным аэрозолем, комбинированных ГОА и способов пожаротушения; объекты со временем эвакуации персонала более 5 мин
СТК-2МД (аналог составам типа МГИФ)	KNO_3 - 65 ± 5 Идитол - 12 ДЦДА - 20 ± 5 Охлаждающие и технологические добавки (сверх 100 %) - 1-10 (<160)	$C_m = (40 \pm 5) \text{ г/м}^3$; $T_z = (950 \pm 50) ^\circ\text{C}$; $U_z = (3,0 \pm 0,5) \text{ мм/с}$; $t_{\text{дон}} = 0,5 \text{ мин}$; КОД ≈ 0 ; $V_{z/h} = (0,40 \pm 0,05) \text{ л/г}$; $V_{\text{корМе}} < 0,005 \text{ мм/год}$; $n_{0,1} \text{ МПа} = 0,48$; $K_{\text{уд/с}} = 500 \text{ мм}$; $T_{\text{сж}} = 460 ^\circ\text{C}$; $\Delta T_{\text{экс}} = \pm 50 ^\circ\text{C}$; $\Delta P_{\text{мс}} = 1-2 \text{ мм рт. ст.}$; $\sigma_{\text{сж}} = 5 \text{ МПа}$; $t_{\text{экс}} = 10 \text{ лет}$. Класс опасности 4.1

Продолжение табл. 1.29

Модификация АОС	Рецептура, % масс. (дисперсность компонентов, мкм)	Тактико-технические характеристики и область (объекты) применения
СТК-2МД (аналог составам типа МГИФ)	KNO_3 - 65 ± 5 Идитол - 12 ДЦДА - 20 ± 5 Охлаждающие и технологические добавки (сверх 100 %) - 1-10 (≤ 160)	Применение: стационарные необитаемые объекты - с установкой тепловых экранов (подстанции, электротехническая аппаратура, склады горючих жидкостей, кабельные сооружения, дизельные электростанции и т. п.), тушение пожаров А (тлеющих - в начальной стадии), В, С
СТК-5НТ (аналог составам типа СТК-24МФ)	KNO_3 - 68 Идитол - 12 Карбонаты NH_4 , К, Mg - 20 Технологические добавки (сверх 100 %) - 2 % (≤ 100)	$C_m = (140 \pm 20) \text{ г/м}^3$; $T_z = (1000 \pm 100) ^\circ\text{C}$; $U_z = (2,0 \pm 1,0) \text{ мм/с}$; $t_{\text{дон}} = 1,0 \text{ мин}$; КОД ≈ 0 ; $V_{z/n} = (0,30 \pm 0,05) \text{ л/г}$; $V_{\text{корМе}} < 0,005 \text{ мм/год}$; $n_{0,1 \text{ МПа}} = 0,48$; $K_{\text{удб}} = 550 \text{ мм}$; $T_{\text{см}} = (470 \pm 20) ^\circ\text{C}$; $\Delta T_{\text{экс}} = \pm (40-50) ^\circ\text{C}$; $\sigma_{\text{сж}} = 5 \text{ МПа}$; $t_{\text{экс}} = 5-10 \text{ лет}$. Класс опасности 4.1. Применение: стационарные необитаемые объекты (далее аналогично СТК-2МД)
СБК-2-3(М)	KNO_3 - 76(51) (ПХК - 25) Каучуки (дивинилстирольный, бутилкаучук) - 12 Идитол - 12 Технолог. охлаждающие добавки - 2-15 (≤ 160)	$C_m = (40 \pm 5) \text{ г/м}^3$; $T_z = (1250 \pm 100) ^\circ\text{C}$; $U_z = (1,6 \pm 0,5) \text{ мм/с}$; $t_{\text{дон}} = 5-7 \text{ мин}$; КОД ≈ 0 ; $V_{z/n} = (0,54 \pm 0,02) \text{ л/г}$; $V_{\text{корМе}} < 0,005 \text{ мм/год}$; $n_{0,1 \text{ МПа}} = 0,5$; $K_{\text{удб}} = 500 \text{ мм}$; $T_{\text{см}} = (510 \pm 20) ^\circ\text{C}$; $\Delta T_{\text{экс}} = \pm 60 ^\circ\text{C}$; $\Delta P_{\text{мс}} = 5-7 \text{ мм рт. ст.}$; $\sigma_p = 4,5 \text{ МПа}$; $t_{\text{экс}} > 10 \text{ лет}$. Класс опасности 4.1. Применение: стационарные и передвижные объекты, в т. ч. с повышенными вибрацией, влажностью среды, со временем эвакуации людей до 5 мин (далее - аналогично СТК-2МД)

Модификация АОС	Рецептура, % масс. (дисперсность компонентов, мкм)	Тактико-технические характеристики и область (объекты) применения
Л-1 (аналог составам типа ПАС-47М, 11-8, Е-1, ТТК)	KNO_3 - 60 KClO_4 - 15 ЭД-22 (20, п/эфирная смола) с отвердиг. - 25 Технологические и охлаждающие добавки - 2-15 (≤ 160)	$C_m = (40 \pm 5) \text{ г/м}^3$; $T_z = (1250 \pm \pm 100) ^\circ\text{C}$; $U_z = (0,9 \pm 0,5) \text{ мм/с}$; $t_{\text{дон}} \leq 5 \text{ мин}$; $\text{КОД} \approx 0$; $V_{z/n} = (0,52 \pm 0,02) \text{ л/г}$; $V_{\text{корМе}} < 0,005 \text{ мм/год}$; $n_{0,1 \text{ МПа}} = 0,43$; $K_{\text{удб}} = 500 \text{ мм}$; $T_{\text{см}} = (550 \pm 50) ^\circ\text{C}$; $\Delta T_{\text{жс}} = \pm 60 ^\circ\text{C}$; $\Delta P_{\text{мс}} = 0,5-1 \text{ мм рт. ст.}$; $\delta_{\text{сж}} = 70 \text{ МПа}$; $\delta_p = 7 \text{ МПа}$; $t_{\text{жс}} > 10 \text{ лет}$. Класс опасности 4.1. Применение: стационарные и передвижные объекты, в т. ч. с повышенными вибрацией, влажностью среды, со временем эвакуации людей до 5 мин (далее - аналогично СТК-2МД)
ПТ-4 (50) (аналог составам типа СЭПТ)	KNO_3 - 50-65 Нитроцеллюлоза/пластификат. Технологические добавки	$C_m = (40 \pm 10) \text{ г/м}^3$; $T_z = (1150 \pm \pm 100) ^\circ\text{C}$; $T_{\text{см}} = (240 \pm 60) ^\circ\text{C}$; $U_z = (3,0 \pm 1,0) \text{ мм/с}$; $n_{0,1 \text{ МПа}} = 0,36 - 0,46$; $K_{\text{удб}} = (100-500) \text{ мм}$; $V_{z/n} = (0,70 \pm 0,75) \text{ л/г}$; $t_{\text{дон}} = 5-7 \text{ мин}$; $\text{КОД} \approx 0$; $V_{\text{корМе}} < 0,005 \text{ мм/год}$; $\Delta T_{\text{жс}} = \pm 50 ^\circ\text{C}$; $\sigma_p = 1,2 \text{ МПа}$; $\sigma_{\text{сж}} = 1,5-18 \text{ МПа}$; $t_{\text{жс}} > 10 \text{ лет}$. Класс опасности 4.1. Применение: стационарные и передвижные объекты, в т. ч. с повышенными вибрацией, влажностью среды, со временем эвакуации людей до 5 мин (далее - аналогично СТК-2МД)

Примечание. $t_{\text{дон}}$ - допустимое время пребывания человека без средств защиты в атмосфере с концентрацией огнетушащего аэрозоля (в пересчете на исходную навеску состава АОС САОС $\geq 2\text{Сг}$; $V_{\text{корМе}}$ - скорость глубинной коррозии металлов во влажной среде; КОД^* - коэффициент относительного озоноразрушающего действия; $K_{\text{удб}}$ - чувствительность к ударной нагрузке; $n_{0,1 \text{ МПа}}$ - показатель степени в зависимости скорости горения от давления; $T_{\text{см}}$ - температура самовоспламенения; $\Delta T_{\text{жс}}$ - температура и срок эксплуатации; $\Delta P_{\text{мс}}$ - термостойкость; $\sigma_{\text{сж}}$ σ_p - пределы прочности на сжатие, растяжение.

В табл. 1.30 представлены обобщенные сравнительные тактико-эксплуатационные характеристики АОС (составов типа СТК, МГИФ, СБК, ПАС, ПТ, СЭПТ, Е-1 и АОС) и традиционных средств объемного пожаротушения.

Таблица 1.33

**Сравнительные тактико-эксплуатационные
характеристики составов объемного пожаротушения**

Показатель огнетушащих веществ (ОТВ)	Хладон 114В2	Хладон 13В1	Азот N ₂	Углекислый газ CO ₂	Порошок ПСБ-3	АОС
Огнетушащая способность ОТВ (для органических горючих), кг/м ³	0,22-0,37	0,33	0,6-0,8	0,6-0,7	0,5-0,7	0,04-0,06
Содержание кислорода в объеме после подачи ОТВ, %	≈20,4	≈20,2	≈13,4	≈16,2	Н. у.	≈20,0
Безопасная для человека концентрация ОТВ, кг/м ³	0,11-0,18*	0,44-0,63*	0,94*	0,185*	-	0,06**
Коэффициент озоноразрушающего действия	4	10	0	0	0	0

Окончание табл. 1.30

Показатель огнетушащих веществ (ОТВ)	Хладон 114В2	Хладон 13В1	Азот N ₂	Углекислый газ CO ₂	Порошок ПСБ-3	АОС
Скорость коррозии металлов, сплавов, мм/год***: в среде с влажностью не более 70 % в среде с высокой влажностью (90-98 %)	0,0003-0,004	<0,0003	<0,0003	≈0,0003	≈0,0003	≈0,0003
	0,03-0,3	0,03-0,3	~0,0003	~0,0003	0,0003 - 0,005	0,0003 - 0,005
Температура использования ОТВ, ± °С	-35 ... +50	-50 ... +50	-50 ... +50	-35 ... +50	-50 ... +50	≈±60
Объем герметичного помещения, защищаемый 1 кг ОТВ, м ³	2,7-4,5	3,0	1,25-1,7	1,4-1,7	1,4-2,0	17-25

* Время воздействия 1 мин; ** время воздействия 15 мин; *** время испытаний до 85 суток.

1.2. Исполнительные устройства для применения АОС - генераторы огнетушащего аэрозоля (ГОА)

1.2.1. Назначение, принцип действия ГОА и общие требования

Генераторы огнетушащего аэрозоля (рис. 1.11) являются основными исполнительными элементами установок объемного аэрозольного пожаротушения.

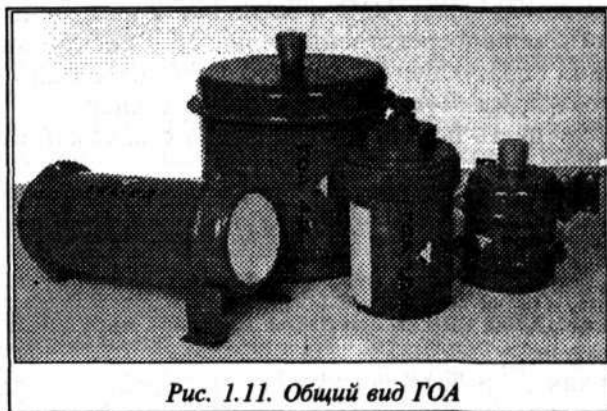


Рис. 1.11. Общий вид ГОА

Назначение. Генераторы огнетушащего аэрозоля (ГОА) предназначены для получения в результате сжигания зарядов АОС эффективных огнетушащих аэрозолей и подачи их с требуемыми для тушения расходами в защищаемое помещение.

Одновременно ГОА обеспечивает сохранность огнетушащего заряда АОС от внешних воздействий, защиту людей, оборудования от непосредственного воздействия опасных факторов в процессе получения огнетушащего аэрозоля (температуры струи, светового излучения и др.).

Основные элементы ГОА (рис. 1.12, а):
корпус (оболочка, камера сгорания) 1;
огнетушащий заряд АОС 2;

устройство (узел) инициирования (воспламенения) огнетушащего заряда АОС 3;

ГОА могут также включать в себя следующие элементы:

выходное отверстие с удерживающей заряд решеткой 5;

мембрану 6;

насадок 7;

блок охлаждения 4;

узел крепления 8 и другие специальные конструктивные и защитные приспособления.

Принцип действия ГОА. При возникновении пожара включается устройство (узел) инициирования, в результате высокотемпературного воздействия которого инициируется (воспламеняется) заряд АОС и начинается истечение в защищаемый объем непосредственно или через специальные приспособления образующегося огнетушащего аэрозоля.

Основные требования к ГОА. Они должны:

обеспечивать получение аэрозолей с высокой огнетушащей способностью;

обеспечивать получение экологически безопасных (по токсичности и озоноразрушающему действию) огнетушащих аэрозолей;

при работе (и после ее окончания) не иметь сквозных трещин, прогаров при пламенном горении наружной поверхности корпуса;

сохранять работоспособность и требуемые параметры работы при вибрационных воздействиях в условиях эксплуатации;

сохранять работоспособность и параметры работы в интервале температур, давлений, влажности и агрессивности среды применительно к условиям эксплуатации и хранения;

иметь минимально возможные массогабаритные показатели;

изготавливаться по наиболее простым и дешевым технологиям, иметь по возможности простую и безопасную технологию сборки, монтажа (демонтажа) и проверки их работоспособности.

1.2.2. Классификация и номенклатура показателей ГОА

Классификация и разновидности конструкций ГОА

Генераторы огнетушащего аэрозоля различного назначения разделяют по следующим основным признакам:

- виду компоновки;
- конструктивным особенностям корпусов;
- способу применения;
- температуре огнетушащего аэрозоля на выходе из ГОА;
- способу пуска.

По видам компоновки генераторы огнетушащего аэрозоля условно классифицируют на следующие группы:

I_в - бескорпусные (огнетушащий заряд АОС с узлом инициирования или без него расположен в защитной оболочке на несгораемой панели и размещается в защищаемом объеме; процесс аэрозолеобразования протекает при разрушении или плавлении защитной оболочки непосредственно в атмосфере защищаемого объема - рис. 1.12, а);

II_в - генераторы со сбрасываемым корпусом (огнетушащий заряд АОС и узел инициирования жестко установлены в защитном корпусе, который после пуска сбрасывается; процесс аэрозолеобразования протекает непосредственно в атмосфере защищаемого объема - рис. 1.12, б);

III_в - генераторы с камерой сгорания (огнетушащий заряд АОС и узел инициирования жестко установлены в защитном корпусе, одновременно являющемся камерой сгорания; процесс аэрозолеобразования протекает в корпусе с последующей подачей аэрозоля в защищаемый объем - рис. 1.12, в).

Наиболее широко применяются генераторы третьего вида - с камерой сгорания, как самые практичные. Поэтому в дальнейшем (кроме отдельно оговоренных случаев) вся информация относится только к таким генераторам, с защитным корпусом в виде камеры сгорания.

В общем случае ГОА с камерой сгорания включают в себя следующие основные элементы (рис. 1.12, в):

- корпус - камеру сгорания 1 с зарядом АОС 2;
- устройство (узел) воспламенения заряда 3;



выходное отверстие (сопло) с удерживающей заряд решеткой 5;

мембрану 6;

Кроме того, они могут иметь дополнительные элементы:

насадок 7;

блок охлаждения 4;

устройства (узлы) крепления, транспортирования и т. д. 8;

предохранительные устройства (клапаны);

устройства контроля наличия заряда АОС и срабатывания ГОА и др.

По способу применения ГОА подразделяют:

на стационарно размещаемые;

переносные (забрасываемые, передвижные и т. п.).

По конструктивным особенностям ГОА условно подразделяют (рис. 1.13) на следующие:

с металлическим корпусом;

с пластмассовым (картонным и т. п.) корпусом;

сопловые 1;

бессопловые 2 - 6;

с насадками (инжекторами, диффузорами, завихрителями и т. п.) - рис. 1.12; 1.13;

без насадок 2 - 6;

с охлаждающими блоками - рис. 1.12, в;

с однонаправленной подачей аэрозоля 1 - 2, 4, 6;

с двухнаправленной подачей аэрозоля 3;

с круговой подачей аэрозоля 5;

со ступенчатой подачей аэрозоля б;
с комбинированной подачей аэрозоля и других огнетушащих веществ (газ, порошок, вода и т. д.) - рис. 1.14.

По температуре аэрозоля, получаемого на срезе выходного отверстия, ГОА подразделяют в соответствии с ГОСТ 51046-97 на три типа:

I - высокотемпературные (температура аэрозоля $>> 500^{\circ}\text{C}$);

II - среднетемпературные (температура аэрозоля $200-500^{\circ}\text{C}$);

III - низкотемпературные (температура аэрозоля $< 200^{\circ}\text{C}$).

По способу пуска ГОА подразделяют на генераторы:

с электрическим пуском (электропировоспламенители, элетроспирали и т. п.);

с тепловым пуском (огнепроводные шнуры, очаг пожара и т. п.);

с механическим пуском;

с комбинированным пуском и др.

Наибольшее распространение получили генераторы с пуском от электрического и/или теплового сигналов.

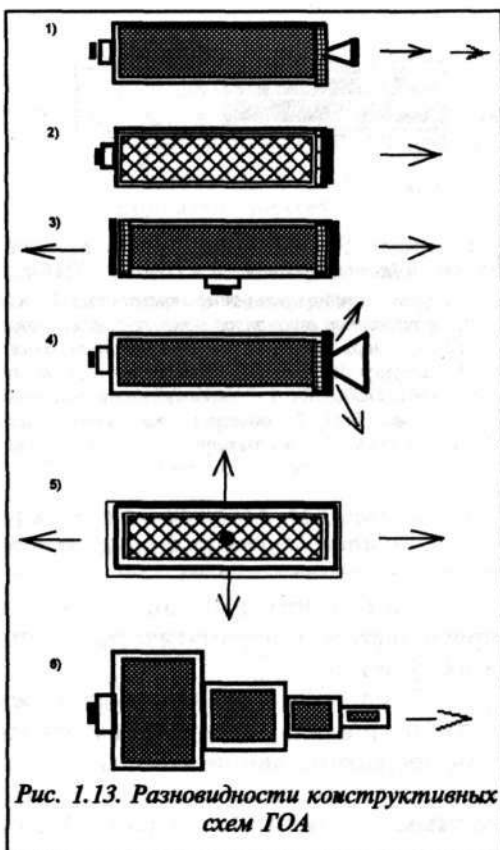
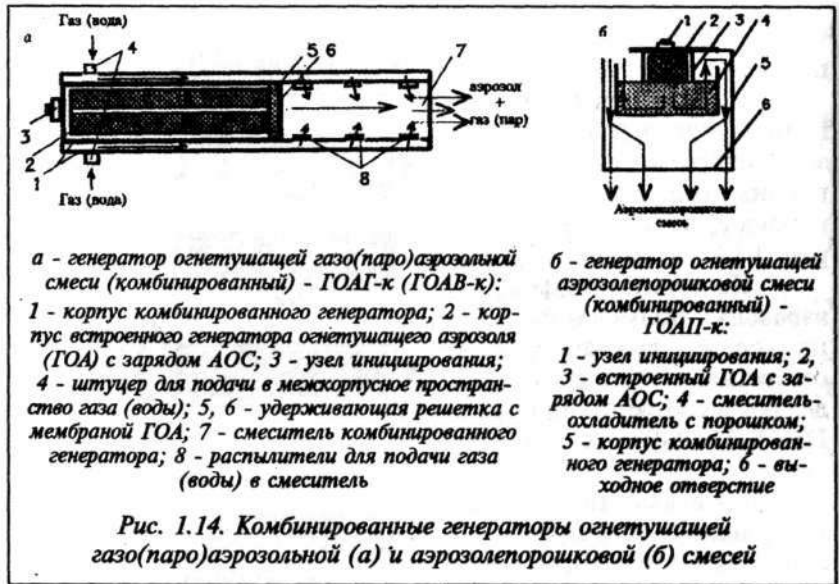


Рис. 1.13. Разновидности конструктивных схем ГОА



Генераторы, имеющие электрический пуск, как правило, применяются в автоматических установках аэрозольного пожаротушения.

Тепловой пуск ГОА обычно осуществляется от огнепроводного шнура (термочувствительного) на основе специальной твердотопливной композиции с пониженной температурой самовоспламенения. Из нее изготавливается шнур с заданными формой и размерами. Огнепроводный термочувствительный шнур размещают в местах наиболее вероятного возникновения загорания в защищаемом помещении. При возникновении пожара он самовоспламеняется, огневой импульс распространяется по шнуру и приводит в действие генератор. Возможно также воспламенение огнепроводного шнура от специальных пиромеханических устройств, срабатывающих при достижении в контролируемой зоне защищаемого помещения заданной температуры, как правило, более низкой, чем температура самовоспламенения огнепроводного шнура. ГОА с таким тепловым способом пуска не требуют внешнего ис-

точника энергии, функционируют автономно и применяются в стационарных установках пожаротушения и переносных (забрасываемых) генераторах огнетушащего аэрозоля.

Из многообразия показателей, характеризующих технико- и социально-экономическую ценность любых технических изделий, в том числе пожарной техники, для твердотопливных генераторов огнетушащего аэрозоля следует выделить ряд показателей, определяющих не только эффективность и экономичность, но и специфику, область целесообразного и допустимого (безопасного) практического применения ГОА, независимо от их конструктивных особенностей и способов применения.

Основные показатели, комплексно характеризующие эффективность, безопасность и совершенство конструкций при применении твердотопливных ГОА, приведены в табл. 1.31.

Таблица 1.31

Основные тактико-технические показатели твердотопливных генераторов огнетушащего аэрозоля (ГОА)

№ п/п	Показатели	Определение
1	Огнетушащая способность аэрозоля, получаемого при работе ГОА, кг/м ³	Отношение массы заряда АОС в генераторе (без учета массы охлаждающих состава и/или насадок) к максимальному объему условно-герметичного помещения, в котором ГОА обеспечивает тушение определенных модельных очагов пожара
2	Масса снаряженного ГОА, кг	Суммарная масса ГОА и огнетушащего заряда АОС в нем
3	Масса заряда АОС в снаряженном ГОА, кг	Масса огнетушащего заряда АОС, содержащаяся в одном ГОА
4	Установленный срок службы ГОА, лет	Время с момента изготовления и принятия ОТК снаряженного ГОА

№ п/п	Показатели	Определение
5	Время (продолжительность) подачи аэрозоля в интервале температур эксплуатации, с	Промежуток времени от момента начала до момента окончания истечения огнетушащего аэрозоля из выпускного отверстия ГОА
6	Закон изменения скорости сгорания (аэрозолеобразования) заряда АОС в ГОА	Характер зависимости величины массовой скорости сгорания АОС (секундного массового расхода огнетушащего аэрозоля из ГОА) от изменения площади поверхности горения заряда
7	Величина условно-герметичного объема, в котором обеспечивается тушение пожара класса В, м ³	Величина объема помещения с параметром негерметичности не более 0,001 м ⁻¹ (отношение суммарной площади постоянно открытых проемов к объему защищаемого помещения, %), в котором обеспечивается тушение модельного очага пожара горючих жидкостей или плавящихся при нагревании веществ и материалов
8	Инерционность срабатывания в интервале температур эксплуатации, с	Промежуток времени от момента подачи сигнала (электрического, теплового и др.) на пуск до момента начала истечения огнетушащего аэрозоля из выпускного отверстия ГОА
9	Параметры электрического сигнала пуска и контроля цепи пуска ГОА (напряжение, ток, его вид и длительность)	Напряжение (В), ток (А, мА), постоянный или переменный ток, длительность в секундах
10	Устойчивость ГОА к внешним воздействиям (температуры, давления, влажности, агрессивности среды, вибрации и др.);	Сохранение рабочих параметров ГОА в определенном диапазоне значений температуры, давления, влажности, агрессивности окружающей среды, вибрационных и ударных нагрузок, радиоактивных излучений и др.

№ п/п	Показатели	Определение
11	Показатели надежности работы	Средняя наработка до отказа, установленная безотказная наработка (ч), вероятность безотказного срабатывания (доля единицы до указанной наработки), установленный срок службы, средний срок сохраняемости огнетушащего заряда АОС
12	Габариты генератора, м	Геометрические размеры снаряженного ГОА (ширина, высота или диаметр и длина) без и/или с узлом крепления
13	Максимальная температура корпуса, °С	Максимальная температура на внешней поверхности корпуса ГОА (включая конструктивные элементы выходного отверстия)
14	Размеры зон с температурой аэрозоля 75, 200, 400 °С, м	Размеры (длина, ширина или диаметр) зон в струе огнетушащего аэрозоля (относительно выпускного отверстия ГОА), внутри которых температура составляет не менее, соответственно, 75, 200 и 400 °С
15	Зажигающая способность ГОА для различных веществ и материалов	Способность зажигать горючие вещества и материалы в результате воздействия высокотемпературных продуктов горения АОС (включая раскаленные твердые частицы и газы) и нагретых конструктивных элементов ГОА
16	Высота падения, при которой ГОА не самозапускается, сохраняет целостность и работоспособность, м	Высота, после падения с которой ГОА не самозапускается, сохраняет целостность и работоспособность
17	Класс опасности ГОА при транспортировании	Класс опасности ГОА при транспортировании устанавливается в соответствии с ГОСТ 19433-88 и предполагает выполнение соответствующих требований и мероприятий по обеспечению безопасности при их перевозке различными видами транспорта

№ п/п	Показатели	Определение
18	Уровень взрывозащиты генератора (при применении во взрывоопасных зонах)	Характеристика степени конструктивного обеспечения безопасности применения ГОА во взрывоопасных зонах тех или иных горючих газов, паров и дисперсных твердых веществ, при которых ГОА не может являться источником взрыва
19	Показатели экологической безопасности аэрозоля (токсичность, озоно-разрушающее действие)	Показатели, характеризующие степень токсического воздействия на человека, другие живые организмы разрушающего действия на окружающую среду, озоновый слой Земли
20	Показатели разрушающего воздействия аэрозоля, получаемого из ГОА, на вещества и материалы (коррозия, изменение цвета, запаха, прочности и др.)	Показатели коррозионной и химической активности огнетушащего аэрозоля по отношению к веществам и материалам, при которой под воздействием аэрозоля происходит определенное снижение их механической прочности, физико-химических и диэлектрических свойств, изменение цвета, запаха и др.
21	Коэффициент поглощения света в огнетушащем аэрозоле, получаемом из ГОА	Показатель, характеризующий снижение степени прозрачности среды в объеме защищаемого помещения при введении в него определенного количества огнетушащего аэрозоля АОС
22	Удельная массовая эффективность ГОА, кг/м ³	Отношение массы снаряженного ГОА к объему защищаемого условно-герметичного помещения
23	Удельная объемная эффективность ГОА, м ³ /м ³	Отношение объема ГОА к объему защищаемого условно-герметичного помещения
24	Объемный (массовый) показатель совершенства конструкции, м ³ /м ³ (кг/кг)	Отношение объема (массы) огнетушащего заряда АОС к объему (массе) снаряженного ГОА

1.2.3. Методы определения показателей ГОА.

Основные тактико-технические характеристики типовых ГОА

Разработкой и производством аэрозольобразующих огнетушащих составов и генераторов огнетушащего аэрозоля в России занимается значительное количество предприятий (прил. 3). Создано около двух десятков различных рецептур АОС, разработаны и прошли различную степень экспериментальной проверки около 100 модификаций генераторов огнетушащего аэрозоля с широким диапазоном основных показателей. Однако для практического использования иногда предлагались недостаточно отработанные модификации ГОА с мало изученными характеристиками, что в ряде случаев может привести к опасным последствиям.

Номенклатура основных показателей ГОА, характеризующих уровень огнетушащей эффективности, надежности, экономичности, совершенства конструкций, безопасности применения в различных условиях, приведена в разделе 1.2.2. Указанные в настоящем разделе значения основных показателей характерных модификаций ГОА основаны на материалах, взятых из официальных технических публикаций, экспериментальных данных ВНИИПО и данных, предоставленных разработчиками-изготовителями генераторов (нормативно-техническая документация, акты и протоколы испытаний).

Значения некоторых показателей (табл. 1.32) строго регламентированы рядом нормативных документов, в частности ГОСТ Р 51046-97 (Пожарная техника. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Типы и параметры) и НПБ 60-97 (Пожарная техника. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний).

Наиболее перспективные модификации ГОА успешно прошли межведомственные и/или сертификационные испытания и рекомендованы для серийного производства и практического применения в установках аэрозольного пожаротушения. В табл. 1.33 приведены номенклатура, массогабаритные характеристики (масса, длина и ширина, высота

или диаметр) и значения показателя совершенства конструкций ($K_{\text{м}}^{\text{ГОА}}$ - отношение массы заряда АОС к массе снаряженного ГОА) типовых серийных модификаций ГОА.

Таблица 1.32

Перечень регламентированных параметров для ГОА

Параметр	Значения	Примечание
Масса АОС снаряженного генератора, кг, не более	15	Отклонения не более +20 %
Огнетушащая способность АОС, кг/м ³ , не более	0,20	
Коэффициент озоноразрушающего действия аэрозоля (КОД*), не более	0,01	
Класс опасности ГОА (по ГОСТ 19433) при транспортировании, не выше	4.1	
Время подачи аэрозоля, с	5-200	Отклонения не более +15 %
Инерционность срабатывания, с, не более	5	Отклонения не более ±0,5 с
Напряжение электросигнала пуска, В, не более	36	
Сопротивление между корпусом и электрическими клеммами пуска ГОА (при н. у.), МОм, не менее	1	

Таблица 1.33

Номенклатура типовых модификаций ГОА*

№ п/п	ГОА	Марка АОС	Масса, кг			Размеры ГОА, мм	$K_{\text{м}}^{\text{ГОА}}$, кг/кг
			АОС	Охл.	ГОА		
1	"Пурга-Э1"	ПАС СБК	1,2	-	2,2	Ø102 × 205	0,545
2	"Пурга-Э5"	То же	5,7	-	7,4	Ø186 × 237	0,77
3	"Пурга-Э10"	- "-	8,9	-	11,1	Ø186 × 345	0,8

Продолжение табл. 1.33

№ п/п	ГОА	Марка АОС	Масса, кг			Размеры ГОА, мм	К _{ГОА} кг/кг
			АОС	Ожл.	ГОА		
4	"Пурга К-002"	СБК ПАС	0,02	0,06	0,10	Ø35 × 100	0,2
5	"Пурга К-02"	То же	0,2	0,3	1,2	Ø85 × 110	0,17
6	"Пурга К-02-01"	— " —	0,1	**	0,94	—	0,106
7	"Пурга МХ"	— " —	1,1	**	9,0	—	0,12
8	МАГ-1	ПТ-4(50)	0,06	0,05	0,45	Ø35 × 100	0,13
9	МАГ-2	То же	0,10	0,1	0,55	Ø75 × 95	0,18
10	МАГ-3	— " —	0,20	0,3	0,90	Ø75 × 130	0,22
11	МАГ-4	— " —	1,0	1,2	3,7	Ø75 × 300	0,27
12	МАГ-5	— " —	0,5	**	2,0	Ø95 × 95	0,25
13	МАГ-11	— " —	1,5	**	7,5	Ø245 × 165	0,20
14	МАГ-12	— " —	2,0	**	10,0	—	0,20
15	МАГ-13	— " —	3,5	**	15,0	Ø300 × 205	0,23
16	МАГ-14	— " —	5,5	**	36,5	—	0,15
17	МАГ-15	— " —	6,5		39,5	—	0,165
18	МАГ-16	— " —	8,5	**	42,0	—	0,20
19	МАГ-17	— " —	10,0	**	45,0	Ø485 × 235	0,22
20	ГОА-40-72	СТК- 24МФ	5,76	—	18	210 × 160 × 525	0,32
21	СОТ-1	Е-1	3,0	—	6,5	Ø178 × 357	0,46
22	СОТ-1У	То же	3,3	**	5,8	Ø178 × 357	0,51
23	АГС-2	— " —	1,6	**	4,8	Ø167 × 152	0,33
24	АГС-3	— " —	0,3	**	1,2	Ø122 × 65	0,25
25	АГС-4	— " —	1,6	**	5,3	Ø167 × 179	0,3
26	АГС-6	— " —	3,4	**	14,3	Ø167 × 420	0,24
27	ГАБАР-П-20	ТТК	2,0	3,0	15,5	Ø300 × 365	0,13
28	ГАБАР-П-60	То же	6,0	9,0	51,5	Ø590 × 535	0,116
29	"Вьюга- МЭО0,075"	ПТ	0,075	**	0,34	Ø45 × 200	0,22
30	ОП-517... - "Агат..."	То же	2,5	**	18,5	Ø181 × 740	0,135
31	ОП-517...- "Агат..."	— " —	5,0	**	66	Ø181 × 1250	0,076

Окончание табл. 1.33

№ п/п	ГОА	Марка АОС	Масса, кг			Размеры ГОА, мм	K _{ГОА} кг/кг
			АОС	Охл.	ГОА		
32	"Допинг-2"	СЭПТ	0,2	**	0,7	Ø95 × 125	0,286
33	АПГ-1	АОС	1,0	-	1,1	Ø85 × 140	0,9
34	АПГ-3	АОС	2,8	-	4,8	Ø172 × 310	0,58
35	АПГ-10	АОС	9,0	-	13,5	Ø248 × 340	0,67
36	АО-1	МГИФ	1,3	-	2,1	Ø114 × 200	0,48
37	ОСА-20	САБО	2,8	-	5,2	Ø205 × 260	0,54
38	ОСА-60	САБО	8,4	-	12,4	Ø248 × 340	0,68
39	ТЕСЛАТ-0,2	СБК-ЗМ	0,2	0,3	1,2	Ø85 × 110	0,17
40	ТЕСЛАТ-3	СБК-ЗМ	3,0	3,0	9,9	Ø320 × 160	0,3
41	ТЕСЛАТ-6	СБК-ЗМ	6,3	6,3	22,0	265 × 250 × 245	0,29

* Данные о ГОА, имевших в 1998 г. действующие сертификаты. ** В технической документации на ГОА данные о массе охладителя (или охлаждающих насадок) отсутствуют, для аналогичных ГОА масса охладителя не менее чем в 1,5-2 раза превышает массу заряда АОС.

Методы определения основных тактико-технических показателей ГОА

Огнетушащую эффективность ГОА определяют (при прочих равных условиях) следующие основные показатели:

огнетушащая способность аэрозоля, получаемого при работе ГОА, по отношению к различным горючим веществам и материалам;

величина условно-герметичного объема, в котором обеспечивается тушение пожара класса В (или конкретного вида горючей нагрузки пожаров классов А и С).

Огнетушащая способность аэрозоля, получаемого при работе различных типов и модификаций ГОА, неодинакова. Поэтому значение удельного расхода АОС, необходимого для тушения пожаров определенных классов и конкретных горючих материалов, должно приводиться в технической документации для каждого типа генератора. Как правило, пламенное горение материалов (тушение очага горения) прекращается при подаче огнетушащего аэрозоля $\approx 50-80$ г АОС для "горячего" аэрозоля и $\approx 100-200$ г для "холодного" аэрозоля (из рас-

чета на исходную навеску огнетушащего заряда) на 1 м^3 защищаемого объема.

Огнетушащую способность аэрозоля и максимальный объем условно-герметичного помещения, в котором конкретный ГОА обеспечивает тушение модельных очагов пожара класса В, определяют по методам, изложенным в НПБ 60-97.

В объеме условно-герметичного помещения (отношение площади открытых проемов или неплотностей к величине объема не более $0,001 \text{ м}^{-1}$, отношение длины помещения к его ширине и высоте $1/1 - 2/1$) устанавливают один или несколько испытуемых ГОА, а на полу и на расстоянии от пола, равном 50 и 90 % высоты, – не менее трех модельных очагов пожара в виде металлических горелок диаметром 8 мм и высотой 25 мм с асбестовым фитилем. При этом очаги размещают так, чтобы на них не была направлена струя генераторов. Для регистрации температуры по длине аэрозольной струи, времени работы ГОА и тушения модельных очагов (с погрешностью измерения не более 1 с) используют термоэлектрические преобразователи типа ТХА с диаметром проволоки не более 0,1 мм. Горелки заполняют до краев бензином А-76, включают устройства для измерения и регистрации показаний термоэлектрических преобразователей. Затем зажигают модельные очаги, а по истечении не менее 60 с производят пуск ГОА и фиксируют время тушения последнего очага. За положительный результат принимают опыт, в котором время тушения (после окончания работы ГОА) не превысило 180 с.

Огнетушащая способность определяется зависимостью

$$C_a = nM_{АОС}/V,$$

где $M_{АОС}$ – масса заряда АОС в одном ГОА, кг; n – количество однотипных ГОА, испытуемых в данном опыте, шт.; V – объем условно-герметичного помещения, в котором испытуемые ГОА обеспечивают тушение модельных очагов, м^3 .

Значения огнетушащей способности характерных серийно выпускаемых ГОА и объемов условно-герметичного помещения, в которых обеспечивается тушение модельных очагов пожара класса В, приведены в табл. 1.34.

Огнетушащая эффективность ГОА в ряде случаев значительно зависит от продолжительности подачи аэрозоля, секундного массового расхода АОС, закона изменения его в течение всего времени подачи аэрозоля, а также в некоторой степени и от инерционности срабатывания ГОА.

Время подачи аэрозоля (работы генератора) и инерционность срабатывания ГОА могут быть определены с помощью телекамеры (кинокамеры) и секундомера или оценены по вышеописанной методике определения огнетушащей способности ГОА по показаниям ТХА (в этом случае не используются модельные очаги, а размеры помещения должны быть такими, чтобы не препятствовали свободному истечению аэрозоля). При этом выходное отверстие ГОА ориентировано произвольно (лучше всего вверх, хуже всего вертикально вниз, так как при этом происходит дополнительный нагрев ГОА и заряда АОС восходящими тепловыми потоками; оптимальное расположение соответствует реальному практическому расположению). Время подачи аэрозоля (работы ГОА) определяется как промежуток времени от начала до окончания истечения аэрозоля из выходного отверстия ГОА. Данные о времени работы характерных серийных модификаций ГОА приведены в табл. 1.34.

Время подачи огнетушащего аэрозоля может быть оценено и расчетным методом (рис. 1.15). Для этого необходимо знать величину линейной скорости горения АОС (мм/с), размеры, форму заряда (длина, диаметр заряда и канала) и закон распространения горения по поверхности заряда.

Инерционность срабатывания определяется как промежуток времени от момента подачи электрического (теплого или др.) сигнала пуска до момента начала истечения аэрозоля из ГОА. Величина инерционности срабатывания ГОА во всем температурном диапазоне эксплуатации не должна превышать 5 с.

Закон изменения скорости сгорания (аэрозолеобразования) заряда АОС в ГОА. Эффективность и безопасность процесса объемного тушения пожара (особенно в негерметичных помещениях) АОС во многом определяются расходными характеристиками подаваемого из ГОА огнетушащего аэрозоля, зависящими от закономерностей (закона) изменения во вре-

мени скорости сгорания заряда. Для эффективного тушения очагов пожара необходимо соблюдать условия, обеспечивающие во всем защищаемом объеме концентрацию аэрозоля не ниже огнетушащей (при соответствующих удельных расходах АОС, учитывающих реальные потери аэрозоля в объеме и через неплотности). При этом в процессе подачи аэрозоля (работы ГОА) избыточное давление и температура в защищаемом объеме не должны превышать предельно допустимых значений (по прочностным показателям ограждающих конструкций). Поэтому большое значение имеет знание и учет реальных, а не средних значений и закона изменения во времени скорости сгорания зарядов АОС и массовых секундных расходов подачи огнетушащего аэрозоля.

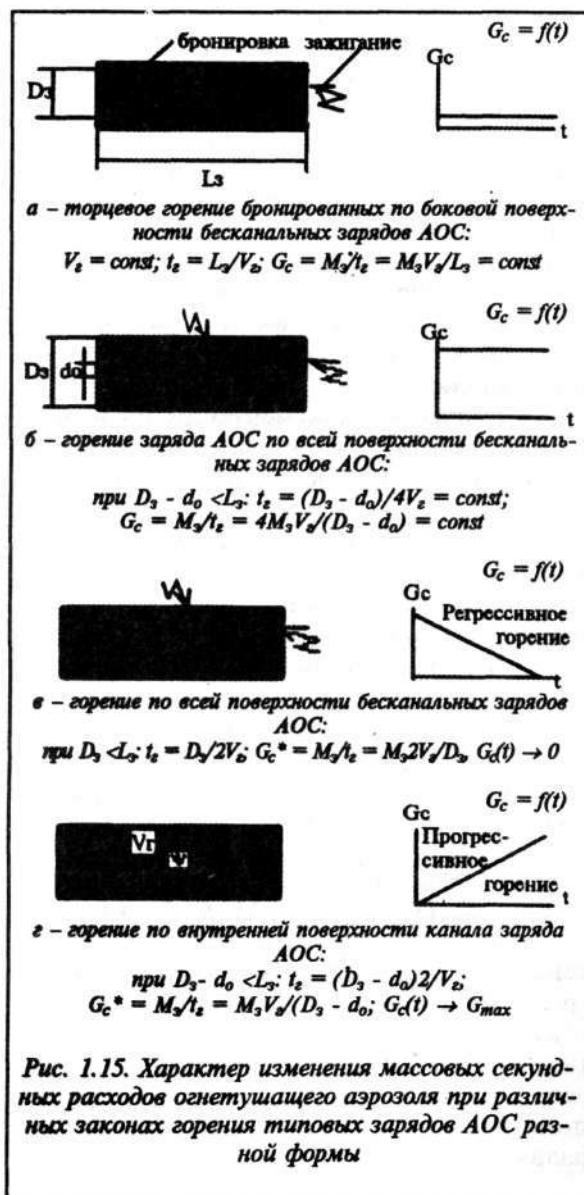
К сожалению, в технической документации на выпускаемые модификации ГОА нередко отсутствуют характеристики зарядов АОС и закона изменения во времени расхода аэрозоля.

Различают три основных режима горения (аэрозолеобразования, или подачи аэрозоля (рис. 1.15):

- а) горение с постоянной массовой скоростью (соответственно подача аэрозоля с постоянным секундным расходом);
- б) прогрессивное горение (с увеличивающимся во времени секундным расходом);
- в) регрессивное горение (с уменьшающимся во времени секундным расходом).

Возможны комбинации различных режимов горения зарядов.

Подача аэрозоля из ГОА с постоянной скоростью (расходом) характерна для торцевого горения цилиндрических бесканальных зарядов (рис. 1.15, а) и горения по всей поверхности заряда с внутренним каналом (рис. 1.15, б). При прочих равных показателях максимальные расходные характеристики имеют ГОА, снаряженные цилиндрическими зарядами с внутренним каналом и реализующие режим горения по всей поверхности заряда. Режим подачи аэрозоля с постоянными во времени расходными характеристиками лучше всего поддается моделированию и используется в расчетах при прогнозировании параметров автоматических установок аэрозольного пожаротушения для различных объектов.



Режим регрессивного горения характерен для цилиндрических бесканальных зарядов при горении по боковым поверхностям (рис. 1.15, в). При таком режиме горения зарядов в первоначальный момент расходные параметры подачи аэрозоля в защищаемый объем имеют максимальные значения, уменьшаясь во времени по геометрическому закону изменения площади горения заряда.

Режим прогрессивного горения реализуется в канальных, бронированных (защищенных от воспламенения и распространения горения) по боковой поверхности зарядов АОС, которые воспламеняются и сго-

рают по поверхности внутреннего канала (рис. 1.15, з). При этом в первоначальный момент расходные характеристики имеют минимальные значения (в зависимости от диаметра канала), увеличиваясь до максимальных в конце сгорания заряда. Данный режим подачи аэрозоля более опасен с позиции вероятности разрушения ограждающих конструкций защищаемых помещений с невысокой степенью негерметичности.

В табл. 1.34 приведены основные показатели эффективности характерных серийных ГОА ($M_{уд}$ - удельная массовая эффективность: отношение массы снаряженного ГОА к объему защищаемого условно-герметичного помещения).

Таблица 1.34

Показатели эффективности серийных ГОА

№ п/п	ГОА	Характеристики ГОА				
		Огнетушащая способность C_a , кг/м ³	Защищаемый объем V_z , м ³	Время работы t , с	$M_{уд}$, кг/м ³	Закон изменения расхода аэрозоля
1	"Пурга-Э1"	0,06	20	57-58	0,11	Прогрессивный
2	"Пурга-Э5"	0,067	85	61-72	0,087	То же
3	"Пурга-Э10"	0,074	120	76	0,092	—"
4	"Пурга К-0,002"	0,08	0,25	3-6	0,4	Const
5	"Пурга К02"	0,10	2	20-26	0,06	То же
6	"Пурга К02-01"	0,10	1	14-20	0,94	—"
7	"Пурга МХ"	0,11	10	30-50	0,9	—"
8	МАГ-1	0,12	0,5	2-4	0,9	Прогрессивный
9	МАГ-2	0,10	1	4-5	0,55	То же
10	МАГ-3	0,10	2	4-5	0,45	—"

Окончание табл. 1.34

№ п/п	ГОА	Характеристики ГОА				
		Огнетуша- щая спо- собность C_a , кг/м ³	Защи- щаемый объем V_s , м ³	Время работы t , с	$M_{уд}$, кг/м ³	Закон изме- нения расхода аэрозо- ля
11	МАГ-4	0,10	10	5-10	0,37	Про- грес- сивный
12	МАГ-5	0,10(0,05*)	5(10*)	5-10	0,4(0,2*)	То же
13	МАГ-11	0,10(0,075*)	15(20*)	8-12	0,5 (0,37*)	— " —
14	МАГ-12	0,10	20	8-12	0,5	— " —
15	МАГ-13	0,10	35	8-12	0,43	— " —
16	МАГ-14	0,10	50	10-15	0,73	— " —
17	МАГ-15	0,10	65	8-12	0,6	— " —
18	МАГ-16	0,10	85	10-15	0,5	— " —
19	МАГ-17	0,10	100	10-15	0,45	— " —
20	ГОА-40-72	0,152	38	18-25	0,47	Регрес- сивный
21	СОТ-1	0,05	60	90-120	0,11	Const
22	СОТ-1У	0,055	60	74-98	0,1	То же
23	АГС-2	0,08	20	37-49	0,24	— " —
24	АГС-3	0,10	3	16-22	0,4	— " —
25	АГС-4	0,32	5	34-46	1,06	— " —
26	АГС-6	0,065	52	36-48	0,275	— " —
27	ГАБАР-П-2,0	0,10	20	25-35	0,775	Const
28	ГАБАР-П-6,0	0,10	60	25-45	0,86	То же
29	"Вьюга- МЭО-0,075"	0,094	0,8	6-8	0,425	Const
30	"Допинг-2"	0,1	2	25	0,35	Про- грес- сивный
23	АПГ-3	0,07	40	40	0,12	То же
24	АПГ-10	0,075	120	40	0,11	-
25	ОСА-60	0,075	112	45-55	0,11	-
26	ОСА-20	0,08	36	45-55	0,14	-
27	ТЕСЛАТ-3	0,09	33	18-24	0,3	-
28	ТЕСЛАТ-6	0,09	70	36-48	0,31	-

* Для ГОА модификации МАГ, не снаряженных охлаждательными блоками.

Процесс образования огнетушащего аэрозоля в результате сгорания заряда АОС и подачи его в защищаемый объем чаще всего сопровождается явлением струйного истечения (рис. 1.16, поз. 1) высокотемпературного аэрозоля (от нескольких десятков до нескольких сотен и тысяч $^{\circ}\text{C}$), повышением (иногда значительным) температуры корпуса ГОА,

его элементов на сотни и даже тысячу градусов. Эти явления представляют потенциальную опасность для людей, оборудования, ограждающих конструкций и т. п., могут являться источником пожара и взрыва.

Схемно распределение высокотемпературных зон по длине струи аэрозоля из ГОА представлено на рис. 1.16, поз. 1 (при этом $T_1 > T_2 > T_3 > \dots > T_i$).

Для пламенных ГОА максимум температуры аэрозоля находится за пределами выходного отверстия на расстоянии, например, L_1 (рис. 1.16, поз. 1). Далее температура аэрозоля понижается и на определенном расстоянии от выходного отверстия ГОА L_i она равняется температуре окружающей среды T_i .

Для ГОА с охлаждаемыми насадками (беспламенные ГОА) максимум температуры аэрозоля отмечается, как правило, у выходного отверстия, а далее она снижается.

Для всех типов ГОА длина высокотемпературных зон (при прочих равных условиях) во многом определяется ориентацией направления подачи аэрозольной струи. Минимальные

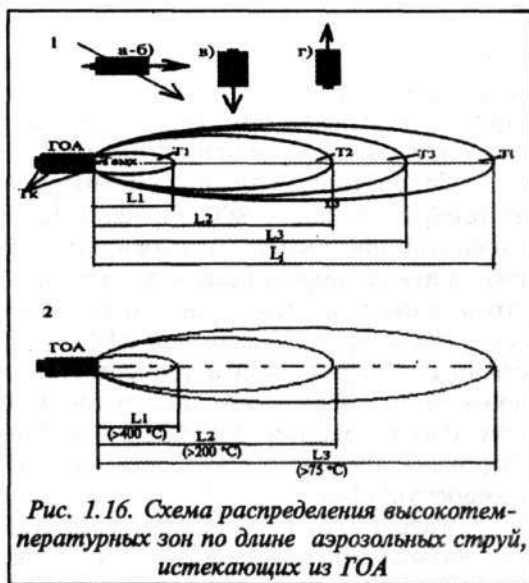


Рис. 1.16. Схема распределения высокотемпературных зон по длине аэрозольных струй, истекающих из ГОА

значения длины высокотемпературных зон будут при подаче аэрозоля сверху вниз, а максимальные - при подаче снизу вверх (рис. 1.16, поз. 1, в и г). При отклонении направления струи от вертикали (сверху - вниз) длины высокотемпературных зон ($L_1, L_2, L_3 \dots L_i$) увеличиваются (рис. 1.16, поз. 1, а - б).

Генераторы, имеющие температуру аэрозоля на выходе из генератора более 800 °С, чаще всего не оснащены охлаждающими насадками (блоками) для эффективного снижения температуры образующегося аэрозоля. Высокотемпературная струя аэрозоля может достигать для ряда генераторов нескольких метров. Указанный эффект является одним из существенных недостатков и требует ограничения области применения или разработки специальных защитных мероприятий при использовании таких ГОА в качестве исполнительных устройств автоматических установок объемного аэрозольного пожаротушения.

Разработаны и производятся модификации генераторов так называемого "холодного" аэрозоля. К ним относятся все генераторы серии МАГ и некоторые генераторы серий "Пурга" (ФЦДТ "Союз"), ГАБАР (ИЧП "ГАБАР"), ГОА 40-72 (фирма "Интертехнолог"), ОСА (ООО "Озон"), АГС (АО "Гранит"), ряд модификаций генераторов серии "Вьюга" (ЦНKB), ТЕСЛАТ (СКТБ "Технолог"), "Допинг" (фирма "Эпотос +"), ОП-517 (ИВЦ "Техномаш") и некоторые другие.

Снижение температуры аэрозольной смеси в генераторах "холодного" аэрозоля достигается либо за счет изменения химического состава АОС и конструкции ГОА (например, ГОА-40-72, ОСА), либо в результате применения специальных охлаждающих блоков-насадок, размещаемых непосредственно в корпусах ГОА (генераторы серий МАГ, АГС, ГАБАР, "ВЬЮГА", ОП-517 - АГАТ, АПГ, ТЕСЛАТ и др.) В последнем случае масса охлаждающего состава может в 1,1-2,0 раза и более превышать массу заряда АОС, находящегося в генераторе. В результате применения охладителей удастся снизить температуру газоаэрозольных продуктов на выходе генератора до 200 °С и ниже.

Знание таких пожароопасных характеристик ГОА, как максимальная температура аэрозоля (за пределами ГОА), мак-

симальная температура его корпуса, размеры зон аэрозольной струи с температурой 75, 200, 400 °С (рис. 1.16, поз. 2) и зажигающая способность аэрозоля по отношению к различным горючим веществам и материалам, позволяет обоснованно решать вопрос о возможности применения аэрозольного пожаротушения на конкретных объектах, производить выбор тех или иных модификаций ГОА и схем их расположения в защищаемом объеме, разрабатывать организационно-технические мероприятия, обеспечивающие эффективность и безопасность применения ГОА и установок аэрозольного пожаротушения на их основе.

Максимальная температура аэрозоля и корпуса ГОА, размеры зон с температурой аэрозоля 75, 200, 400 °С и зажигающая способность ГОА для различных веществ и материалов могут быть определены вышеописанными методами. Для этого используется большое количество ТХА, размещаемых на корпусе (1 шт. - на донной поверхности, 2 шт. - по краям боковой поверхности), на расстоянии 20-50 мм от выходного отверстия (1-2 шт.) и по длине струи аэрозоля в продольном и поперечном направлениях (количество термопар устанавливается в зависимости от требуемой точности измерения и количества определяемых высокотемпературных зон (рис. 1.16, поз. 1 и 2). При этом спаян термопар, расположенных у выходного отверстия ГОА и по длине струи, целесообразно защищать от прямого воздействия аэрозоля тонким экраном с характерным размером, в 1,5-2 раза превышающим размер спая термопары).

При оценке зажигающей способности вдоль оси струи на определенном расстоянии от выходного отверстия ГОА размещают модельные образцы горючих веществ. После окончания работы генератора визуально определяют наличие (или отсутствие) пламенного горения или очагов тления горючих образцов.

Пока отсутствуют надежные методики оценки и имеется весьма ограниченная информация о зажигающей способности аэрозольных струй ГОА. Это во многом связано с тем, что в последнее время наметилась тенденция разработки ГОА с "холодным" аэрозолем.

Уровень взрывозащиты генератора устанавливает допустимость использования конкретных модификаций ГОА в объемах (или его локальных зонах), где возможно образование взрывоопасных газо- и паровоздушных смесей. Его оценивают по воспламенению и дальнейшему распространению пламени по гомогенной горючей смеси стехиометрического состава при пуске или в процессе работы ГОА.

При этом, однако, следует учитывать, что возможно накопление взрывоопасных смесей непосредственно и в объемах ГОА, а процесс образования огнетушащего аэрозоля практически во всех ГОА протекает при 800-1200 °С, что существенно выше температур воспламенения горючих газов и паров.

Большинство современных модификаций ГОА обладает зажигающей способностью по отношению к ряду горючих веществ, изготавливается не во взрывозащищенном конструктивном исполнении, и их применение во взрывоопасных помещениях не предусмотрено. В последние годы предпринимаются исследования по созданию модификаций ГОА во взрывозащищенном исполнении, например разрабатываются генераторы комбинированного аэрозолепорошкового тушения типа ГАБАР, однако пока отсутствуют надежные методики и данные по взрывозащищенным ГОА.

В табл. 1.35 представлены данные, характеризующие потенциальную пожаровзрывоопасность характерных модификаций всех современных направлений разработки ГОА.

Устойчивость ГОА к внешним климатическим и механическим воздействиям (работоспособность в интервале температур, влажности атмосферы, вибрационных и ударных нагрузок). При определении работоспособности в интервале климатических условий эксплуатации испытываемые ГОА предварительно выдерживают в камере холода (тепла) или повышенной влажности при предельно допустимых значениях отрицательных (положительных) температур или влажности. После выдерживания при заданных климатических показателях определяют время работы и инерционность срабатывания ГОА по вышеописанной методике. Определяя работоспособность после вибровоздействий, образцы ГОА предварительно

Таблица 1.35

**Характеристики пожароопасности типовых модификаций ГОА
и аэрозоля АОС**

№ п/п	ГОА	Защи- щаемый объем V_z , м ³	Время работы t , с	Температура, °С		Длина Т-зон, см		
				горения АОС	аэрозоля (длина, см)	75	200	400
1	"Пурга-Э1"	20	57-58	1150-1300	820(50)	-	-	-
2	"Пурга-Э5"	85	61-72		800(100)	-	-	-
3	"Пурга-Э10"	120	76		804(100)	-	-	-
5	"Пурга К02"	2	20-26		350(30)	-	-	<20
6	"Пурга К02-01"	1	14-20		270(30)	-	~50	-
7	"Пурга МХ"	10	30-50		250(30)	-	~50	Нет
8	МАГ-1	0,5	2,5	1100-1200	500(5)	-	-	-
9	МАГ-2	1	4,0		164(5)	<50	Нет	Нет
10	МАГ-3	2	4,0-5,0		472(5)	-	-	-
11	МАГ-4	10	7,5		425(5)	-	-	≈10
12	ГОА-40-72	38	18-25	900-1000	800(10)	-	-	-
13	СОТ-1	60	90-120	1350-1450	400(100)	-	-	≈100
14	СОТ-1У	60	74-98	1100-1150	400(50)	-	100	50
15	АГС-2	20	37-49		200(50)	170	50	15
16	АГС-3	3	16-22		100(50)	-	<10	Нет
17	АГС-4	5	34-46		60(50)	-	-	Нет

Окончание табл. 1.35

№ п/п	ГОА	Защи- щаемый объем V , м ³	Время работы t , с	Температура, °С		Длина Т-зон, см		
				горения АЭС	аэрозоля (длина, см)	75	200	400
18	АГС-6	52	36-48	1100-1150	25(50)	-	Нет	-
19	ГАБАР-П-2.0	20	25-35	1300-1350	200	-	-	-
20	ГАБАР-П-6,0	60	25-45			-	-	-
21	"Высота-МЭО-0,075"	0,8	6-8	1100-1200	250	-	-	-
22	ОП-517-АГАТ-1		30	1250	1250	-	-	130
23	ТЕСЛАТ-3	33	18-24	1200	-	170	35	-
24	ТЕСЛАТ-6	70	36-48		-	250	50	5
25	ОП-517-АГАТ-2		30	1250	450	-	≈80	
26	АПГ-3	40	40	1200	-	180	≈40	

подвергают испытаниям на вибростенде. Вибровоздействия осуществляют по каждой из трех осей координат при предельно допустимых частоте, амплитуде и времени воздействия. Работоспособность ГОА после воздействия ударных нагрузок определяют на специальном стенде. При этом ГОА посредством штатных узлов крепления жестко (неподвижно) устанавливают в "контейнере", который вместе с генератором сбрасывают с определенной высоты или разгоняют до определенной скорости и ударяют о неподвижную бетонную или металлическую поверхность (конструкцию). После воздействия вибрационных или ударных нагрузок определяют время подачи аэрозоля и размеры высокотемпературных зон (75, 200 и 400 °C). В табл. 1.36 приведены экспериментальные данные об устойчивости типовых генераторов огнетушащего аэрозоля к внешним климатическим и механическим воздействиям.

Таблица 1.36

Показатели эксплуатационной устойчивости типовых ГОА к климатическим и механическим воздействиям

ГОА	Допустимый диапазон			
	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	Влажность, %	Вибрация (ускорение), Гц (g)	Удар, м/с ²
"Пурга"	-60 ... +70	≤ 90	400 (10)	≤ 200
МАГ	-50 ... +60	≤ 80	250 (5)	100
ГОА 40-72	-45 ... +50	≤ 75	25 (2)	-
ТЕСЛАТ	± 55	≤ 90	400 (10)	≤ 200
ГАБАР	± 50	≤ 80	> 25 (2)	-
СОТ	± 50	≤ 80	> 25 (2)	-
АПГ	± 55	≤ 90	> 250 (5)	> 100
АГАТ	-50 ... +60	≤ 80	250 (5)	100
АГС	± 55	≤ 80	-	-
"Допинг"	± 50	≤ 80	250 (5)	100

Класс опасности ГОА при транспортировании определяется по ГОСТ 19433-88 и соответствует наиболее высокому классу опасности элементов перевозимых в определенный сборке генераторов. Для ГОА, транспортируемых отдельно от средств ини-

цирования, класс опасности определяется классом опасности огнетушащих зарядов АОС и для типовых серийных модификаций ГОА соответствует классу 4.1.

Показатели экологической безопасности (токсичность, озоноразрушающее действие) и оптические свойства (снижение оптической прозрачности среды в защищаемом помещении) аэрозоля, получаемого из ГОА, определяют аналогично вышеописанным методикам испытаний зарядов АОС в модельных генераторах. Однако в крупномасштабных испытаниях применяются конкретные модификации снаряженных ГОА (включая охлаждающие составы, блоки, насадки и др.) в количестве, обеспечивающем создание концентраций аэрозоля (удельных массовых расходов АОС) не ниже огнетушащих для модельных очагов пожара класса В или других конкретных видов пожарной нагрузки.

Следует иметь также в виду следующее обстоятельство, относящееся в основном к генераторам с охлаждающими насадками (блоками). В результате "замораживания" процесса догорания продуктов превращения АОС в таких генераторах образующаяся аэрозольная смесь будет содержать продукты неполного сгорания АОС в смеси с веществами, образующимися при разложении охлаждающих добавок. Токсичность таких продуктов гораздо выше токсичности продуктов, образующихся при работе высокотемпературных ("пламенных") генераторов.

При этом нужно принять во внимание, что данные по экологической безопасности и оптическим свойствам аэрозоля, получаемые по лабораторным методикам в условиях практически полного окисления аэрозольных продуктов горения АОС, могут существенно отличаться от данных, получаемых для тех же рецептур АОС, но сжигаемых в ГОА конкретной конструкции (особенно для ГОА с различного типа охлаждающими блоками и насадками).

Для ГОА с высокотемпературными аэрозолями (при дожигании недоокисленных продуктов горения АОС в воздухе) показатели экологической безопасности практически соответствуют данным, полученным в лабораторных испытаниях. Огнетушащие аэрозоли, получаемые из ГОА с охлаждающими

насадками, обладают чаще всего повышенными показателями токсичности и озоноразрушающего действия. Оценочные данные об изменении показателей экологической безопасности огнетушащих аэрозолей, получаемых на натурных образцах ГОА, по сравнению с данными лабораторных испытаний без охладителей приведены в табл. 1.37.

Показатели разрушающего (вредного) воздействия на вещества и материалы аэрозоля, получаемого из ГОА (коррозия, изменение химического состава, цвета, запаха, механической прочности, электрического сопротивления и др.), определяют в крупномасштабных испытаниях конкретных модификаций по методике, аналогичной вышеописанным лабораторным испытаниям зарядов составов АОС с модельными ГОА.

Показатели разрушающего действия аэрозолей на металлы, сплавы, полимерные материалы, их прочностные, электроизоляционные и некоторые другие эксплуатационные характеристики, получаемые при испытаниях натурных образцов ГОА, чаще всего незначительно отличаются от результатов лабораторных испытаний (см. раздел 1.1.3). Это связано с тем, что данные воздействия и показатели во многом определяются количеством и составом твердой фазы аэрозоля, которые в рассматриваемых случаях не претерпевают принципиальных изменений.

Обобщенные данные о коррозионной активности по отношению к наиболее распространенным металлам, металлическим сплавам и полимерным материалам аэрозоля, получаемого из типовых ГОА, приведены в табл. 1.37.

Параметры электрического сигнала пуска и контроля цепи пуска ГОА (напряжение, ток, его вид и длительность) определяют непосредственным измерением тока, напряжения авометром, а электрического сопротивления между закороченными контактами и корпусом - омметром. Допускается применение источников электрического тока напряжением не более 36 В. Электрическое сопротивление между закороченными контактами и корпусом должно быть не менее 1 МОм.

Показатели надежности работы ГОА определяют экспериментально (что делают очень редко) или рассчитывают по методикам ГОСТ 27.003-90 и ГОСТ 27.410-87. Для большинства

Таблица 1.37

**Сравнительные показатели исполнительных устройств аэрозольных
и традиционных газовых и порошковых установок объемного пожаротушения**

Показатели огнетушащих веществ (ОТВ), исполни- тельных устройств (ИУ)	Хладон 114B2	N ₂	CO ₂	Поро- шок	АОС	
					без охлаждителя	с охладителем
Удельный массовый расход ОТВ (для орга- нических горючих), кг/м ³	0,23-0,37	0,6-0,8	0,6-0,7	0,5-0,7	0,04-0,06	0,10-0,15
Основной элемент ИУ	Б а л л о н				Г О А	
Масса огнетушащего заряда ОТВ в одном ИУ (баллон, ГОА), кг	65	7	25	40	0,1-10,0	0,02-10,0
Масса ИУ (1 шт.) с ОТВ, кг	123,5	65,5	83,5	91,5	0,25-20,0	0,1-51,0
Условно-герметичный объем, защищаемый 1 кг ОТВ, м ³	2,7-4,5	1,25-1,7	1,4-1,7	1,4-2,0	17-25	9-13
Условно-герметичный объем, защищаемый одним ИУ, м ³	176-283	8,8-11,7	35,8-41,7	57-80	2,1-210	(0,18-0,25)... (91-130)
Удельная масса ИУ с ОТВ для защиты 1 м ³ объема, кг/м ³	0,44-0,7	5,6-7,4	2,0-2,3	1,1-1,6	0,08-0,15	0,39-0,56

132

Окончание табл. 1.37

Показатели огнетушащих веществ (ОТВ), исполни- тельных устройств (ИУ)	Хладон 114B2	N ₂	CO ₂	Поро- шок	АОС	
					без охлаждителя	с охладителем
Температура исполь- зования ИУ, °С	-35-+50	-50-+50	-35-+50	-25-+50 (CO ₂)	-(60-50) ...+(50-70)	-50...+50
Безопасная концент- рация ОТВ для чело- века, кг/м ³	0,11-0,18*	0,94*	<0,185*	-	0,03-0,12**	0,06-0,15*
Коэффициент озоно- разрушающего дейст- вия ОТВ	4	0	0	0	0	≤0,01
Скорость глубинной коррозии металлов, сплавов (сталь, алю- миний, медь, латунь, бронза), мм/год***: в среде с влажно- стью не более 70 % в среде с высокой влажностью (до 98 %)	0,0003- 0,004 0,03-0,3	<0,003 <0,0003	≈0,0003 ~0,0003	≈0,0003 0,001- 0,005	≈0,0003 0,0003-0,005	≈0,0003 0,0003-0,005

133

* Время воздействия 1 мин; ** время воздействия 15 мин; *** время испытаний 24-85 суток.

серийно выпускаемых модификаций ГОА вероятность безотказной работы составляет 0,94-0,99 (при доверительной вероятности 0,8-0,9). Для одной из модификаций ГОА (ПА-317), находящихся (более 300 шт.) в эксплуатации в составе автоматических установок аэрозольного пожаротушения более 5 лет, реальная средняя наработка до отказа составляет более 50000 ч.

В табл. 1.37 приведены сравнительные эксплуатационно-технические показатели основных материалоемких исполнительных устройств различных установок объемного пожаротушения: аэрозольных - генераторов огнетушащего аэрозоля и газовых (хладоновых, азотных и углекислотных) и порошковых - баллонов с запорно-пусковой арматурой (без учета трубопроводов и распылителей).

1.2.4. Общие технические требования и техника безопасности при работе с ГОА

ГОА подлежат обязательной сертификации в области пожарной безопасности. Сертификация ГОА осуществляется в соответствии с НПБ 60-97 "Пожарная техника. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний", введенными в действие с 01.03.97 г. ГОА, сертифицированные в системе сертификации ГОСТ Р до 01.07.97 г., могут применяться до окончания срока действия выданного на них сертификата соответствия. Условием их дальнейшего применения является наличие сертификата пожарной безопасности.

Общие технические требования

Генераторы огнетушащего аэрозоля должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51046-97, НПБ 60-97 и параметрам, указанным в нормативно-технической документации, утвержденной в установленном порядке.

1. Комплектность.

В комплект поставки снаряженного узлом пуска ГОА входят:

руководство по эксплуатации;
паспорт;

комплект ЗИП (при необходимости);
кронштейн и крепеж (по условиям поставки).

Для генераторов, не снаряженных узлом пуска, в комплект поставки должен дополнительно входить узел пуска.

2. В технической и эксплуатационной документации, прилагаемой к ГОА, должны быть обязательно указаны следующие параметры, характеризующие его назначение, безопасность и охрану окружающей среды:

масса снаряженного генератора, кг;

масса АОС в снаряженном генераторе, кг;

интервал температур эксплуатации и хранения;

максимальный объем условно-герметичного помещения, в котором генератор обеспечивает тушение модельных очагов пожара класса В, м³;

огнетушащая способность аэрозоля, получаемого при работе ГОА, кг/м³;

время подачи огнетушащего аэрозоля, с, и диапазон его изменения в интервале температур эксплуатации;

инерционность (время срабатывания), с, и диапазон ее изменения в интервале температур эксплуатации;

огнетушащая способность аэрозоля, получаемого при работе ГОА, по отношению к горючим веществам и материалам, для тушения которых рекомендуется данный генератор;

параметры электрического сигнала (величина напряжения, сила тока, его вид и длительность пропускания), необходимые для пуска ГОА;

параметры электрического сигнала (напряжение, сила тока, его вид и длительность пропускания), необходимые для контроля состояния цепи электрического пуска при эксплуатации ГОА в составе установки аэрозольного пожаротушения;

размеры генератора;

показатели надежности работы генератора;

показатели токсичности выделяемого при работе ГОА аэрозоля;

показатели устойчивости ГОА к внешним климатическим и механическим воздействиям;

условия транспортирования и хранения;

размеры зон с температурой выше 75, 200 и 400 °С, образующихся при работе ГОА;

количество тепла, выделяющегося при работе ГОА;

количество и состав продуктов, образующихся при работе ГОА;

максимальная высота, после падения с которой генератор не самозапускается, сохраняет целостность и работоспособность;

класс опасности генератора в соответствии с ГОСТ 19433-88;

максимальная температура корпуса генератора во время и по окончании его работы;

уровень взрывозащиты генератора (при использовании ГОА во взрывоопасных зонах);

озоноразрушающий потенциал для огнетушащего аэрозоля, получаемого при работе генератора.

Дополнительно, по требованию заказчика, в технической документации на ГОА могут указываться параметры, характеризующие зажигающую способность генератора по отношению к пожарной нагрузке, находящейся в защищаемом помещении.

3. Маркировка. На корпусе каждого ГОА должна быть нанесена маркировка, содержащая следующие данные:

товарный знак предприятия-изготовителя;

обозначение генератора огнетушащего аэрозоля;

год выпуска;

номер партии.

Маркировка на ГОА может наноситься любым способом, обеспечивающим сохранность в течение всего срока службы ГОА.

Транспортная маркировка должна соответствовать требованиям ГОСТ 19433-88. Манипуляционные знаки, основные, дополнительные и информационные надписи и способ выполнения маркировки должны быть указаны в технической документации на конкретный вид генератора.

4. Упаковка ГОА должна соответствовать требованиям ГОСТ 26319-84 "Грузы опасные. Упаковка."

Техника безопасности при работе с генераторами огнетушащего аэрозоля

При работе с ГОА следует знать их основные характеристики и обязательно соблюдать следующие меры безопасности:

1. ГОА являются пожароопасными изделиями (без взрывоопасных пиропатронов, пировоспламенителей).

2. Работы с ГОА производятся бригадой в составе не менее двух человек. В нее входят квалифицированные рабочие старше 18 лет, прошедшие инструктаж по эксплуатации ГОА с регистрацией в журнале периодического инструктажа.

3. Все работы с ГОА должны проводиться в помещениях, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией и при наличии соответствующих средств пожаротушения (песок, асбестовое полотно, порошковые огнетушители и др.).

4. На рабочем месте допускается проводить работы с одним ГОА.

5. При работе с ГОА должны быть предусмотрены меры, предотвращающие возникновение токов наводки и накопление зарядов статического электричества на рабочих местах и непосредственно на персонале. Оборудование, конструкции в рабочей зоне должны быть заземлены.

6. При работе с ГОА запрещается подвергать их нагреву выше 80 °С (или значений, указанных в технической документации), ударам, толчкам, волочить и бросать. Категорически запрещается производить разборку ГОА (кроме операций, предусмотренных технической документацией).

7. При работе с ГОА в рабочей зоне запрещается курить, использовать нагревательные приборы и применять открытый огонь.

8. При проведении любых работ с ГОА запрещается нахождение против выходного отверстия генератора (оно должно быть направлено в сторону от работающих).

9. При несанкционированном срабатывании ГОА следует эвакуировать работающий персонал. Тушение сработавших ГОА производить не рекомендуется. Целесообразно включить приточно-вытяжную вентиляцию. При необходимости прове-

дения при этом неотложных операций работу следует выполнять в соответствующем фильтрующем противогазе.

10. При работе с пиропатронами и пировоспламенителями следует учитывать их повышенную пожаровзрывоопасность и дополнительно соблюдать следующие меры безопасности:

запрещается производить их разборку;

запрещается подвергать их нагреву и механическим воздействиям (удар, трение, накол);

запрещается хранить и использовать их в помещениях со взрывоопасными веществами;

подсоединение электропиропатронов (воспламенителей) к ГОА следует производить после окончания монтажных работ и при закороченных контактах;

подсоединение обесточенной линии электропитания следует производить при соблюдении мер защиты от возможного воздействия высокотемпературной струи.

1.3. Установки аэрозольного объемного пожаротушения (УАП)

1.3.1. Назначение и области применения УАП

Установки аэрозольного пожаротушения (УАП) - установки пожаротушения, в которых в качестве огнетушащего вещества используют аэрозоль, состоящий из "инертных" (негорючих) газов и тонкодисперсных твердых частиц (дисперсность менее 10 мкм), получаемых при горении АОС.

УАП являются установками объемного пожаротушения, т.е. установками для создания среды, не поддерживающей горение во всем объеме защищаемого помещения (сооружения).

Назначение и области эффективного применения УАП

Установки аэрозольного пожаротушения (УАП) предназначены для тушения (ликвидации) объемным способом пожаров подкласса А2 и класса В (по ГОСТ 27331-87) в помещениях высотой не более 10 м с параметром негерметичности объемов не более $0,04 \text{ м}^{-1}$:

объемом до 5000 м^3 - при степени негерметичности помещения не более 1,0 %;

объемом от 5000 м^3 до 10000 м^3 - при степени негерметичности не более 0,5 %.

При этом допускается наличие в указанных помещениях горючих веществ и материалов, горение которых относится к пожарам подкласса А1 по ГОСТ 27331-87, в количествах, тушение которых может быть обеспечено штатными ручными средствами пожаротушения, предусмотренными ППБ 01-93 и НПБ 155-96.

УАП допускается применять:

для локализации пожаров подкласса А1 (тлеющие вещества и материалы) в условно-герметичных помещениях (параметр негерметичности объема не более $0,001 \text{ м}^{-1}$) высотой не более 10 м и объемом не более 3000 м^3 ;

для защиты кабельных сооружений (полуэтажи, коллекторы, шахты и т. п.) объемом до 3000 м^3 и высотой не более 10 м, при значениях параметра негерметичности помещения не более $0,001 \text{ м}^{-1}$ и при отсутствии в электросетях защищаемого сооружения устройств автоматического повторного включения;

в помещениях с кабелями, электроустановками и электрооборудованием, находящимися под напряжением, при условии, если его значение не превышает предельно допустимого, указанного в технической документации на конкретный тип ГОА.

В составе УАП должны применяться ГОА и другие элементы (извещатели и оповещатели пожарные, приборы приемно-контрольные и приборы управления пожарные, другие автоматические средства пожарной сигнализации и управления средствами аэрозольного пожаротушения), соответствующие требованиям НПБ 57-96 и имеющие сертификат пожарной безопасности.

УАП должна обеспечивать заданную интенсивность подачи, а также равномерное распределение огнетушащего аэрозоля во всем объеме защищаемого помещения.

Оборудование, изделия и материалы, применяемые в УАП, должны иметь документы, удостоверяющие их качество и соответствовать условиям их применения, а также спецификации проекта.

Производство и поставка элементов и оборудования УАП должны осуществляться организациями или лицами, имеющими лицензию ГПС МВД России на соответствующий вид (виды) деятельности в области пожарной безопасности.

УАП не обеспечивают полного прекращения горения (ликвидации пожара) и не должны применяться для тушения:

волокнистых, сыпучих, пористых и других горючих материалов, склонных к самовозгоранию и (или) тлению внутри слоя (объема) вещества (древесные опилки, хлопок, травяная мука и др.);

химических веществ и их смесей, полимерных материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха;

гидридов металлов и пирофорных веществ;

порошков металлов (магний, титан, цирконий и др.).

Использование по решению заказчика УАП для локализации пожара веществ и материалов, указанных выше, не исключает необходимости оборудования помещений, в которых находятся или обращаются указанные вещества и материалы, установками пожаротушения, предусмотренными соответствующими нормами и правилами, ведомственными перечнями, другими действующими нормативными документами, утвержденными и введенными в действие в установленном порядке.

Обоснованные отступления от противопожарных требований действующих норм и правил, других нормативных документов в каждом конкретном случае должны быть обязательно согласованы с соответствующим органом управления Государственной противопожарной службы МВД России в порядке, установленном НПБ 03-93, а также СНИП 10-01-94.

УАП запрещается применять:

1) в помещениях категорий А и Б и в помещениях складского типа категорий В1 и В2 по НПБ 105-95;

2) в помещениях зданий и сооружений III и ниже степени огнестойкости по СНИП 21-01-97, если используются

ГОА, имеющие температуру более 400 °С за пределами зоны, отстоящей на 150 мм от внешней поверхности генератора;

3) в помещениях, которые не могут быть покинуты людьми до начала работы ГОА;

4) в помещениях с большим количеством людей (50 человек и более);

5) в помещениях с изменяющейся (изменяемой) планировкой, а также в помещениях складов с передвижными стеллажами;

6) в помещениях зданий и сооружений, содержащих ценности, материалы и оборудование, которые могут пострадать от воздействия продуктов, образующихся при работе ГОА;

7) в зданиях и сооружениях, представляющих архитектурную или историческую ценность, в помещениях музеев, архивов, библиотек, картинных галерей, хранилищ произведений искусства и уникальных ценностей.

1.3.2. Классификация, состав и принцип действия УАП

Установки аэрозольного пожаротушения классифицируют по принципу функционирования;

способу пуска;

инерционности срабатывания;

быстродействию.

По принципу функционирования УАП условно подразделяют:

на автоматизированные (аУАП), т. е. установки аэрозольного пожаротушения, автоматически обнаруживающие загорание, выдающие извещение о нем и приводящиеся в действие вручную;

автоматические (АУАП), т. е. установки аэрозольного пожаротушения, автоматически срабатывающие при превышении контролируемым фактором (факторами) пожара установленных пороговых значений в защищаемой зоне (рис. 1.17).

автономные (УАП-а), т. е. установки аэрозольного пожаротушения на основе ГОА с автономным пуском, не требующие внешних источников энергоснабжения, не содержащие приборов (устройств) контроля и управления (ПКУ) ГОА и не связанные с установкой пожарной сигнализации (рис. 1.18).

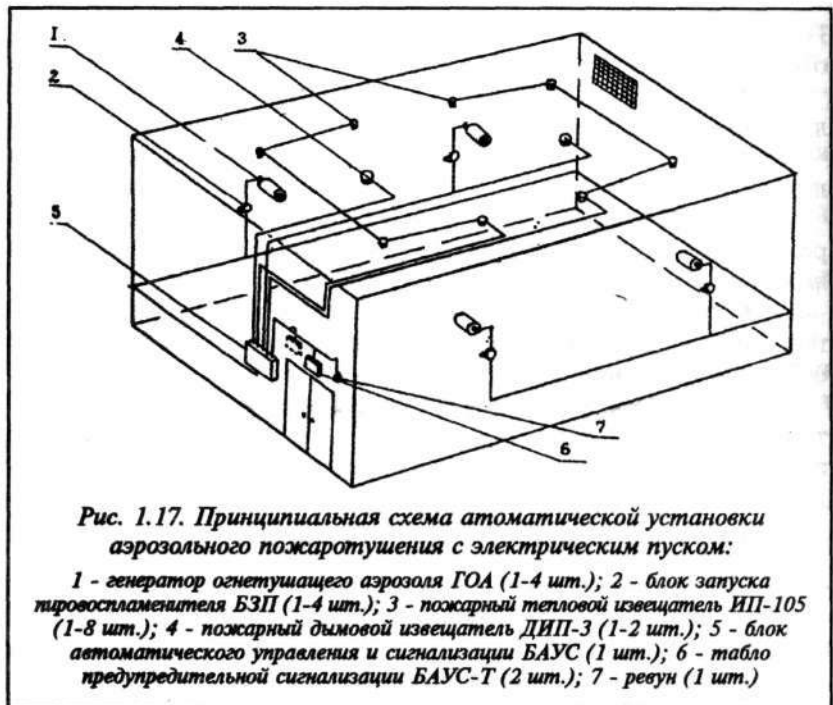


Рис. 1.17. Принципиальная схема автоматической установки аэрозольного пожаротушения с электрическим пуском:

1 - генератор огнетушащего аэрозоля ГОА (1-4 шт.); 2 - блок запуска пировоспламенителя БЗП (1-4 шт.); 3 - пожарный тепловой извещатель ИП-105 (1-8 шт.); 4 - пожарный дымовой извещатель ДИП-3 (1-2 шт.); 5 - блок автоматического управления и сигнализации БАУС (1 шт.); 6 - табло предупредительной сигнализации БАУС-Т (2 шт.); 7 - ревун (1 шт.)

По способу пуска УАП подразделяют на использующие: электрический пуск (УАП-э) - рис. 1.17; тепловой — от пиротехнических элементов (УАП-п) - рис. 1.18;

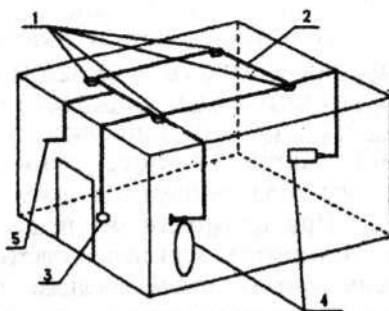
механический (УАП-м);
комбинированный (УАП-к) и др.

По инерционности срабатывания АУАП подразделяют: на малоинерционные АУАП, т.е. автоматические установки аэрозольного пожаротушения с инерционностью не более 3 с; среднеинерционные АУАП, т.е. автоматические установки аэрозольного пожаротушения с инерционностью от 3 до 180 с;

АУАП повышенной инерционности, т.е. автоматические установки аэрозольного пожаротушения с инерционностью более 180 с.

Рис. 1.18. Принципиальная схема автоматической установки аэрозольного пожаротушения автономного функционирования с тепловым пуском от термочувствительных пиротехнических элементов (огнепроводных шинуров):

1 - извещатели пожарные; 2 - линии связи; 3 - устройство ручного запуска; 4 - генераторы огнетушащего аэрозоля (или модули газового пожаротушения); 5 - устройство для передачи сигнала



По быстродействию АУАП подразделяют:

на АУАП быстрого действия, т. е. установки аэрозольного пожаротушения с временем подачи огнетушащего аэрозоля до 1 с;

АУАП кратковременного действия - подача от 1 до 600 с;

АУАП средней продолжительности действия - подача от 10 до 30 мин;

АУАП длительного действия - подача более 30 мин.

Принцип действия АУАП

Принцип действия автоматических установок аэрозольного пожаротушения с электрическим пуском (АУАП-э) во многом аналогичен действию традиционных установок объемного тушения пожара.

При поступлении от разнотипных пожарных извещателей (например, дымовых и тепловых) сигнала о пожаре блок управления и сигнализации (приборы и устройства контроля и управления - ПКУ) формирует и подает сигнал на включение световой и звуковой сигнализации, отключение вентиляции, технологического оборудования, закрытие технологических и вентиляционных проемов и с задержкой времени не менее 30 с - на пуск с определенным алгоритмом генераторов огнетушащего аэрозоля.

Допускается работа АУАП в автоматизированном режиме: автоматическое обнаружение пожара и подача команд на вклю-

чение сигнализации, отключение вентиляции и технологического оборудования и ручной дистанционный пуск ГОА.

Принцип действия автоматических установок аэрозольного пожаротушения автономного действия с пуском от термочувствительных пиротехнических огнепроводных шнуров (АУАП-а/п) принципиально отличается от действия традиционных автоматических установок пожаротушения с электрическим управлением и пуском.

При срабатывании специального пиромеханического теплового извещателя или непосредственно от очага горения происходит воспламенение огнепроводного шнура, от теплового импульса которого обеспечивается пуск в определенной последовательности ГОА. Такие УАП отличаются простотой, и для их функционирования не требуется внешний источник электропитания.

С целью расширения функциональных возможностей автономные АУАП могут оснащаться дополнительными термоэлектрическими устройствами, позволяющими осуществлять подачу электрического сигнала на включение сигнализации о пожаре, отключение вентиляции и технологического оборудования и обеспечивающие требуемую задержку пуска ГОА. Однако принимая во внимание отсутствие по ним нормативных документов, утвержденных Государственной противопожарной службой России (проектирование и внедрение автономных АУАП с тепловым пиротехническим пуском основывается главным образом на отдельных рекомендациях ВНИИПО по защите конкретных объектов), в данной книге УАП такого типа детально не рассматриваются.

Освещаются вопросы, относящиеся только к автоматическим установкам с электрическим пуском (АУАП-э).

Автоматические установки аэрозольного пожаротушения с электрическим пуском (АУАП-э) включают в себя:

пожарные извещатели (ПИ) или иные устройства обнаружения пожара;

приборы и устройства контроля и управления (ПКУ) АУАП и ее элементы;

устройства, обеспечивающие электропитанием АУАП и ее элементы;

шлейфы пожарной сигнализации, а также электрические цепи питания, управления и контроля АУАП и ее элементов; генераторы огнетушащего аэрозоля (ГОА);

устройства, формирующие и выдающие командные импульсы на отключение систем вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления и технологического оборудования в защищаемом помещении, на закрытие противопожарных клапанов, заслонок вентиляционных коробов и т. п.;

устройства оповещения о пуске АУАП;

устройства для сигнализации о положении дверей в защищаемом помещении;

устройства звуковой и световой (или иной оптической) сигнализации и оповещения о срабатывании АУАП и наличии в помещении огнетушащего аэрозоля.

1.4. Закономерности и особенности аэрозольного пожаротушения. Условия эффективного и безопасного применения УАП

Эффективность объемного способа аэрозольного пожаротушения (т. е. тушение очагов пожара во всем объеме за минимально возможное время с минимальным удельным расходом огнетушащего АОС) определяют следующие основные параметры:

1) огнетушащая способность, характеризующая удельным массовым расходом аэрозоля АОС C_{m_0} (или $q_{АОС}$), г (кг)/м³;

2) интенсивность подачи аэрозоля АОС, при которой обеспечивается создание во всем защищаемом объеме огнетушащей концентрации (удельной массы) аэрозоля J_{m_0} , г (кг)/(м³ · с);

3) масса огнетушащего заряда АОС $M_{АОС}$, г (кг);

4) время подачи огнетушащего аэрозоля АОС t_a , с.

Огнетушащая способность аэрозоля АОС - способность аэрозоля, выделяемого при сгорании в ГОА удельной массы заряда АОС, подавлять при конкретных внешних условиях горение очагов пожара. Огнетушащая способность аэрозоля АОС является важнейшим физико-химическим показателем эффективности средств аэрозольного пожаротушения и определяется комплексом физико-химических свойств исходного

заряда АОС и выделяемого при его горении твердофазного аэрозоля, которые обеспечивают огнетушащее действие на очаг пожара. Она характеризуется удельным массовым огнетушащим расходом АОС $q_{АОС}$, т. е. отношением массы строяемого в ГОА заряда АОС к единице объема, при котором обеспечивается тушение модельных очагов пожара. Различают минимальную $C_{m_0}^{-f}$ и нормативную q_n^{-f} удельного (массового) огнетушащего расхода.

Минимальная величина удельного огнетушащего расхода $C_{m_0}^{-f}$ (или \tilde{q}_0^{-f}) - величина удельного огнетушащего расхода АОС, полученная экспериментально на лабораторной установке с герметичной камерой для нормальной исходной воздушной среды (начальные значения температуры $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, давление 760 мм рт. ст., относительная влажность 50-70 %) в условиях равномерного распределения аэрозоля и минимальных изменений физико-химических свойств выделяемого из ГОА аэрозоля.

Нормативная величина удельного огнетушащего расхода q_n характеризует огнетушащую способность аэрозоля, получаемого из ГОА конкретного типа (в пересчете на исходную массу заряда АОС) в крупномасштабных испытаниях в условно-герметичном объеме при нормальных исходных условиях. Величина q_n используется при расчетах требуемых параметров установок пожаротушения.

При прочих равных условиях эффективность аэрозольного пожаротушения тем выше, чем выше огнетушащая способность образуемого аэрозоля, т. е. чем меньше удельный огнетушащий расход (массовая концентрация) АОС.

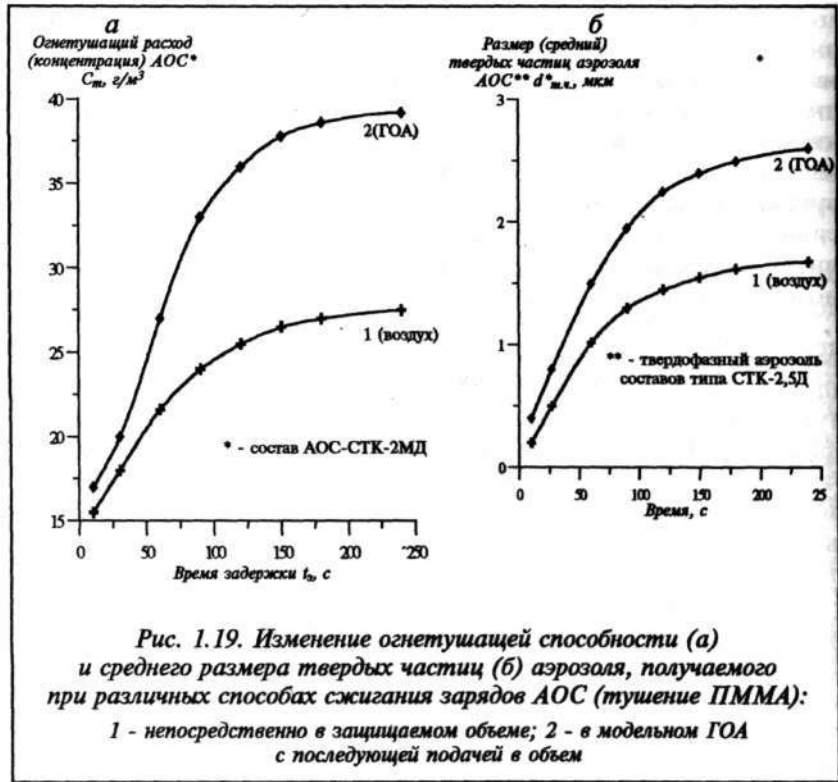
Интенсивность подачи огнетушащего аэрозоля АОС J_a является динамическим показателем процесса создания определенной концентрации огнетушащего аэрозоля в защищаемом помещении и характеризуется отношением массы заряда АОС $M_{АОС}$ в ГОА к времени подачи аэрозоля t_a и объему защищаемого помещения $V_з$. Интенсивность огнетушащей подачи аэрозоля АОС определяет величину требуемой интенсивности J_{m_0} , при которой обеспечивается создание концентрации аэрозоля и происходит подавление пожара.

Различают оптимальную, нормативную и относительную интенсивность огнетушащей подачи аэрозоля АОС. Оптимальная интенсивность подачи аэрозоля АОС $J_{опт}$ - величина интенсивности, при которой обеспечивается тушение за минимальное время с минимальным расходом АОС. Нормативная интенсивность J_n - величина интенсивности, регламентируемая нормативными документами. Относительная интенсивность подачи аэрозоля U (c^{-1}) характеризуется отношением интенсивности подачи огнетушащего аэрозоля J_a к нормативному огнетушащему расходу АОС q_n для данного типа ГОА.

Интенсивность огнетушащей подачи аэрозоля АОС - важный параметр аэрозольного пожаротушения, определяющий не только условия эффективного аэрозольного пожаротушения, но и безопасность применения тех или иных модификаций ГОА и режимов их работы. При определенных значениях интенсивности подачи аэрозоля в объемах (особенно с малой негерметичностью) могут возникать опасные с позиции вероятного разрушения защищаемых объектов значения избыточного давления и температуры.

Огнетушащая способность аэрозоля, характеризующаяся удельным огнетушащим расходом АОС, определяется химическим, количественным и дисперсным составом твердой фазы аэрозолей, которые под воздействием различных внешних факторов (влажности, подвижности, температуры среды, наличие развитой твердой поверхности ограждающих объем и встроенных в него конструкций и др.) могут заметно изменяться. При этом чаще всего происходит снижение огнетушащей способности аэрозолей.

Даже в нормальных условиях вследствие происходящих эволюционных процессов (снижение концентрации активных химических соединений: оксидов, гидроксидов - при образовании менее активных карбонатов, хлоридов и др., укрупнение твердых частиц при коагуляции, снижение их концентрации за счет оседания частиц на твердых поверхностях и др.) огнетушащая способность аэрозолей имеет тенденцию снижаться (см. рис. 1.19), т. е. величина удельного массового расхода АОС, необходимая для тушения, растет.



Наибольшее снижение (примерно в 1,5-2,5 раза) огнетушащей способности аэрозоля (при соответствующем укрупнении размеров его частиц) наблюдается в начальный период подачи смеси (в период от 120 до 180 с с момента образования аэрозоля).

В условиях пожаров характеристики образующегося аэрозоля под воздействием влажности и подвижности среды могут существенно изменяться, приводя к заметному изменению, чаще всего к снижению огнетушащей способности аэрозоля и в целом эффективности аэрозольного пожаротушения. В технической литературе и действующих нормативных документах практически отсутствуют данные о характере и степени влияния эволюционных процессов в таких условиях на ог-

нетушащие свойства аэрозолей АОС, что в ряде случаев приводит к необоснованным решениям при разработке установок аэрозольного пожаротушения.

Ниже приведены обобщенные результаты проведенных во ВНИИПО экспериментов, в которых исследовалось влияние влажности и подвижности среды на огнетушащую способность аэрозолей (в пересчете на удельную величину расхода исходного заряда АОС, г/м³). Эксперименты проводились в камерах различных типоразмеров и объемом от 0,025 до 11 м³. В качестве горючих использовали керосин, бензин и оргстекло. Для тушения применяли заряды характерных АОС на основе нитрата калия: СТК-2,5Д; СТК-2МД, СБК и др., которые сгорали в модельных и натуральных образцах ГОА. Относительная влажность среды изменялась в пределах 50-95 %, а скорость вентилирования среды в объеме регулировалась в диапазоне 0-3 м/с.

Повышение влажности воздушной среды с 70 до 80-90 % в первоначальный момент способствует увеличению огнетушащей способности свежесформовавшегося аэрозоля (рис. 1.20). Так, для всех испытанных АОС при увеличении относительной влажности с 50 до 95 % в первые 5-10 с (время сгорания навесок составов составляло 2-4 с) наблюдалось снижение удельного огнетушащего расхода на 15-20 %. Этот факт объясняется, по-видимому, образованием большего количества более эффективных гидрооксида и гидратированных солей калия. Показатель рН водного раствора взятых проб твердой фазы аэрозоля АОС увеличивается с 8-9 до 10-12. Увеличение в данных условиях времени задержки контакта образовавшегося аэрозоля с диффузионными пламенами t_d приводит к заметному снижению его огнетушащей способности. Через ≈ 120 с после создания огнетушащей среды в атмосфере с относительной влажностью 50-70 % снижение показателя огнетушащей способности (удельного расхода) АОС не превышало 25 % от первоначальной величины, а в атмосфере с влажностью 95 % происходило снижение огнетушащей способности примерно в 1,5-2,0 раза. В среде с высокой влажностью наблюдается более высокая скорость коагуляции твердых частиц, прилипания к твердым поверхностям и оседания.

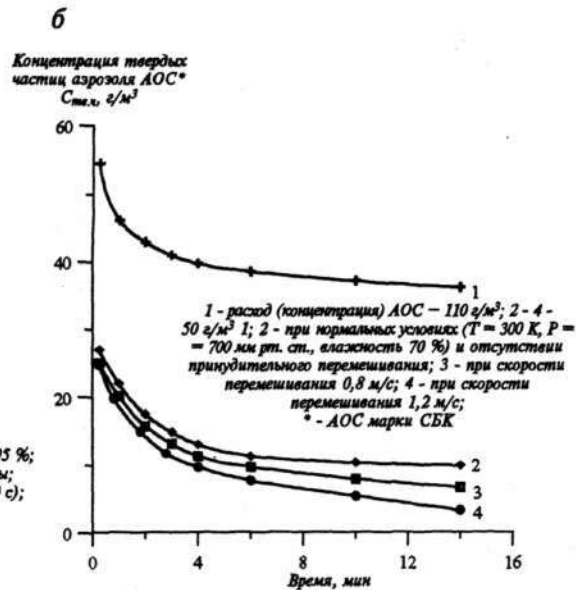
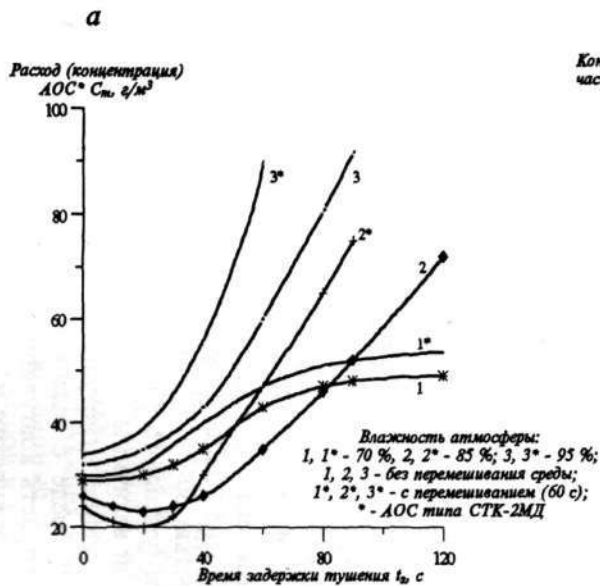


Рис. 1.20. Характер зависимости огнетушащей способности (а) и концентрации твердых частиц (б) аэрозоля АОС от времени задержки контакта с очагом пожара при различных значениях исходной влажности и подвижности среды в защищаемом объеме

Наличие искусственной подвижности (перемешивания) аэрозольной смеси сопровождается дополнительным снижением огнетушащей способности аэрозоля (см. рис. 1.20). С увеличением скорости перемешивания (особенно в объемах с повышенной влажностью среды и развитой шероховатой поверхностью ограждающих и встроенных конструкций) темп снижения огнетушащей способности растет.

В реальных условиях в процессе возникновения и развития пожара происходит повышение (по сравнению с нормальными условиями) температуры в объеме защищаемого помещения и непосредственно горючих веществ.

Для тушения очагов пожара при повышенных начальных значениях температуры среды и пожарной нагрузки требуются более высокие расходы всех огнетушащих веществ, т. е. огнетушащая способность средств объемного тушения с повышением начальной температуры среды снижается. Увеличение расходных характеристик происходит до определенной величины, которая в дальнейшем при реальном повышении температуры среды изменяется незначительно. Данные закономерности пожаротушения характерны и для объемного тушения пожаров аэрозолями АОС. Так, если при начальной температуре 25-35 °С удельный огнетушащий расход АОС составлял 30-35 г/м³, то при температурах 100, 150, 200, 250 и 270 °С его значения увеличивались (т. е. огнетушащая способность уменьшалась) примерно в 1,16; 1,26; 1,35; 1,43 и 1,45 раза (рис. 1.21).

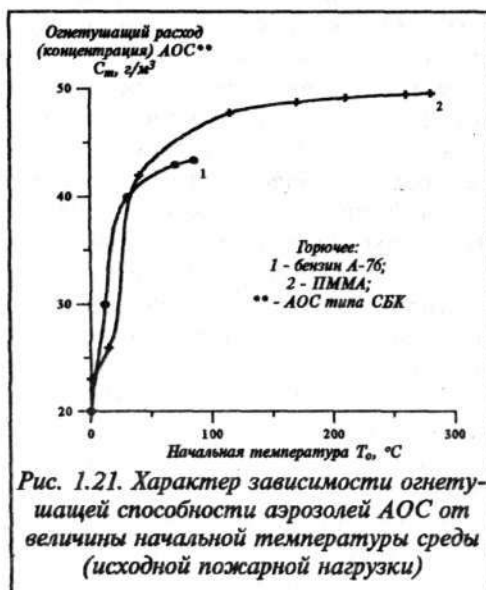


Рис. 1.21. Характер зависимости огнетушащей способности аэрозолей АОС от величины начальной температуры среды (исходной пожарной нагрузки)

Наличие в объемах различных встроенных конструкций, как правило, затрудняет равномерное распределение аэрозоля по защищаемому объему и тушение пожаров (особенно в негерметичных помещениях).

Степень влияния препятствий на огнетушащую способность аэрозоля и время тушения очагов пожара во многом зависит от формы, размеров, площади и шероховатости поверхности, количества, распределения по сечению и объему встроенных конструкций-препятствий. По принципу воздействия на распределение аэрозоля препятствия условно могут быть разделены на две группы: 1) не создающие значительных сужений и канальных течений аэрозоля вдоль относительно протяженных твердых поверхностей; 2) реализующие течение аэрозоля по каналам и лабиринтам. В качестве показателя, характеризующего влияние препятствий на изменение огнетушащей способности аэрозоля принято отношение площади "рабочей" (т. е. соприкасающейся с аэрозолем) поверхности встроенных препятствий к объему защищаемого помещения.

На рис. 1.22 приведены обобщенные экспериментальные данные для выделенных групп препятствий (нешлифованные образцы из металла, картона, оргалита, текстолита и керамики) в виде зависимости огнетушащей способности аэрозолей, т. е. удельного расхода АОС (при тушении модельных очагов ПММА при исходной влажности атмосферы 70 - 85 % за время не более 120 с) от отношения площади препятствий к защищаемому объему. Одиночные, перфорированные с большим коэффициентом проницаемости (0,6-0,8), сплошные чередующиеся конструкции, перекрывающие поперечное сечение не более чем на 60 % и не создающие режимов течения по каналам и лабиринтам, незначительно влияют на снижение огнетушащей способности аэрозоля, но в ряде случаев могут существенно (в 2-3 раза и более) увеличивать время тушения. В негерметичных объемах (при степени негерметичности объема более 0,5 %) при этом требуется дополнительное избыточное количество АОС, более высокая интенсивность подачи аэрозоля или вообще не обеспечивается тушение. При наличии конструкций канального типа с шероховатой поверхностью или при их расположении, реализующем канальный

режим течения (стеллажное складирование, шкафная аппаратура и т. п.), происходит заметное снижение огнетушащей способности аэрозоля и увеличение времени тушения даже при избыточном количестве АОС (см. рис. 1.22, кривая 2).

Из приведенных выше данных следует, что в реальных условиях на огнетушащую способность аэрозолей АОС заметное влияние могут оказывать различные внешние факторы (влажность, подвижность, температура среды, встроенные препятствия и др.), незнание или неучет которых может привести к существенному снижению эффективности тушения и к тому, что пожар не будет потушен. При учете возможных внешних воздействий и правильном выборе способа и параметров процесса подачи аэрозоля достигается высокая эффективность и надежность аэрозольного пожаротушения. При этом следует учитывать, что увеличение удельных массовых огнетушащих расходов АОС может составлять 20-40 % и более от величины минимальных значений, полученных в нормальных условиях, и для большинства углеводородных горючих удельный расход может составлять 40-60 г/м³.

Интенсивность подачи аэрозоля АОС при прочих равных физико-химических и огнетушащих свойствах во многом определяет эффективность объемного способа аэрозольного

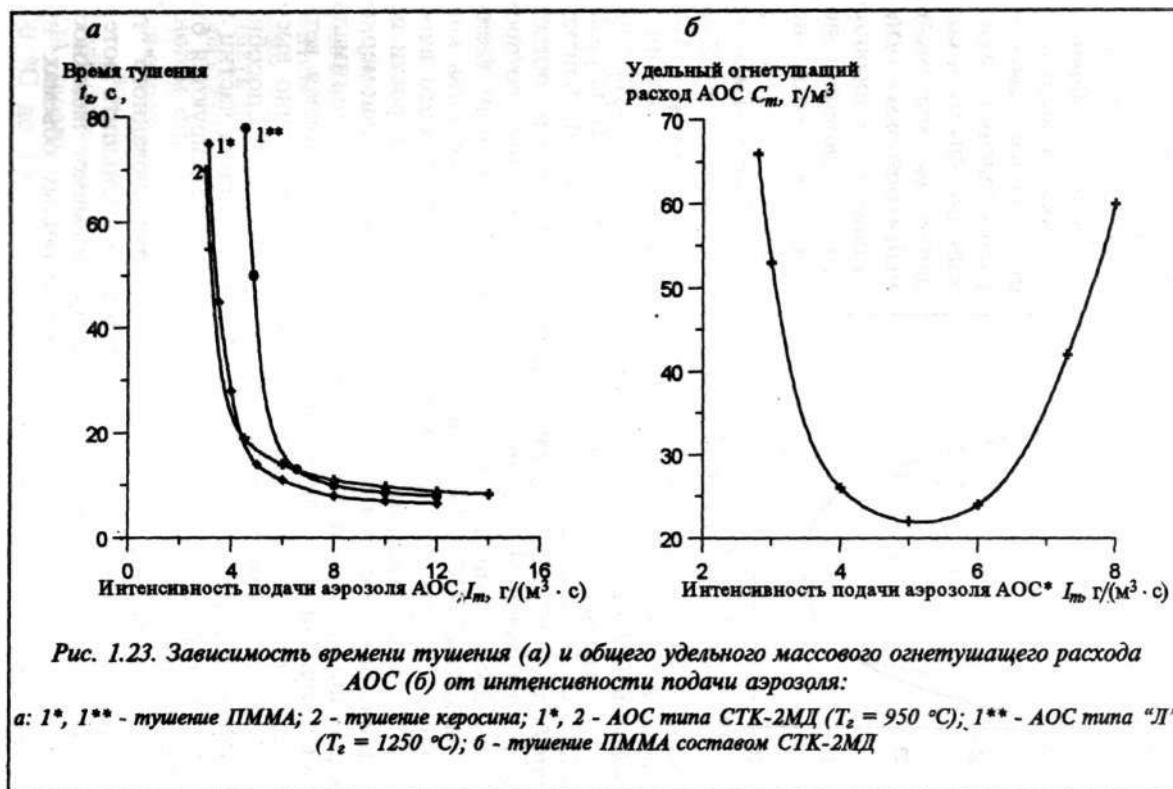


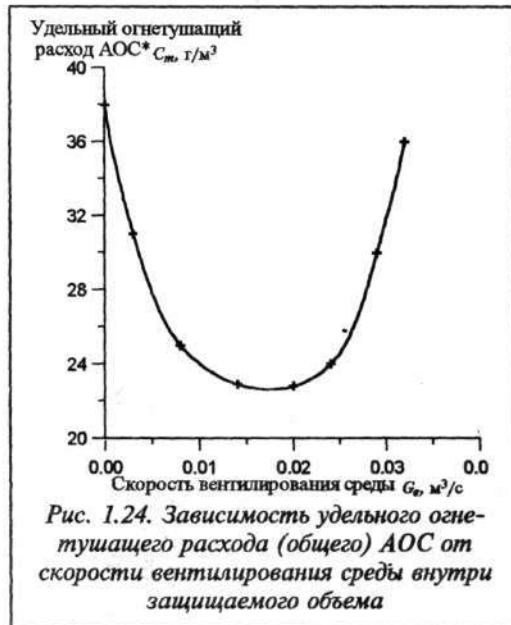
пожаротушения в помещениях с различной степенью негерметичности (тушение пожара с возможно минимальными расходными показателями АОС за минимально короткое время) и определяет безопасные режимы подачи аэрозоля (режимы подачи, при которых в защищаемом объеме не возникают избыточные давления и температуры, превышающие предельно допустимые значения).

На первый взгляд, эффективность аэрозольного пожаротушения должна быть тем выше (время тушения тем меньше), чем выше интенсивность подачи аэрозоля (при условии сохранения его физико-химических и огнетушащих свойств). Однако характер зависимости времени тушения очагов пожара в герметичных объемах различного типоразмера t_m (с) и общего удельного массового огнетушащего расхода АОС C_a (г/м³) от интенсивности подачи аэрозоля J_m (г/(м³ · с)) имеет более сложную закономерность (рис. 1.23). По внешнему виду зависимость близка к параболе и аналогична закономерностям изменения времени тушения и удельного массового расхода традиционных средств объемного пожаротушения.

При оптимальном значении интенсивности подачи аэрозоля тушение достигается с минимальным расходом АОС. Левая ветвь кривой, для которой закономерно уменьшение общего расхода АОС, характеризуется более быстрой доставкой аэрозоля в очаг и меньшим снижением его огнетушащей способности (при уменьшении роста размеров частиц и их потерь на твердых поверхностях). Правая ветвь обусловлена увеличением потерь твердых частиц аэрозоля на конструкциях и ускорением процесса роста их размеров за счет коагуляции. Для ГОА, генерирующих аэрозоль с более высокой температурой, экстремум зависимости удельного расхода, а также время тушения от интенсивности подачи аэрозоля смещается в сторону увеличения интенсивности.

Перемешивание среды (вентилирование внутри защищаемого объема) при аэрозольном пожаротушении оказывает неоднозначное влияние на эффективность и параметры процесса тушения. С одной стороны, перемешивание среды в объеме способствует снижению во времени огнетушащей способности аэрозоля (снижение зависит от величины скорости,





к параболе (рис. 1.24). Нижняя экстремальная точка соответствует оптимальному режиму перемешивания, при котором обеспечивается тушение очагов пожара минимальным удельным расходом АОС за минимальное время. Левая ветвь кривой характеризует условия повышения эффективности аэрозольного пожаротушения, когда при увеличении скорости перемешивания обеспечивается более быстрое и равномерное накопление огнетушащего количества аэрозоля с минимальными потерями его огнетушащей способности. Правая ветвь соответствует режиму перемешивания (при достаточно высоких скоростях), при котором потери огнетушащей способности аэрозоля в результате коагуляции и осаждения частиц на твердых поверхностях значительны и не компенсируются быстрой доставкой аэрозоля в очаг пожара.

Использование принудительного "закольцованного" перемешивания среды позволяет значительно уменьшить потери аэрозоля через открытые проемы, что повышает надежность аэрозольного пожаротушения в негерметичных объемах при меньших удельных расходах АОС.

направления и времени перемешивания), а с другой - при определенных ее характеристиках обеспечивается более быстрое распределение аэрозоля по объему и создание (с минимальными потерями огнетушащей способности) условий подавления очагов пожара.

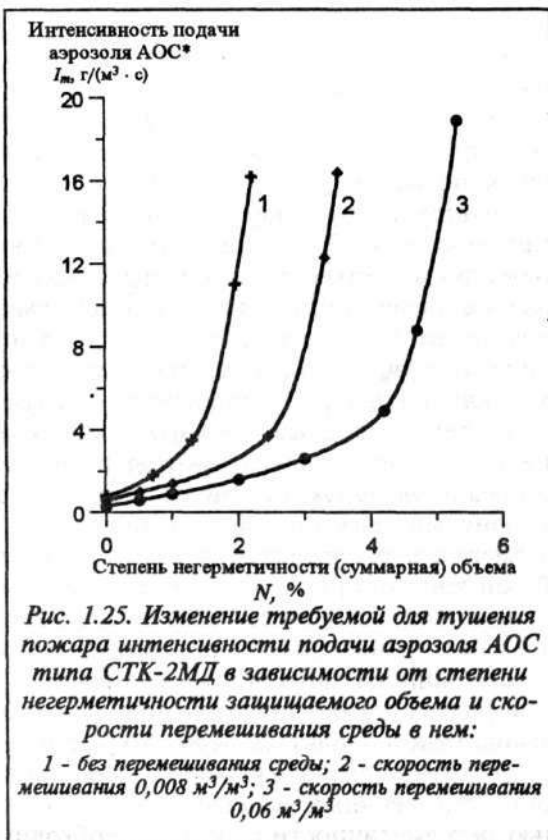
Зависимость удельного огнетушащего расхода АОС и времени тушения от скорости перемешивания среды выражается кривой, близкой

На рис. 1.25 представлены обобщенные результаты крупномасштабных испытаний по тушению керосина, этанола и оргстекла в камерах объемом 7-74 м³ при степени негерметичности 0,1-5,5 % (отношение площади открытых проемов к общей площади ограждающих объем конструкций) и различным взаимном расположении открытых проемов.

Установление требуемой величины интенсивности огне-

тушащей подачи аэрозоля АОС J_m является важнейшим моментом в определении параметров процесса тушения и установок аэрозольного пожаротушения. При этом следует принимать во внимание и учитывать ряд особенностей процесса образования и подачи огнетушащего аэрозоля, которые во многом определяют эффективность и безопасность применения аэрозольного пожаротушения:

во-первых, подаваемый в защищаемый объем в виде струй огнетушащий аэрозоль для большинства современных ГОА характеризуется повышенными температурами (от 100-200 °С до 1000-1250 °С). При этом происходит повышение



среднеобъемной температуры в защищаемом помещении и образование локальных зон с повышенной температурой. Локальные высокотемпературные зоны (75, 200 и более 400 °С) вдоль оси аэрозольной струи для различных модификаций ГОА могут иметь протяженность от десятков сантиметров до нескольких метров;

во-вторых, при образовании аэрозоля в результате сгорания зарядов АОС в защищаемый объем выделяется большое количество нагретых газов и твердых частиц. Количество выделяемых газов, приведенное к нормальным условиям, для большинства АОС составляет 0,25-0,65 л и более с 1 г массы исходного заряда. При этом отмечается повышение избыточного давления внутри защищаемого объема;

в-третьих, подаваемая аэрозольная смесь с повышенной температурой имеет более низкую по сравнению с окружающей средой удельную плотность и быстро "всплывает" в верхнюю зону защищаемого объема, тем самым затрудняя процесс равномерного распределения аэрозоля и создания огнетушащей концентрации по высоте и всему объему;

в-четвертых, процесс создания огнетушащей концентрации существенно зависит от степени (показателя) негерметичности защищаемого объема (особенно в верхней зоне), так как в ряде случаев значительное количество огнетушащего аэрозоля может удаляться через открытые проемы.

Поэтому для эффективного тушения пожара даже в достаточно герметичных помещениях, а тем более с высокой степенью негерметичности аэрозоль необходимо подавать строго с определенной интенсивностью, достаточной для создания во всех точках защищаемого объема огнетушащей концентрации за минимальное допустимое время. При низкой интенсивности подачи аэрозоля даже в герметичных объемах резко снижаются параметры, характеризующие эффективность пожаротушения (увеличивается время тушения, снижается огнетушащая способность аэрозоля). В негерметичных объемах в этом случае тушение вообще может не достигаться.

При очень высокой интенсивности в защищаемом объеме могут возникать опасные по величине избыточное давление и температура, которые в определенной ситуации приво-

дят к разрушению ограждающих конструкций, отдельного оборудования и т. д. Следует также учитывать, что при определенных значениях интенсивности и направлениях подачи аэрозоля могут возникнуть опасные ситуации, когда воздействию локальной высокотемпературной зоны подвергаются люди, оборудование, вещества, материалы.

Требуемые значения интенсивности подачи аэрозоля J_m , необходимые для обеспечения тушения пожара в объемах с различной степенью негерметичности N ,

можно определить по методике инженерных расчетов параметров установок аэрозольного пожаротушения, изложенной в разделе 2, или по экспериментальным данным. Полученные экспериментально закономерности тушения пожаров в объемах 0,1-1300 м³ со степенью негерметичности 0,1-10,0 % и различным расположением по высоте открытых проемов обобщены в виде номограммы (рис. 1.26) и эмпирического выражения зависимости $J_m = f(N)$:

$$J_{m(Nn+e)} = 0,5 (1 + T_v/T_0) (0,36N_n + 2,9N_e + 2) J_{m_0},$$

где $J_{m(Nn+e)}$ - требуемая интенсивности подачи аэрозоля для тушения в объемах с различной степенью негерметичности N (%) и расположением открытых проемов, г/(м³ · с); $J_m = M_{mAO}/V_3 t_a$; J_{m_0} - интенсивность подачи аэрозоля в герметичном объеме,



обеспечивающая тушение пожара за время менее 120 с ($J_m \approx 0,5-0,7 \text{ г/(м}^3 \cdot \text{с)}$; $0,7 \text{ г/(м}^3 \cdot \text{с)} \rightarrow V_3 < 10 \text{ м}^3$; $0,5 \text{ г/(м}^3 \cdot \text{с)} \rightarrow V_3 > 10 \text{ м}^3$); N_n , N_g - величина степени негерметичности соответственно в нижней и верхней зонах объема, %; T_o , T_i - температура в помещении до подачи аэрозоля и максимальная температура аэрозоля, К; V_3 - величина объема защищаемого помещения, м^3 ; t_a - время подачи аэрозоля, с.

Эффективность и безопасность применения ГОА и аэрозольного пожаротушения обеспечивается последовательным решением следующих вопросов:

1) выбор типов ГОА с общей массой заряда АОС и интенсивностью подачи аэрозоля, реализующих условие (с учетом отрицательного влияния степени негерметичности объема, его конфигурации, загроможденности и других внешних факторов) распределения аэрозоля (в количестве не менее огнетушащего значения) равномерно по объему;

2) оценка возникающих в защищаемом объеме при выбранном режиме подачи аэрозоля максимальных значений давления и температуры и их потенциальной опасности для объекта;

3) корректировка алгоритма подачи аэрозоля (очередями) в случае превышения полученных давления и температуры по сравнению с допустимыми значениями;

4) оценка размеров локальных высокотемпературных зон и вероятности их губительного воздействия на человека, оборудование и т. д.;

5) применение мер по локализации действия высокотемпературных зон.

Выбор типов и количества ГОА может быть осуществлен с применением расчетных методов или по обобщенным экспериментальным данным. Для выбранных типов и количества ГОА (для варианта одновременного их пуска) различными расчетными методами, например изложенными ниже или в разделе 2, определяются максимальные величины давления, температуры и сравниваются с допустимыми значениями.

Одним из предлагаемых методов расчета значений возникающих давлений и температуры при подаче огнетушащего аэрозоля является аналитическое решение системы диффе-

ренциальных уравнений, включающей основные параметры рецептур АОС (удельная теплота горения, газопроизводительность АОС), процесса подачи аэрозоля (температура, теплообмен, теплоемкость, плотность, интенсивность) и характеристики помещений (степень негерметичности, площадь ограждающих конструкций):

$$\frac{V}{k-1} \frac{dP}{dt} = J(t)Q - \alpha F(T - T_0) - N F C_p \times \\ \times T \sqrt{2\rho(P - P_0)};$$

$$\frac{dQ}{dt} = J_0 - N F \sqrt{2\rho(P - P_0)};$$

$$P = \frac{\rho}{\mu} RT,$$

где V - свободный внутренний объем защищаемого помещения, м^3 ; ρ , P , T - плотность, давление и температура среды в помещении; k - показатель политропы (1,4); $J(t)$ - суммарный секундный расход газа АОС всех ГОА, кг/с ; N - степень негерметичности помещения (отношение площади открытых проемов к суммарной площади ограждающих конструкций); α - коэффициент теплоотдачи в ограждающие конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; F - площадь ограждающих конструкций, м^2 ; Q - удельная теплота сгорания АОС, кДж/кг ; C_p , μ - средняя теплоемкость и молекулярный вес смеси; R - универсальная газовая постоянная. Функция $J(t)$ использовалась в виде $J(t) = J_0 \Phi(t)$, где J_0 - средняя интенсивность выделения аэрозоля в защищаемое помещение, $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$; $\Phi(t)$ - функция, описывающая аэрозоле(газо)выделение при различных законах горения зарядов АОС различных размеров и конфигурации (торцевое горение, горение цилиндрических канальных и бесканальных, бронированных зарядов и т. д.). В расчетах функция $\Phi(t)$ задавалась полиномами 3-го порядка, полученными на основе "геометрического" закона горения зарядов.

Оценочные (расчетные) максимальные значения избыточного давления P_{max} и температуры T_{max} в защищаемых помещениях со степенью негерметичности N в зависимости от удельной теплоты сгорания (аэрозолеобразования) составов

АОС Q и интенсивности подачи огнетушащего аэрозоля J_a приведены в табл. 1.38. Расчеты производились при реальных исходных данных, характерных для типовых составов АОС, помещений и способов подачи огнетушащего аэрозоля: $T_o = 290 \text{ K}$, $N = 0-2 \%$, $\alpha F = 60 \text{ Вт/К}$, $V_{\text{з/н}} = 0,4 \text{ л/г}$, $Q = 800-2000 \text{ кДж/кг}$, $q_n = 100 \text{ г/м}^3$, $J_a = 2-25 \text{ г/(м}^3 \cdot \text{с)}$.

Если полученные значения выше допустимых, производится пересчет для пуска ГОА в две очереди и более. Если увеличение очередей пуска генераторов не дает положительного результата, следует выбрать тип ГОА с более низкой температурой аэрозоля и повторить расчеты избыточного давления и температуры.

Неучет данных особенностей при выборе типов ГОА и алгоритмов их пуска может привести к значительному повышению температуры и давления в защищаемом помещении, в результате вызывающему вскрытие ограждающих конструкций защищаемого помещения, и установка аэрозольного пожаротушения не обеспечит тушение пожара. Выявлено, что максимальное значение давления в защищаемом объеме наблюдается в начальный период работы генератора. Максимальное значение температуры и содержание огнетушащего аэрозоля, напротив, реализуется в конце работы генератора.

При этом очевидно, что значения этих параметров очень сильно зависят от степени негерметичности защищаемого помещения и времени работы ГОА. В наиболее неблагоприятных случаях при использовании высокотемпературных ГОА температура газовой среды в защищаемом помещении может достигать $400 \text{ }^\circ\text{C}$, а давление - 30 кПа .

После выбора требуемых типов, количества ГОА и алгоритма безопасной их работы по данным технической документации или расчетным методом определяются размеры опасных для человека, оборудования, материалов температурных зон работающих генераторов. Если по конструктивным и технологическим особенностям защищаемого объекта опасное воздействие температурной зоны ГОА невозможно исключить, то каждую из них или элемент, для которого эта зона представляет опасность, локально защищают, устанавливая вокруг них теплоизолирующие экраны, кожухи, прокладки, покрытия и

Таблица 1.38

Расчетные максимальные значения избыточного давления P_{\max} (атм) и температуры T_{\max} (атм) в защищаемом помещении с различной степенью негерметичности, возникающих при подаче аэрозоля характерных АОС с различной интенсивностью

J_n г/(м ³ ·с)	P_{\max} , атм; T_{\max} , К	Q , Дж/г											
		1000				1600				2000			
		N , %											
		0	0,5	1,0	2,0	0	0,5	1,0	2,0	0	0,5	1,0	2,0
2,5	P_{\max}	0,14	0,01	0	0	0,23	0,03	0	0	0,31	0,06	0	0
	T_{\max}	336	331	330	329	370	361	360	360	390	378	376	376
5	P_{\max}	0,23	0,03	0	0	0,36	0,06	0,01	0	0,45	0,10	0,02	0
	T_{\max}	346	337	337	337	383	371	370	370	407	394	394	393
10	P_{\max}	0,30	0,12	0,05	0,01	0,47	0,22	0,1	0,03	0,58	0,29	0,14	0,04
	T_{\max}	364	355	352	351	413	401	397	396	445	433	428	428
25	P_{\max}	0,35	0,25	0,19	0,09	0,56	0,42	0,32	0,19	0,7	0,53	0,41	0,25
	T_{\max}	379	374	370	365	438	431	426	421	477	470	465	460

т. п. Такие простейшие конструктивные решения, как показал анализ результатов натурных испытаний и промышленной эксплуатации действующих АУП, позволяют значительно повысить безопасность (не снижая эффективности, не усложняя конструкции существующих ГОА, не ухудшая токсикологических показателей) применения различных типов ГОА.

При неправильном выборе и применении, а также при неправильном размещении ГОА в случае ложных срабатываний устройств их автоматического пуска ГОА могут служить источником пожара или способствовать его форсированному развитию.

2. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК АЭРОЗОЛЬНОГО ПОЖАРУТУШЕНИЯ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПУСКОМ (АУАП-э)

2.1. Исходные данные для расчета и проектирования АУАП-э

Исходными данными для расчета и проектирования АУАП-э являются:

назначение помещения и степень огнестойкости ограждающих строительных конструкций здания (сооружения);

геометрические размеры с планом помещения (объем, длина, ширина, высота);

наличие и площадь постоянно открытых проемов, включая щели между строительными конструкциями и другие технологические или строительные неплотности, их распределение по высоте помещения;

наличие и характеристика остекления;

наличие и характеристика систем вентиляции, кондиционирования воздуха, воздушного отопления;

перечень и показатели пожарной опасности веществ и материалов по ГОСТ 12.1.044-89, находящихся или обращающихся в помещении, и соответствующий им класс (подкласс) пожара по ГОСТ 27331-87;

величина, характер, а также схема распределения пожарной нагрузки;

расстановка и характеристика технологического оборудования;

категория помещений по НПБ 105-95 и классы зон по ПУЭ;

рабочая температура, давление и влажность в защищаемом помещении;

наличие и характеристики вибрации и запыленности защищаемых объектов;

наличие людей и возможность их эвакуации до пуска АУАП;

стоимость материальных ценностей объекта (помещения) и др.;

нормативная огнетушащая способность (удельный огнетушащий расход) выбранных типов ГОА по отношению к пожароопасным веществам и материалам, находящимся в защищаемом помещении, другие параметры ГОА (высокотемпературные зоны, инерционность, время подачи и время работы);

предельно допустимые давление и температура в защищаемом помещении (из условия прочности строительных конструкций или размещенного в помещении оборудования).

2.2. Общие требования к защищаемым помещениям, устройствам управления и исполнительным устройствам АУАП-э

Характеристики защищаемых помещений и атмосферы в них, используемые в качестве исходных данных при расчете и проектировании АУАП, указываются в задании на проектирование и контролируются при сдаче АУАП в эксплуатацию.

Помещения, оборудованные автоматическими установками аэрозольного пожаротушения, оснащаются указателями о наличии в них АУАП. У входов в защищаемые помещения предусматривается световая и звуковая сигнализация.

Помещения, оборудованные АУАП, по возможности герметизируются. Должны быть приняты меры по ликвидации технологически не обоснованных проемов, против самооткрывания дверей вследствие избыточного давления. В системах воздухопроводов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений необходимо предусматривать воздушные затворы или противопожарные клапаны.

Электрооборудование и кабели, находящиеся в защищаемых помещениях, должны соответствовать требованиям ПУЭ.

Здания и сооружения, помещения которых оснащаются автоматическими установками аэрозольного пожаротушения, должны быть оборудованы молниезащитой в соответствии с РД 34. 21.122-87.

При пожаре необходимо предусматривать до включения АУАП автоматическое отключение систем вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования защищаемых помещений, а также закрытие воздушных затворов или противопожарных клапанов. При этом время их полного закрытия не должно превышать 30 с.

Для удаления аэрозоля после окончания работы АУАП необходимо использовать общеобменную вентиляцию помещений.

Допускается для этой цели применять передвижные вентиляционные установки.

2.3. Расчет и проектирование автоматических установок аэрозольного пожаротушения с электрическим пуском (АУАП-э)

Основные положения расчета параметров АУАП-э и требования к ее элементам приведены в НПБ 21-98.

Расчет параметров АУАП-э

Расчет основных параметров АУАП-э включает:

- 1) определение суммарной массы заряда АОС, обеспечивающей ликвидацию (тушение) пожара или его локализацию объемным способом;
- 2) выбор типа и определение необходимого количества ГОА;
- 3) определение необходимого алгоритма пуска ГОА;
- 4) определение уточненных параметров АУАП;
- 5) определение запаса ГОА;
- 6) поверочный расчет давления и/или температуры в защищаемом объеме при подаче огнетушащего аэрозоля АОС;
- 7) определение типов и необходимого количества пожарных извещателей;

8) определение типа и необходимого количества приборов и другого оборудования для контроля и управления элементами АУАП.

В расчетах используются терминология и обозначения, приведенные в прил. 2.

1. Суммарная масса заряда аэрозолеобразующего состава АОС, необходимая для тушения пожара или его локализации объемным способом в помещении заданного объема и негерметичности, определяется по формуле

$$M_{АОС} = K_1 K_2 K_3 K_4 q_n V, \text{ кг}, \quad (2.1)$$

где V - объем защищаемого помещения, м^3 ; q_n - нормативная величина огнетушащего удельного массового расхода для материала или вещества, находящегося в защищаемом помещении, для которого значение q_n является наибольшим (указывается в технической документации на ГОА), $\text{кг}/\text{м}^3$; K_1 - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения аэрозоля по высоте помещения; K_2 - коэффициент, учитывающий влияние негерметичности защищаемого помещения; K_3 - коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей в аварийном режиме эксплуатации; K_4 - коэффициент, учитывающий особенности тушения кабелей при различной их ориентации в пространстве.

1.1. Коэффициенты уравнения (2.1) определяются следующим образом:

Коэффициент K_1 принимается равным:

$K_1 = 1,0$ при высоте помещения не более 3,0 м;

$K_1 = 1,15$ при 3,0-5,0 м;

$K_1 = 1,25$ при 5,0-8,0 м;

$K_1 = 1,4$ при 8,0-10 м.

Коэффициент K_2 определяется по формуле

$$K_2 = 1 + U^* t_d, \quad (2.2)$$

где U^* - относительная интенсивность подачи аэрозоля при данных значениях параметра негерметичности и параметра распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения, с^{-1} ; t_d - время ликвидации пламенного горения в защищаемом помещении, с.

Значение относительной интенсивности подачи аэрозоля U^* определяется по табл. 2.1 и зависит от параметра негерметичности δ (отношение величины общей площади открытых проемов к величине объема помещения, м^{-1}) и параметра распределения негерметичности по высоте защищаемого помещения ψ (отношение площадей проемов в верхней и нижней зонах объема, %).

Значение t_d определено опытным путем и составляет 5 с.

Коэффициент K_3 принимается равным:

$K_3 = 1,5$ - для кабельных сооружений;

$K_3 = 1,0$ - для других сооружений.

Коэффициент K_4 принимается равным:

$K_4 = 1,15$ - при расположении продольной оси кабельного сооружения под углом более 45° к горизонту (вертикальные, наклонные кабельные коллекторы, туннели, коридоры и кабельные шахты);

$K_4 = 1,0$ - в остальных случаях.

1.2. При определении расчетного объема защищаемого помещения V объем оборудования, размещаемого в нем, из общего объема не вычитается.

1.3. При наличии данных натурных испытаний в защищаемом помещении по тушению горючих материалов конкретными типами ГОА, проведенных по методике, согласованной с ВНИИПО, суммарная масса зарядов АОС для защиты заданного объема помещения может определяться с учетом результатов испытаний.

2. Определение необходимого общего количества ГОА в АУАП.

2.1. Общее количество ГОА $N_{\text{ГОА}}$ должно определяться следующим условием:

сумма масс зарядов АОС всех ГОА, входящих в АУАП, должна быть не меньше суммарной массы зарядов АОС, вычисленной по формуле

$$m_{\text{ГОА1}} N_{\text{ГОА1}} + \dots + m_{\text{ГОАn}} N_{\text{ГОАn}} = M_{\text{АОС}}, \text{ кг.} \quad (2.3)$$

Таблица 2.1

Относительная интенсивность подачи огнетушащего аэрозоля АОС в защищаемое помещение U^* , с⁻¹, при различном расположении отверстия (негерметичности)

δ , м ⁻¹	От- верстие посере- дине	ψ , %											
		0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
0,005	0,016	0,01	0,011	0,015	0,024	0,035	0,047	0,053	0,059	0,05	0,041	0,031	0,02
0,01	0,03	0,015	0,016	0,025	0,046	0,067	0,087	0,104	0,108	0,093	0,076	0,058	0,038
0,02	0,056	0,024	0,025	0,044	0,086	0,122	0,155	0,183	0,187	0,163	0,135	0,105	0,071
0,03	0,078	0,032	0,035	0,064	0,121	0,168	0,209	0,242	0,247	0,218	0,182	0,145	0,1
0,04	0,098	0,041	0,044	0,082	0,153	0,208	0,253	0,289	0,293	0,262	0,221	0,178	0,125
0,05	0,115	0,05	0,053	0,1	0,182	0,242	0,29	0,327	0,331	0,298	0,253	0,206	0,147
0,075	0,149	0,067	0,076	0,141	0,242	0,309	0,359	0,396	0,399	0,366	0,314	0,262	0,192
0,1	0,176	0,083	0,098	0,177	0,29	0,358	0,408	0,442	0,445	0,412	0,357	0,303	0,227
0,125	0,197	0,097	0,119	0,208	0,329	0,397	0,444	0,476	0,478	0,446	0,389	0,334	0,254
0,15	0,214	0,111	0,139	0,237	0,361	0,427	0,472	0,502	0,503	0,472	0,413	0,359	0,277
0,0175	0,229	0,125	0,157	0,262	0,389	0,452	0,495	0,522	0,523	0,493	0,433	0,379	0,296
0,2	0,241	0,137	0,174	0,285	0,412	0,473	0,513	0,537	0,538	0,511	0,449	0,396	0,312

2.2. При наличии в АУАП однотипных генераторов общее количество ГОА должно определяться по формуле

$$N_{ГОА} = M_{АОС} / m_{ГОА}, \text{ шт.} \quad (2.4)$$

Полученное дробное значение $N_{ГОА}$ округляется в большую сторону до целого числа.

2.3. Рекомендуется общее количество ГОА $N_{ГОА}$ откорректировать в сторону увеличения с учетом вероятности срабатывания применяемых ГОА для обеспечения заданной надежности АУАП.

3. Определение алгоритма пуска ГОА.

3.1. Пуск генераторов может производиться одновременно (одной группой) или, с целью снижения избыточного давления в помещении, несколькими группами.

Количество генераторов в группе n_i определяется из условия соблюдения требований, приведенных в пп. 3.2 и 3.3.

3.2. Во время работы каждой группы ГОА относительная интенсивность подачи аэрозоля должна удовлетворять условию $U \geq U^*$ (см. п. 1.1.2).

3.3. Избыточное давление в течение всего времени работы АУАП (см. ниже расчет избыточного давления) не должно превышать предельно допустимого давления в помещении (с учетом остекления).

Если требования п. 3.2 или п. 3.3 выполнить не представляется возможным, то применение АУАП в данном случае не допускается.

Количество групп ГОА определяется из условия, чтобы общее количество ГОА в АУАП было не меньше значения, определенного по пп. 2.1, 2.2, 2.3.

4. Определение уточненных параметров АУАП.

4.1. Параметры АУАП после определения количества групп ГОА и количества ГОА в группе n_i подлежат уточнению по формулам

$$N^* = \sum \sum n_i \geq N; \quad (2.5)$$

$$M^*_{АОС} = \sum \sum m_{ГОА_i} \geq M_{АОС}; \quad (2.6)$$

$$t^* = \sum t_{сп_i}. \quad (2.7)$$

Во избежание роста давления в помещении выше предельно допустимого необходимо провести его поверочный расчет при использовании АУАП с уточненными параметрами на избыточное давление в помещении.

Если полученное в результате поверочного расчета давление превысит предельно допустимое, то необходимо увеличить время работы АУАП, что может быть достигнуто увеличением количества групп ГОА при соответствующем уменьшении количества ГОА в группе (n_i) и/или применением ГОА с более длительным временем работы. Далее необходимо провести расчет уточненных параметров АУАП.

5. Определение запаса ГОА.

При защите отдельного помещения запас ГОА определяется из расчета 100 % замены ГОА каждого типа, входящих в состав АУАП.

При защите нескольких помещений в одном здании или находящихся в ведении одной организации (предприятия) запас ГОА определяется из расчета не менее 100 % замены ГОА каждого типа в помещении, где установлено наибольшее их количество.

Допускается не иметь запас ГОА на защищаемом объекте при его наличии на складе организации, осуществляющей поставку ГОА или сервисное обслуживание АУАП на данном объекте на основании действующего договора.

6. Расчет избыточного давления при подаче огнетушащего аэрозоля в объем защищаемого помещения.

Ниже приведена методика расчета давления в соответствии с указаниями НПБ 21-98.

Расчет величины избыточного давления ΔP при подаче АОС в условно-герметичное помещение определяется по формуле

$$\Delta P = (0,265Q M_{АОС}/S t_a) \{1 - \exp(-0,0114 F/V)\}, \text{ кПа}, \quad (2.8)$$

где Q - удельное тепловыделение при работе ГОА (удельная теплота горения заряда АОС), кДж/кг; $M_{АОС}$ - суммарная масса заряда АОС в ГОА; t_a - время работы ГОА (подачи аэрозоля), с; F - суммарная площадь всех ограждающих кон-

струкций защищаемого помещения (пола, потолка, стен), m^2 ;
 V - объем защищаемого помещения, m^3 .

Избыточное давление ΔP в негерметичных помещениях определяется по формулам:

$$\Delta P = 20A^{1,7}, \text{ кПа} \quad \text{при } 0,01 \leq A \leq 1,2; \quad (2.9)$$

$$\Delta P = 32A^{0,2}, \text{ кПа} \quad \text{при } A > 1,2, \quad (2.10)$$

где A - характеристический параметр.

Параметр A определяется выражением

$$A = 1,13 \cdot 10^{-8} - (1 - 4,4 \cdot 10^{-3} F t_0 / V) (Q J / \delta), \quad (2.11)$$

где J - интенсивность подачи аэрозоля, $кг/м^3 \text{ с}$; δ - параметр негерметичности защищаемого объема (отношение суммарной площади постоянно открытых проемов к объему защищаемого помещения), m^{-1} .

Если параметр $A < 0,01$, расчет давления не проводится и считается, что установка АУАП удовлетворяет условию $\Delta P < \Delta P_{пред}$.

Проектирование АУАП

Автоматические установки аэрозольного пожаротушения для конкретных защищаемых объектов должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.046-91, НПБ 21-98, т. е. выполнять все функции, предусмотренные указанными нормативными документами.

Проектирование АУАП должно осуществляться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и проектной документацией, разработанной и утвержденной согласно СНиП 11-01-95, а также с учетом технической документации на элементы, входящие в состав АУАП.

Проектирование АУАП должно осуществляться специализированными организациями, имеющими лицензию соответствующего органа управления ГПС МВД России на данный вид деятельности в области пожарной безопасности, выданную в установленном порядке.

Оборудование, подлежащее к использованию в составе АУАП, должно быть сертифицировано в установленном порядке и должно иметь техническую и эксплуатационную документацию, а также паспорта или иные документы, удосто-

веряющие качество материалов, изделий и оборудования, примененных при производстве монтажных работ.

Конструктивные решения и исполнение различного оборудования, входящего в состав АУАП, выбираемые при проектировании, должны отвечать требованиям соответствующих норм пожарной безопасности, ПУЭ, строительных норм и правил, других действующих нормативных документов.

Основным способом приведения в действие АУАП должен быть автоматический электрический пуск ГОА в соответствии с предусмотренным проектной документацией алгоритмом их пуска, с применением дублирующего дистанционного ручного пуска по указанному алгоритму.

АУАП должна включать в себя:

пожарные извещатели (ПИ) или иные устройства обнаружения пожара;

приборы и устройства контроля и управления АУАП и ее элементами (ПКУ);

устройства, обеспечивающие электропитанием АУАП и ее элементы;

шлейфы пожарной сигнализации, а также электрические цепи питания, управления и контроля АУАП и ее элементов;

генераторы огнетушащего аэрозоля;

устройства, формирующие и выдающие командные импульсы на отключение систем вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления и технологического оборудования в защищаемом помещении, на закрытие противопожарных клапанов, заслонок вентиляционных коробов и т.п.;

устройства оповещения о пуске АУАП;

устройства сигнализации о закрытии дверей (и/или других проемов) в защищаемом помещении;

устройства звуковой и световой (или иной оптической) сигнализации и оповещения о срабатывании АУАП и наличии в помещении огнетушащего аэрозоля.

Расположение ГОА в защищаемых помещениях должно исключать возможность воздействия высокотемпературных зон каждого ГОА:

на персонал, находящийся в защищаемом помещении или имеющий доступ в него (зона с температурой более 75 °С);

на хранящиеся или обращающиеся в защищаемом помещении сгораемые вещества и материалы, а также сгораемое оборудование (зона с температурой более 200 °С);

на другое оборудование (зона с температурой более 400 °С).

Данные о размерах опасных высокотемпературных зон ГОА необходимо брать из технической документации на используемый тип ГОА, информации изготовителя ГОА, других официальных источников информации.

При необходимости следует предусматривать соответствующие конструктивные мероприятия (защитные экраны, ограждения и т. п.) с целью исключить контакт персонала в помещении, а также сгораемых материалов и оборудования с опасными высокотемпературными зонами ГОА.

В местах размещения ГОА, где имеется опасность их механического повреждения, должны быть ограждения.

Установка ГОА должна обеспечивать равномерное заполнение огнетушащим аэрозолем всего объема защищаемого помещения с учетом вышеуказанных особенностей работы генераторов и следующих положений:

в помещениях высотой менее 4 м ГОА следует устанавливать в один ярус, более 4 м - в два яруса и более. Расстояния между генераторами в каждом ярусе должны обеспечивать равномерное заполнение помещения огнетушащим аэрозолем (допускается перехлестывание струй рядом расположенных ГОА);

размещать ГОА необходимо таким образом, чтобы исключить попадание аэрозольной струи в створ постоянно открытых проемов в ограждающих конструкциях помещения.

АУАП должна обеспечивать задержку выпуска огнетушащего аэрозоля в защищаемое помещение на время, необходимое для эвакуации людей после подачи звукового и светового сигналов оповещения о пуске ГОА установки пожаротушения, а также полной остановки вентиляционного оборудования, закрытия воздушных заслонок, противопожарных клапанов и др., но не менее 30 с. Время, необходимое

для эвакуации людей из защищаемого помещения, определяется в соответствии с ГОСТ 12.1.004-90.

ГОА следует размещать на поверхности ограждающих конструкций, опорах, колоннах, специальных стойках и т. п., изготовленных из несгораемых материалов. Могут быть предусмотрены специальные плиты (кронштейны) из несгораемых материалов под крепление ГОА с учетом требований безопасности, изложенных в технической документации на конкретный тип ГОА.

Расположение ГОА в защищаемых помещениях должно позволять визуально контролировать целостность их корпуса, клемм для подключения цепей пуска генераторов и заменять неисправный генератор новым.

При проектировании АУАП необходимо применять устройства контроля и управления, предусматривающие функцию контроля цепи пуска каждого ГОА. Допускается контроль цепи пуска каждого ГОА только на обрыв.

Устройство управления АУАП должно предусматривать отключение напряжения в электрических цепях управления пуском ГОА после осуществления их пуска.

Средства электроуправления АУАП должны обеспечивать:
 дистанционный (автоматический и ручной) пуск установки;
 отключение и восстановление режима автоматического пуска;
 автоматическое переключение электропитания с основного источника на резервный при отключении напряжения на основном источнике с последующим переключением на основной источник электропитания при восстановлении на нем напряжения;

контроль световой и звуковой сигнализации;
 задержку пуска ГОА не менее чем на 30 с;
 формирование командного импульса для управления технологическим и электротехническим оборудованием объекта, системами оповещения о пожаре, дымоудаления, подпора воздуха, а также для отключения вентиляции, кондиционирования, воздушного отопления;

автоматическое или ручное отключение звуковой и световой сигнализации о пожаре, о срабатывании и повреждении установки;

трансляцию на пожарный пост или в помещение, где находится персонал, осуществляющий круглосуточное дежурство, сигналов о срабатывании АУАП (для каждого защищаемого помещения), о неисправности установки (отсутствие напряжения питания, обрыв цепей пуска ГОА), об отключении автоматического пуска (о переводе АУАП в режим дистанционного ручного пуска).

Местный пуск АУАП не допускается.

Формирование командного импульса автоматического пуска АУАП необходимо осуществлять при срабатывании двух автоматических пожарных извещателей в двух шлейфах пожарной сигнализации по логической схеме И. При использовании систем с автоматической диагностикой состояния пожарных извещателей допускается формирование командного импульса от двух извещателей одного шлейфа.

Допускается также формирование командного импульса автоматического пуска АУАП при срабатывании двух автоматических пожарных извещателей по логической схеме И, включенных в один шлейф адресной системы (установки) пожарной сигнализации, соответствующей требованиям НПБ 58-96.

При срабатывании АУАП возможно проникновение огнетушащего аэрозоля в другие помещения здания (сооружения), что может стать источником ложных срабатываний дымовых извещателей. В этом случае формирование командного импульса автоматического пуска установок пожаротушения рекомендуется осуществлять от двух пожарных извещателей, реагирующих на различные факторы пожара (дым и тепло, дым и пламя и т. п.).

Устройства дистанционного пуска следует устанавливать у эвакуационных выходов снаружи защищаемого помещения или помещения, к которому относятся защищаемые каналы, подполье, пространство за подвесным потолком. Допускается размещение устройств дистанционного пуска в помещении дежурного персонала при обязательной индикации режима

работы АУАП. Устройства дистанционного пуска установок должны быть защищены в соответствии с ГОСТ 12.4.009-83. При открывании дверей (ворот) в защищаемое помещение АУАП должна обеспечивать блокировку автоматического пуска установки с индикацией заблокированного состояния.

Устройства восстановления режима автоматического пуска АУАП следует устанавливать в помещении дежурного персонала. При наличии защиты от несанкционированного доступа к устройствам восстановления режима автоматического пуска АУАП эти устройства могут быть установлены у входов в защищаемые помещения.

Оборудование АУАП должно обеспечивать автоматический контроль:

шлейфов пожарной сигнализации по всей их длине;
целостности электрических пусковых цепей (на обрыв);
световой и звуковой сигнализации (по вызову).

В помещениях, защищаемых АУАП, и перед входами в них должна предусматриваться сигнализация в соответствии с ГОСТ 12.4.009-83.

Аналогичной сигнализацией должны быть оборудованы смежные помещения, имеющие выход только через защищаемые помещения, а также помещения с защищаемыми каналами, подполья и пространством за подвесным потолком. При этом устанавливаются общие для защищаемого помещения и его локальных пространств (каналов, подполья, за подвесным потолком) световые табло "Аэрозоль - уходи!", "Аэрозоль - не входить!" и устройство предупредительной звуковой сигнализации, и общие - для локальных пространств.

Допускается применение табло "Газ - уходи!", "Газ - не входить!".

У входов в защищаемое помещение или помещение, к которому относится защищаемый канал, подполье или пространство за подвесным потолком, необходимо предусматривать световую индикацию режима работы АУАП:

о срабатывании в этом помещении АУАП;
об отключении автоматического пуска АУАП.

В помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство (пожарный пост или другое помещение), должна быть предусмотрена световая и звуковая сигнализация:

- о возникновении пожара с расшифровкой по направлениям;

- срабатывании АУАП;

- об исчезновении напряжения основного и резервного источников питания;

- о неисправности АУАП с расшифровкой по направлениям.

Звуковые сигналы о пожаре и срабатывании установки должны отличаться тональностью от сигналов о неисправности.

В помещении с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, должна быть предусмотрена только световая сигнализация:

- о режиме работы АУАП;

- об отключении звуковой сигнализации о пожаре;

- отключении звуковой сигнализации о неисправности.

АУАП должны относиться к потребителям электроэнергии 1 категории надежности электроснабжения согласно ПУЭ.

При отсутствии второго резервного ввода допускается использование автономных источников питания, обеспечивающих работоспособность АУАП не менее 24 ч в дежурном режиме и не менее 30 мин в режиме пожара.

Электрические цепи управления пуском ГОА не должны иметь электрических соединений с заземляющей или нулевой шиной (контуром) объекта (здания, сооружения), арматурой или элементами металлоконструкций здания (сооружения).

Запрещается использовать в качестве одного из проводников линии управления пуском ГОА заземляющий контур (шину), арматуру или элементы металлоконструкций здания (сооружения).

Электрические цепи управления ГОА следует прокладывать таким образом, чтобы исключить возможность их повреждения в результате воздействия высокой температуры при развитии пожара и срабатывания генераторов АУАП.

Защиту электрических цепей необходимо выполнять в соответствии с ПУЭ.

Не допускается устройство тепловой и максимальной защиты в цепях управления, отключение которых может привести к отказу подачи огнетушащего аэрозоля в защищаемое помещение.

Заземление и зануление оборудования АУАП должно выполняться согласно ПУЭ и требованиям ТД на оборудование.

Выбор проводов и кабелей, а также способов их прокладки должен соответствовать требованиям ПУЭ, СНиП 3.05.05-84, СНиП 2.04.09-84 и техническим характеристикам кабельно-проводниковой продукции.

Выбор и размещение пожарных извещателей в защищаемом помещении следует осуществлять в соответствии с требованиями (положениями) СНиП 2.04.09-84, других нормативных документов на проектирование установок пожарной сигнализации, утвержденных и введенных в установленном порядке.

Помещения пожарного поста или другие помещения с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство, должны соответствовать требованиям раздела 4 СНиП 2.04.09-84.

Рассмотрение и согласование проекта на АУАП-э.
В соответствии с "Соглашением о взаимодействии и разграничении компетенции по вопросам лицензирования строительной деятельности в области пожарной безопасности между Госстроем России и МВД России" заключение органов ГПС выдается на документацию на все вновь проектируемые автоматические установки тушения пожаров.

Для рассмотрения и согласования проектов АУАП проектная организация представляет в территориальный орган ГПС следующие материалы:

сопроводительное письмо;

лицензию на выполнение проектно-монтажных работ по созданию новых видов противопожарной защиты;

комплект проектной документации на АУАП.

Проектная документация должна быть оформлена в установленном порядке, подписана главным инженером (руководителем), авторами проекта и иметь архивные номера.

Комплект проектной документации на автоматическую установку аэрозольного пожаротушения (АУАП), представляемый на согласование органам ГПН, должен, как минимум, содержать:

задание на проектирование;

проектно-сметную документацию на стадии проекта (рабочего проекта) и рабочей документации.

Задание на проектирование должно быть изложено и оформлено в соответствии с РД 25.952-90 "Системы автоматического пожаротушения, пожарной охранной и охранно-пожарной сигнализации. Порядок разработки заданий на проектирование". Задание на проектирование должно быть согласовано с территориальными органами ГПС МВД России.

Задание на проектирование должно содержать следующие разделы:

общие сведения;

технические требования к проектируемой системе;

исходные данные для проектирования;

данные для составления сметной документации;

перечень документации, представляемой организацией-разработчиком организации-заказчику.

В разделе "Общие сведения" указывают:

заказчика проекта;

основание для проектирования;

вид строительства (новое, реконструкция, техническое перевооружение, расширение);

генеральную проектную организацию;

срок проектирования (начало, конец);

стадийность проектирования: проект, рабочий проект, рабочая документация;

перечень нормативных, ведомственных и прочих документов, которыми следует руководствоваться при строительстве;

особые условия строительства;

прочие сведения.

В разделе "Технические требования к проектируемой системе" указывают:

место расположения приемно-контрольной аппаратуры;

перечень оборудования, которое необходимо применить при проектировании, и его характеристики;

тип установки пожаротушения (модульная, централизованная и т. д.);

ОТВ (огнетушащее вещество), используемое в установке пожаротушения (АОС-ГОА для АУАП);

способ тушения (объемный, локальный и т.д.);

требуемые показатели надежности АУАП;

количество помещений, в которых возможно одновременное возникновение пожара;

требования к запасу и резерву ОТВ (АОС-ГОА);

требования к электроуправлению, сигнализации, электрообеспечению.

В разделе "Исходные данные для проектирования" указывают:

перечень чертежей, необходимых для проектирования АУАП (выкопировка из генплана, с указанием защищаемых помещений, помещений для размещения оборудования и т. д.);

чертежи:

архитектурно-строительные;

вентиляции и отопления с указанием размеров венткоробов;

электроосвещения с указанием расположения светильников;

с нанесением ориентировочных трасс прокладки трубопроводов и кабелей;

фальшполов и подвесных потолков;

технологического оборудования, подлежащего защите, инженерных коммуникаций;

помещений для приемно-контрольных приборов системы;

генерального плана площадки с нанесением инженерных сетей;

прочие;

перечень документов, на основании которых производится проектирование (НПБ, предписания органов ГПН, акты обследований и т. д.);

характеристики защищаемых помещений (площадь, высота и объем помещения, категория по НПБ 105-95, класс взрывопожароопасности по ПУЭ, относительная влажность, скорость воздушных потоков, пределы температур эксплуатации, степень огнестойкости строительных конструкций, тип вентиляции, наличие вибрации, запыленности, наличие дыма, агрессивных сред);

характеристика пожароопасных материалов (наименование, вид хранения, общее количество, вид упаковки, возможность пролива ЛВЖ, пожарная нагрузка);

требование к системе пожаротушения: первичный признак пожара, тип системы пожаротушения, тип извещателя, способ тушения, огнетушащее вещество);

краткое описание технологического процесса, оборудования, подлежащего защите;

дополнительные условия.

Состав проектно-сметной документации на проектирование АУАП должен соответствовать ОСТ 251271-87 "Установки автоматические пожаротушения, пожарной, охранной и охранно-пожарной сигнализации. Состав проектно-сметной документации на стадиях: проект, рабочий проект, рабочая документация" и другим действующим в настоящее время нормативным документам.

3. МОНТАЖ, ПРИЕМКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АУАП-э

3.1. Общие технические требования

АУАП-э должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.3.046-91 и выполнять все функции, предусмотренные указанным стандартом.

Монтаж, обкатка, сдача в эксплуатацию и эксплуатационное обслуживание АУАП должны осуществляться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и проектной документацией, разработанной и утвержденной согласно СНиП 11-01-95, а также с учетом технической документации на элементы, входящие в состав АУАП.

Монтаж, обкатка, сдача в эксплуатацию и эксплуатационное обслуживание АУАП должны осуществляться специализированными организациями, имеющими лицензию соответствующего органа управления ГПС МВД России на данный вид (виды) деятельности в области пожарной безопасности, выданную в установленном порядке.

Оборудование, подлежащее монтажу и сдаче в эксплуатацию в составе АУАП, должно быть сертифицировано в установленном порядке и должно иметь техническую и эксплуатационную документацию, а также паспорта или иные документы, удостоверяющие качество материалов, изделий и оборудования, примененных при производстве монтажных работ.

Конструктивные решения и исполнение различного оборудования, входящего в состав АУАП, определяются проектом и должны отвечать требованиям соответствующих норм пожарной безопасности, ПУЭ, строительных норм и правил, других действующих нормативных документов.

АУАП допускается к эксплуатации после ее монтажа, регулирования, комплексной проверки и обкатки, выполненных в соответствии с ППБ 01-93, ВСН-25.09.67, проектом и эксплуатационными документами по ГОСТ 2.601-95, требованиями других действующих стандартов, норм и правил.

Перед сдачей в эксплуатацию, в процессе комплексной проверки АУАП должна подвергаться обкатке не менее месяца. При этом должна производиться регистрация - автоматическим устройством или в специальном журнале учета дежурным персоналом (с круглосуточным пребыванием на объекте) - всех случаев ложного срабатывания системы пожарной сигнализации и управления автоматическим пуском АУАП, с последующим анализом их причин.

При отсутствии за этот период ложных срабатываний или иных функциональных нарушений АУАП установка переводится в автоматический режим работы.

Если за период обкатки АУАП происходили функциональные нарушения (сбои), их причины не были выяснены и устранены, АУАП подлежит повторному регулированию и комплексной проверке, включая повторную обкатку.

Работоспособность АУАП при комплексной проверке оценивается измерением сигналов, снимаемых с контрольных точек основных функциональных узлов извещателей и вторичных приборов по схемам, приведенным в ТД. При этом в качестве нагрузки на линии пуска могут быть использованы имитаторы ГОА, электрические характеристики которых должны соответствовать характеристикам устройств пуска ГОА.

Сдача смонтированной АУАП в эксплуатацию производится по результатам комплексной проверки и обкатки, при этом должно быть составлено заключение (акт) комиссии, определяющее техническое состояние, работоспособность и возможность ввода в эксплуатацию АУАП.

В состав комиссии по приемке в эксплуатацию АУАП должны входить представители администрации объекта, территориальных (местных) органов управления ГПС, организаций, выполнявших проект, монтаж и комплексную проверку установки.

Техническое обслуживание АУАП должно проводиться в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и проектной документацией, разработанной и утвержденной согласно СНиП 11-01-95, с учетом технической документации на элементы, входящие в состав АУАП в объеме и сроки, установленные специальными графиками, но не реже одного раза в квартал.

Основной способ приведения в действие АУАП - автоматический электрический пуск ГОА в соответствии с предусмотренным проектной документацией алгоритмом их пуска, с применением дублирующего дистанционного ручного пуска по указанному алгоритму.

Расположение ГОА в защищаемых помещениях должно обеспечивать возможность визуального контроля целостности их корпуса, клемм для подключения цепей пуска генераторов и возможность замены неисправного генератора новым.

Контроль выполнения проектных решений при приемке АУАП в эксплуатацию.

Приемка АУАП в эксплуатацию должна осуществляться рабочей комиссией, назначенной приказом руководителя предприятия (организации)-заказчика.

В состав рабочей комиссии включают представителя заказчика (председатель комиссии), генподрядчика, проектной, монтажной и пусконаладочной организаций и организации, осуществляющей ТО и Р, а также представителя органов ГПН.

Участие представителей органов ГПН в составе государственных, ведомственных приемочных комиссий является обязательным. К участию в работе комиссий помимо официального представителя органов ГПН могут привлекаться работники государственного пожарного надзора, осуществляющие контроль в ходе строительства и дальнейшей эксплуатации объекта (пп. 2, 4 НПБ 05-93).

Работа комиссии проводится по программе приемочных испытаний, согласованной территориальным органом ГПС и утвержденной заказчиком.

Программа приемочных испытаний должна включать:
основные характеристики объекта испытаний;
цель испытаний;

состав приемочной комиссии;
 объем испытаний и проверок;
 материально-техническое обеспечение испытаний;
 требование безопасности;
 методику испытаний;
 критерии оценки результатов испытаний.

При сдаче АУАП в эксплуатацию монтажная и наладочная организации должны представить:

лицензию на монтаж, наладку, ремонт и техническое обслуживание оборудования и систем противопожарной защиты или на выполнение работ по монтажу и наладке систем противопожарной защиты на действующих объектах;

исполнительную документацию (комплект рабочих чертежей с внесенными в них изменениями);

сертификаты, технические паспорта или другие документы, удостоверяющие качество материалов, изделий и оборудования, примененных при производстве монтажных работ;

акт передачи оборудования, изделий и материалов в монтаж;

акт готовности зданий, сооружений к производству монтажных работ;

акт об окончании монтажных работ;

акт о выявленных дефектах приборов, оборудования и агрегатов автоматической установки пожаротушения;

акт измерения сопротивления изоляции электропроводок;

акт освидетельствования скрытых работ;

протокол испытания на герметичность разделительных уплотнений защитных трубопроводов для электропроводок во взрывоопасных зонах;

акт об окончании пусконаладочных работ (представляется в том случае, если монтажная организация выполняла только монтаж АУАП);

акт проведения индивидуальных испытаний АУАП;

ведомость смонтированных приборов и оборудования автоматической установки пожаротушения.

Рабочая комиссия должна:

проверить качество и соответствие выполненных монтажно-наладочных работ проектной документации, СНиП,

ПУЭ, НПБ, технической документации предприятий изготовителей;

провести комплексные испытания автоматической установки пожаротушения в соответствии с программой приемочных испытаний.

После проведения комплексных испытаний составляется акт. При обнаружении рабочей комиссией несоответствия выполненным монтажно-наладочным работам проекту, требованиям нормативной документации составляется протокол выявленных недостатков с указанием сроков их устранения и ответственных за это организаций.

После устранения указанных в протоколе недостатков монтажно-наладочная организация должна вновь предъявить установку к сдаче.

Контроль соблюдения норм, правил и требований пожарной безопасности при эксплуатации АУАП.

Ответственность за организацию эксплуатации АУАП возлагается на руководителей объектов, которые защищены средствами пожарной автоматики.

Необходимая документация на АУАП. На предприятии (организации), на объектах которого смонтирована, принята и эксплуатируется АУАП, должен быть издан приказ (распоряжение), назначающий следующий персонал:

лицо, ответственное за эксплуатацию установки;

оперативный (дежурный) персонал для круглосуточного контроля за работоспособным состоянием установок.

Лицо, ответственное за эксплуатацию АУАП, должно своевременно информировать местные органы ГПС об отказах и срабатывании установок.

На каждую АУАП для лиц, ответственных за эксплуатацию установки, и для персонала, обслуживающего эту установку, должны быть разработаны инструкции по эксплуатации с учетом специфики защищаемых помещений, утвержденные руководством предприятия и согласованные с организацией, осуществляющей техническое обслуживание и ремонт (ТО и Р) АУАП.

Оперативный (дежурный) персонал должен иметь и заполнять "Журнал учета неисправностей установки"

Предприятие, осуществляющее ТО и Р АУАП, должно иметь лицензию ГПС на монтаж, наладку, ремонт и техническое обслуживание оборудования и систем противопожарной защиты.

Допускается проведение ТО и Р специалистами объекта, имеющими соответствующую квалификацию. Порядок проведения работ по ТО и Р должен соответствовать РД 25964-90.

Между эксплуатирующей организацией и предприятием, осуществляющим ТО и Р, должен быть заключен и действовать "Договор на техническое обслуживание и ремонт автоматических установок пожаротушения".

В помещении диспетчерского пункта должна быть инструкция о порядке действия дежурного диспетчера при получении тревожных сигналов.

Принятию АУАП на ТО и Р должно предшествовать первичное обследование установки с целью определения ее технического состояния.

Первичное обследование АУАП должно проводиться комиссией, в состав которой входит представитель органов ГПН.

По результатам обследования АУАП должны быть составлены "Акт первичного обследования автоматических установок пожаротушения" и "Акт на выполненные работы по первичному обследованию автоматических установок пожаротушения".

На установку, принятую на ТО и Р, после заключения договора должны быть заполнены следующие документы:

- 1) паспорт автоматической установки пожаротушения;
- 2) журнал регистрации работ по техническому обслуживанию и ремонту автоматических установок пожаротушения;

В журнале регистрации работ по ТО и Р должны быть зафиксированы все работы, в том числе по контролю качества. Один экземпляр журнала должен храниться у лица, ответственного за эксплуатацию установки, второй - в организации, осуществляющей ТО и Р.

В журнале должно быть также зафиксировано проведение инструктажа по технике безопасности персонала, осуществляющего ТО и Р, лицом, ответственным за эксплуатацию установки.

Страницы журнала должны быть пронумерованы, прошнурованы и скреплены печатью организации, обслуживающей АУПТ и осуществляющей ТО и Р;

3) график проведения технического обслуживания и ремонта. Порядок ТО и ремонта АУП, а также срок устранения отказа установок должны соответствовать РД 25 964-90. Перечень и периодичность работ по техническому обслуживанию должны соответствовать типовым регламентам технического обслуживания АУП;

4) перечень технических средств АУАП, подлежащих ТО и Р.

5) технические требования, определяющие параметры работоспособности АУАП.

На предприятии должна быть в наличии следующая техническая документация:

акт первичного обследования АУАП;

акт на выполненные работы по первичному обследованию АУАП;

договор на ТО и Р;

график проведения ТО и Р;

технические требования, определяющие параметры работоспособности АУАП;

перечень технических средств, входящих в АУАП и подлежащих ТО и Р;

журнал учета вызовов;

акт технического освидетельствования АУАП;

проект на АУАП;

паспорта, сертификаты на оборудование и приборы;

ведомость смонтированного оборудования, узлов, приборов и средств автоматизации;

инструкция по эксплуатации установки;

журнал регистрации работ по ТО и Р;

график дежурств оперативного (дежурного) персонала;

журнал сдачи приемки дежурства оперативным персоналом.

Вся необходимая документация на АУАП (или ее копии) должна находиться у лица, ответственного за эксплуатацию АУАП.

Особенности контроля установок аэрозольного пожаротушения во время эксплуатации.

При обследовании объектов, защищенных АУАП, необходимо обратить внимание на соблюдение следующих нормативных требований:

1) требования регламента технического обслуживания на обследуемую АУАП должны быть не ниже требований типового регламента технического обслуживания установок аэрозольного пожаротушения;

2) если в месте установки ГОА есть опасность их механического повреждения, то они должны быть ограждены;

3) места установки ГОА и их ориентация в пространстве должны соответствовать проекту;

4) на ГОА должны быть пломбы или другие устройства, подтверждающие их целостность;

5) пожарная нагрузка помещения, защищаемого АУАП, его негерметичность и геометрические размеры должны соответствовать проекту;

6) на поверхности ГОА и в зоне воздействия высокотемпературной аэрозольной струи не должно быть горючих материалов;

7) электропровода, предназначенные для подачи электрического импульса на устройство пуска ГОА, должны быть проложены и защищены от тепловых и других воздействий в соответствии с проектом;

8) запас ГОА должен соответствовать проекту;

9) в защищаемом помещении и в помещении дежурного поста должна быть в исправном состоянии световая и звуковая сигнализация;

10) в защищаемом помещении должна быть инструкция для обслуживающего персонала о действиях при срабатывании установки аэрозольного пожаротушения.

3.2. Общие требования безопасности

При проектировании, испытаниях, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте АУАП необходимо учитывать и соблюдать требования ГОСТ 2.601-95, ГОСТ 2.0.001-82,

ПУЭ, требований безопасности, изложенных в технической документации на ГОА и элементы АУАП, других действующих НТД, утвержденных и введенных в установленном порядке.

В проектах АУАП, а также в эксплуатационных документах должны быть предусмотрены мероприятия, исключающие несанкционированный пуск установок пожаротушения, воздействие опасных факторов работы ГОА на персонал (токсичности огнетушащего аэрозоля, высокой температуры аэрозольной струи и корпуса ГОА, потери видимости) и предусматривающие защиту от них.

Места, где проводятся испытания и ремонтные работы АУАП, должны быть оборудованы предупреждающими знаками со смысловым значением "Осторожно! Прочие опасности" по ГОСТ 12.4.026-76 и поясняющей надписью "Идут испытания!", "Ремонт", а также иметь вывешенные инструкции и правила безопасности. О начале и окончании испытаний и ремонтных работ АУАП необходимо сообщить на пожарный пост объекта или в территориальные органы управления ГПС.

Входить в помещение после выпуска в него огнетушащего аэрозоля до момента окончания проветривания разрешается только после окончания работы АУАП - в средствах защиты органов дыхания, предусмотренных технической документацией на ГОА.

К работе с АУАП должны допускаться лица не моложе 18 лет, изучившие устройство, принцип действия и инструкцию по эксплуатации АУАП, прошедшие специальный инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций по эксплуатации АУАП в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе согласно ГОСТ 12.0.004-90.

За каждой АУАП должно быть закреплено лицо, ответственное за ее сохранность, работоспособность и соблюдение техники безопасности.

При монтаже, наладке, эксплуатации и ремонте АУАП необходимо соблюдать правила хранения, транспортирования и утилизации элементов, входящих в АУАП и указанных в эксплуатационных документах.

Литература

1. *Баратов А.Н., Иванов Е.Н.* Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. - М.: Химия, 1979. - 368 с.

2. *Вайсман М.Н., Пустынников С.С.* Проблемы применения хладонов в пожаротушении // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях: Реф. сб. - М.: ВИНТИ, 1990. - Вып. 3. - С. 60-81.

3. Halon alternatives consortium // Fire Chief. - 1989. - Vol. 33, №8. - P. 10.

4. *Востряков В.И.* Судовые системы объемного тушения пожаров: Обзорная информ. - М.: РИЦ МВД СССР, 1990. - 42 с.

5. Проблемы и перспективы совершенствования средств объемного пожаротушения / *Вайсман М.Н., Агафонов В.В., Николаев В.М.* и др. // Вопросы горения и тушения полимеров: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИПО, 1992. - С. 24-30.

6. Поиск альтернативы хладонам в пожаротушении / *Вайсман М.Н., Еремин В.И., Агафонов В.В., Копылов Н.П.* // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях: Реф. сб. - М.: ВИНТИ, 1992. - Вып. 1. - С. 73-99.

7. *Profeld H.* Die tener-soschdose. - Brandschutz. - 1982. - B. 36, № 12. - S. 379-380.

8. *Михайлов Ф.М.* Основы химического огнетушения. - М.: Гостранстехнадзор, 1938. - 276 с.

9. *Шрайбер Г., Порст П.* Огнетушащие средства. - М.: Стройиздат, 1975. - 240 с.

10. *Баратов А.Н., Вогман Л.П.* Огнетушащие порошковые составы. - М.: Стройиздат, 1982. - 72 с.

11. *Кожушков Н.П., Проницева Н.М., Водяник В.И.* Порошковые пламеподавляющие составы // Техника безопасности: Обзорная информ. - М.: НИИТЭХИМ, 1984. - 22 с.

12. Технические возможности и перспективы применения аэрозольных средств пожаротушения / *Копылов Н.П., Андреев В.А., Емельянов В.Н., Сидоров А.И.* // Пожаровзрывобезопасность. - 1995. - Т. 4, № 4. - С. 72-75.

13. *Баратов А.Н.* Проблемы современных средств и способов пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. - 1992. - Т. 1, № 2. - С. 56-60.

14. *Шидловский А.А.* Основы пиротехники. - М.: Машиностроение, 1973. - 284 с.

15. *Горст А.Г.* Пороха и взрывчатые вещества. - М.: Оборонгиз, 1949. - 223 с.

16. *Вейцер Ю.И., Лучинский Г.П.* Химия и физика маскирующих дымов. - М.: Оборонгиз, 1938. - 319 с.

17. Окислители гетерогенных конденсированных систем / *Силин Н.А., Ващенко В.А., Заринов Н.И.* и др. - М.: Машиностроение, 1978. - 456 с.

18. *Бахман Н.Н., Беляев А.Ф.* Горение гетерогенных конденсированных систем. - М.: Наука, 1967. - 227 с.

19. *Петров Г.С., Левин А.Н.* Термореактивные смолы и пластические массы. - М.: Госхимиздат, 1959. - 310 с.

20. *Андреев К.К.* Термическое разложение и горение взрывчатых веществ. - М.: Наука, 1966. - 345 с.

21. *Николаев А.Ф.* Синтетические полимеры и пластические массы на их основе. - М.-Л.: Химия, 1966. - 708 с.

22. *Похил П.Ф., Мальцев В.М., Зайцев В.М.* Методы исследования процессов горения и взрыва. - М.: Наука, 1969. - 302 с.

23. *Архипов В.А., Ратанов Г.С.* Лазерные методы диагностики конденсированных продуктов горения // Физика горения и взрыва. - 1979. - № 2. - С. 185-187.

24. *Болтрукевич Е.П., Ратанов Г.С.* Экспериментальное определение среднего размера частиц конденсированной фазы в продуктах сгорания дымного пороха // Там же. - С. 187-188.

25. Установка для определения концентрации огнетушащего аэрозоля / *Масленников В.В., Неводниченко Л.Г., Друженец Б.П.* и др. // Пожаровзрывобезопасность. - 1995. - Т. 4, № 2. - С. 42-45.

26. А. с. 267580, СССР, G 01 N 25/50. Способ определения эффективности / *Агафонов В.В., Макеев В.И., Жагрин В.И.* и др. - 1987.

27. А. с. 306403, СССР, А 62 с 35/00. Устройство для тушения пожаров / Агафонов В.В., Вайсман М.Н., Русанов В.Д. и др. - 1988.

28. А. с. 274441, СССР, А 62 с 1/14. Способ объемного тушения пожаров / Агафонов В.В., Вайсман М.Н., Макеев В.И. и др. - 1988.

29. А. с. 306402, СССР, А 62 35/00. Устройство для тушения пожаров / Агафонов В.В., Жагрин В.И., Горелов В.И. и др. - 1988.

30. А. с. 291290, СССР, А 62 с 1/14. Способ тушения пожаров / Агафонов В.В., Андреев В.А., Макеев В.И. и др. - 1988.

31. А. с. 317398, СССР, А 62 с 1/14. Способ противопожарной защиты / Агафонов В.В., Николаев В.М., Жевлаков А.Ф. и др. - 1989.

32. Заявка 4925423/12, Россия, А 62 с 35/00. Система и устройство для объемного тушения пожаров / Агафонов В.В., Андреев В.А., Баратов А.Н. и др. - 1991. Положит. решение от 4.06.92.

33. Международная заявка РСТ/RU92/00071; A62d 1/00, A62c 5/02. Способ получения огнетушащей смеси и устройство для его осуществления / Агафонов В.В., Андреев В.А., Баратов А.Н. и др. - 1992. Оpubл. WO 92/17244 от 15.10.92 г.

34. Свойства аэрозолеобразующего состава СБК-2(М) / Агафонов В.В., Жевлаков А.Ф., Крауклиш И.В. и др. // Научно-техническое обеспечение противопожарных и аварийно-спасательных работ: Материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. - М.: ВНИИПО, 1993. - С. 159-161.

35. Эффективность и механизм огнетушащего действия новых заменителей хладонов / Агафонов В.В., Жевлаков А.Ф., Николаев В.М., Копылов Н.П. // Горение: Материалы X симпозиума по горению и взрыву. - Черногловка: ИХФ РАН, 1992. - С. 117-119.

36. Kibert C.J., Dierdorf D. Encapsulated Micron Aerosol Agents // Halon alternatives technical working conference. May 11-13, 1993, Albuquerque, New Mexico. 1993. - P. 6-13.

37. Spring D.J., Ball D.N. Аэрозоли солей щелочных металлов как огнетушащие вещества // Там же. - P. 2-5.

38. Solid propellants sources of combustion inhibitors and mechanism of their effect on flames / *Agafonov V.V., Degtyarev A.V., Zhevlakov A.F. et al.* // Proceeding of the Russian-Japanese Seminar held at Chernogolovka, Moscow Region, 2-nd to 5-th October, 1993 (The Russian Section of Combustion Institute). - P. 235-237.

39. *Kibert C.J., Dierdorf D.* Solid particulate aerosol fire suppressants / *Fire Technologist*. - 1994. - P. 387-399.

40. *Ewing C.T., Hughes J.T., Stephens A.* The extinction of hydrocarbon flames based on the heat-absorption processes which occur in them // *Fire and Materials*. - 1984. - Vol. 8, № 3. - P. 148-156.

41. Свидетельства в пользу теплового механизма тушения пламени / *Ewing C.T., Faith F.R., Hughes J.T., Carhart H.W.* // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях: Реф. сб. - М.: ВНИИТИ. - 1990. - Вып. 3. - С. 81-84.

42. Механизм огнетушащего действия средств газоаэрозольного пожаротушения / *Корольченко А.Я., Горшков В.И., Шебеко Ю.Н., Шамонин В.Г.* // Пожаровзрывобезопасность. - 1996. - Т. 5, № 1. - С. 57-61.

43. Инструкция по определению минимальной огнетушащей концентрации самоактивирующихся тушащих композиций (СТК) для горючих веществ и материалов. - М.: ВНИИПО, 1985. - 11 с.

44. *Агафонов В.В., Косяков В.А.* Обоснование методики и установки для определения огнетушащей концентрации АОС // Проблемы предотвращения и тушения пожаров на объектах народного хозяйства: Материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. - М.: ВНИИПО, 1993. - С. 173-174.

45. *Агафонов В.В., Дегтярев А.В.* Физико-химические механизмы огнетушащего действия АОС // Там же. - 180-181.

46. Комбинированная защита аэрозолеобразующими составами (АОС) / *Агафонов В.В., Жевлаков А.Ф., Копылов Н.П.* и др. // Там же. - С. 172-173.

47. Применение озононеразрушающих аэрозолеобразующих составов для объемного тушения пожаров / *Андреев В.А., Жагрин В.И., Копылов Н.П.* и др. // Современные проблемы пожаробезопасности и пожаротушения в замкнутых пространствах: Тез. докл. науч.-техн. конф. - Севастополь, СПИ, 1991. - С. 54-56.

48. *Шумяцкий О.В., Корольченко Д.А.* Огнетушители СОТ // Пожаровзрывобезопасность. - 1994. - Т. 3, № 1. - С. 54-56.

49. *Логинов С.В., Корольченко Д.А.* Использование генераторов огнетушащего аэрозоля СОТ в практике пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. - 1995. - Т. 4, № 4. - С. 79-83.

50. О механизме огнетушащего действия составов АОС / *Андреев В.А., Жагрин В.И., Копылов Н.П.* и др. // Там же. - С. 53.

51. Влияние негерметичности на давление, развиваемое при работе генераторов огнетушащего аэрозоля / *Горишков В.И., Шебеко Ю.Н., Навценя В.Ю.* и др. // Пожаровзрывобезопасность. - 1995. - Т. 4, № 4. - С. 67-71.

52. Влияние негерметичности на огнетушащую эффективность газозеролевых составов / *Шебеко Ю.Н., Горишков В.И., Корольченко А.Я.* и др. // Пожаровзрывобезопасность. - 1996. - Т. 5, № 1. - С. 51-56.

53. Влияние загроможденности объема помещений на огнетушащую эффективность газозеролевых составов / *Горишков В.И., Костюхин А.К., Шебеко Ю.Н.* и др. // Пожаробезопасность. - 1996. - Т. 5, № 2. - С. 49-51.

54. *Агафонов В.В., Жевлаков А.Ф., Копылов Н.П.* Методика проектирования установок аэрозольного пожаротушения // Проблемы предотвращения и тушения пожаров на объектах народного хозяйства: Материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. - М.: ВНИИПО, 1993. - С. 178-179.

55. *Агафонов В.В., Дегтярев А.В.* Экспериментально-аналитическое исследование процесса подачи огнетушащего аэрозоля // Пожарная техника: Средства и способы пожаротушения: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИПО, 1995. - С. 82-90.

56. Агафонов В.В., Арбузов Н.Б. Сравнительные эксплуатационно-технические показатели средств объемного пожаротушения // Там же. - 1996. - С. 138-142.

57. Агафонов В.В., Арбузов Н.Б., Дегтяров А.В. Экспресс-методика оценки параметров установок аэрозольного пожаротушения // Там же. - С. 143-149.

58. Веселов А.И., Мешман Л.М. Автоматическая пожаровзрывозащита предприятий химической и нефтехимической промышленности. - М.: Химия, 1979. - 280 с.

59. Бубырь Н.Ф., Бабуров В.П., Мангасаров В.И. Пожарная автоматика. - М.: Стройиздат, 1984. - 208 с.

60. Эксплуатация установок пожарной автоматики / Бубырь Н.Ф., Воробьев Р.П., Быстров Ю.В., Зуйков Г.М. - М.: Стройиздат, 1986. - 367 с.

61. Agafonov V.V., Arbuzov N.B. Efficiency and Details of Extinguishment in Electrical and Radiotechnical Compartments and Equipment // Book of Abstracts of Proceedings of First International Conference. 1-4 November, 1996, Russia, St.-Petersburg. - P. 112-114.

62. Способы обеспечения эффективного и безопасного применения генераторов огнетушащего аэрозоля / Агафонов В.В., Арбузов Н.Б., Бабий Б.Е. и др. // Пожарная безопасность - история, состояние, перспективы: Материалы XIV Всероссийской науч.-практ. конф.: Ч. 2. - М.: ВНИИПО, 1997. - С. 88-90.

63. Агафонов В.В., Арбузов Н.Б., Костюхин А.К. Влияние внешних факторов на эффективность и параметры процесса аэрозольного пожаротушения // Там же. - С. 280-284.

64. Туркин Б.Ф., Безродный И.Ф., Янишевский В.В. Тушение пожаров с помощью переносных генераторов огнетушащего аэрозоля // Пожарная безопасность, информатика и техника. - 1994. - № 1. - С. 52-63.

65. Баратов А.Н., Мышак Ю.А. Проблемы аэрозольного пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. - 1994. - Т. 3, № 2. - С. 53-59.

66. Применение огнетушащих составов СТК на объектах с электро- и радиотехнической аппаратурой / Агафонов В.В., Косяков В.А., Жевлаков А.Ф. и др. // Вопросы горения и тушения полимеров: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИПО, 1992. - С. 75-84.

67. Агафонов В.В., Косяков В.А., Николаев В.М. Особенности тушения пожаров составами типа СТК в объемах с различной герметичностью // Там же. - С. 65-69.

68. НПБ 21-94 Системы аэрозольного тушения пожаров. Временные нормы и правила проектирования и эксплуатации.

69. НПБ 60-97 Пожарная техника. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний.

70. ГОСТ Р 51046-97 Пожарная техника. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Типы и параметры.

71. ГОСТ 12.1.033 Пожарная безопасность. Термины и определения.

72. ГОСТ 12.2.047 Пожарная техника. Термины и определения.

73. ГОСТ 12.3.046 Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования.

74. Веселов А.И., Мешман Л.М. Автоматическая пожаровзрывозащита предприятий химической и нефтехимической промышленности. - М.: Химия, 1979. - 280 с.

75. Эксплуатация установок пожарной автоматики / Бубырь Н.Ф., Воробьев Р.П., Быстров Ю.В., Зуйков Г.М. - М.: Стройиздат, 1986. - 367 с.

76. ГОСТ 12.4.009 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

77. ГОСТ 19433 Грузы опасные. Классификация и маркировка.

78. ГОСТ 27331 Пожарная техника. Классификация пожаров.

79. СНиП 2.04.09 Пожарная автоматика зданий и сооружений.

80. СНиП 11-01-95 Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.

81. ПУЭ Правила устройства электроустановок.

82. ППБ 01-93 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

83. НПБ 03-93 Порядок согласования органами ГПС МВД РФ проектно-сметной документации на строительство.

84. НПБ 21-98 Установки аэрозольного пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования и эксплуатации.

85. НПБ 105-95 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

86. ВСН-25.09.67 Правила производства и приемки работ. Автоматические установки пожаротушения.

87. ТУ 4854-001-17191106-96 Генератор огнетушащего аэрозоля "Допинг-2".

88. ТУ 4854-001-44830300-97 Генератор огнетушащего аэрозоля ОСА.

89. ТУ 4854-061-36536331-97 Генератор огнетушащего аэрозоля АГС-6.

90. ТУ 7275-024-07514307-95 Генератор огнетушащего аэрозоля АО-1, МГИФ.

91. ТУ 4854-031-36536331-97 Генератор огнетушащего аэрозоля АГС-3.

92. ТУ 4854-011-36536331-97 Генератор огнетушащего аэрозоля СОТ-1У.

93. ТУ 4973367-05-92 Генератор огнетушащего аэрозоля ГОА-40-72.

94. ТУ 4854-025-11418530-94 Генератор огнетушащего аэрозоля "Айсберг СПС 201".

95. ТУ 4854-001-02070464-94 Генератор огнетушащего аэрозоля ОП-517 "Агат".

96. ТУ 4854-001-07509209-94 Генератор огнетушащего аэрозоля "Вьюга-МЭО-0,075".

97. ТУ 4854-003-07509209-95 Генератор огнетушащего аэрозоля ГАБАР-П.

98. ТУ 4854-001-16411509-95 Генератор огнетушащего аэрозоля СОТ-1.

99. ТУ 84-7509009.61-93 Аэрозолеобразующий огнетушащий состав ПТ.

100. ТУ 77036-00 000 Генератор огнетушащего аэрозоля МАГ-2.

101. ТУ 77035-00 000 Генератор огнетушащего аэрозоля МАГ-3(4).

102. ТУ 5192. 00. 000 Генераторы огнетушащего аэрозоля типа "Пурга ...".

103. ТУ 4854-297-05121441-97 Генератор огнетушащего аэрозоля ГОА ТЕСЛАТ.

104. ТУ 080-190-33-91 Аэрозолеобразующий огнетушащий состав СБК.

105. ТУ 4854-002-17191106-95 Аэрозолеобразующий огнетушащий состав СЭПТ.

106. ТУ 080-161-02-90 Аэрозолеобразующий огнетушащий состав СТК-2МД.

107. ТУ 080-178-31-90 Генераторы огнетушащего аэрозоля типа ГОА.

108. Аликин В.Н., Кузьмицкий Г.Э., Степанов А.Е. Автономные системы аэрозольного пожаротушения на твердом топливе. - Пермь, ПНЦ УрО РАН, 1998. - 148 с.

109. Тимнат И. Ракетные двигатели на химическом топливе. - М.: Мир, 1990. - 294 с.

110. Пиротехнические аэрозолеобразующие составы и средства объемного пожаротушения на их основе / Силин Н.А., Веретинский П.Г., Сидоров А.И. и др. // Взрывчатые материалы и пиротехника. - 1993. - Вып. 1-2. - С. 17-21.

111. Патент 20005516 РФ. Способ пожаротушения / Сергиенко А.Д., Израйлевич А.И., Егорычев С.М., Орлов О.А. - 1992.

112. Патент 2008045 РФ. Способ тушения пожара и устройство для его осуществления / Дубрава О.Л., Романьков А.В., Анискин А.И. - 1992.

113. Патент 2019214 РФ. Способ объемного пожаротушения огнетушащими составам / Баратов А.Н., Белоконов В.В., Деружинский В.И. и др. - 1993.

114. Новые типы порохов - источники аэрозолей для систем пожаротушения и предотвращения взрыва газовоздушных смесей / Перепеченко Б.П., Коробенина Т.П., Шахрай Г.Г., Милицин Ю.А. // Пороха и твердые специальные топлива в народном хозяйстве. - М.: ЦНИИНТИКПК, 1990. - С. 18-21.

115. Пиротехнические источники индивидуальных газов и газовых смесей / *Силин Н.А., Серов В.Д., Чупраков С.Н.* // Там же. - С. 23-27.

116. *Сакович Г.В.* Методология построения и практического применения композиционных материалов с дисперсными наполнителями // Там же. - С. 12-13.

117. *Кононов Б.В.* Разработка широкого класса унифицированных автономных стационарных и мобильных установок и систем пожаротушения импульсного типа на базе твердотопливных газогенераторов // Там же. - С. 37-39.

118. *Силин Н.А., Сидоров А.И., Хван С.Б.* Аэрозолеобразующие составы и средства народнохозяйственного назначения // Там же. - С. 21-23.

119. *Копылов Н.П.* Новые направления разработок противопожарной техники // Эффективные системы пожаротушения на основе порохов и специальных твердых топлив: Материалы научного совета при Президиуме АН СССР, 4.12.1990 г./ Под ред. Академика Б.П. Жукова. - М.: НПО "Информ ТЭИ", 1991. - С. 10-16.

120. Твердые топлива для импульсных пожаротушащих установок / *Денисюк А.П., Жуков Б.П., Шепелев Ю.Г.* и др. // Там же. - С. 19-21.

121. *Серов В.Д., Клычков В.И., Пороховников П.А.* Применение азотгенераторов для пожаротушения // Там же. - С. 17-19.

122. *Фролов Ю.В.* Газогенерация и аэрозолеобразование при горении применительно к проблеме пожаротушения // Там же. - С. 28-30.

123. *Милицин Ю.А., Мамедов Ш.С.* Создание источников для объемного газового тушения // Там же. - С. 23-27.

124. Компонировка топлив для импульсных пожаротушащих установок / *Денисюк А.П., Шепелев Ю.Г., Шабалин В.С.* и др. // Там же. - С. 28-30.

125. Горение пожаротушащих составов на основе нитрата калия / *Фогельзанг А.Е., Васильев В.В., Синдицкий В.П.* и др. // Там же. - С. 30-31.

126. *Русанов В.Д., Крауклиш И.В.* Системы пожаротушения на основе аэрозольных генераторов // Там же. - С. 31-34.

127. Реализация импульсного тушения в противопожарной технике / *Алексеев В.А., Копылов Н.П., Родионов Е.С., Худяков В.К.* // Научно-техническое обеспечение противопожарных и аварийно-спасательных работ: Материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. - М.: ВНИИПО, 1993. - С. 147-149.

128. *Кузьмицкий Г., Сергиенко А., Герштейн Ю.* Аэрозольные огнегасительные составы: надежны и безвредны // Пожарное дело: Чрезвычайные ситуации. - 1993. - № 1-2. - С. 32.

129. *Аликин В.Н., Сергиенко А.Д., Степанов А.Е.* О компоновке рецептур аэрозолеобразующих огнетушащих составов // Технология механики: Вестник ПГТУ. - Пермь, 1996. - № 2. - С. 165-167.

130. *Аликин В.Н., Сергиенко А.Д., Степанов А.Е.* Конструкции генераторов огнетушащего аэрозоля на смесевом твердом топливе // Там же. - С. 131-135.

131. Забрасываемые средства аэрозольного пожаротушения, изготавливаемые по двойной технологии / *Аликин В.Н., Кузьмицкий Г.А., Степанов А.Е., Федченко Н.Н.* // Полимерные материалы: Вестник ПГТУ. - Пермь: ПГТУ, 1997. - № 3. - С. 108-111.

132. *Степанов А.Е., Старкова А.А., Каменских А.П.* Влияние дисперсности идигола на скорость горения твердого топлива для генераторов огнетушащего аэрозоля // Научные полимерные и двойные технологии технической химии: Тез. докл. II Уральской конф. - Пермь, 1997. - С. 164-165.

133. *Егорычев С.М.* Особенности горения аэрозольных огнетушащих составов // Там же. - С. 83-84.

134. Патент 2031671 РФ. Аэрозольный огнетушитель / *Кузьмицкий Г.Э., Аликин В.Н., Степанов А.Е.* - 1994.

135. Средства аэрозольного пожаротушения на основе твердотопливных составов / *Аликин В.Н., Сергиенко А.Д., Степанов А.Е., Федченко Н.Н.* // Конверсия организаций и предприятий спецхимии и спецтехнологии: Материалы науч.-практ. конф., 19-22.06.1996 г. - Казань, 1996. - С. 49-50.

136. Максимов Л.Н., Богатеев Г.Г., Журавлев И.В. Аэрозолеобразующие составы для тушения пожаров // Там же. - С. 30-31.

137. Высокоэффективные составы для генераторов аэрозольного пожаротушения / Беляков В.И., Голубев А.Д., Крауцлиш И.В. и др. // Там же. - С. 52.

138. Коростелев В.Г. Гашение углеводородных пламен аэрозольгенерирующими пиротехническими составами // Материалы XXI Международного пиротехнического семинара. - М., 1995. - С. 444-458.

139. Жуков Б.П., Денисюк А.П., Шепелев Ю.Г. Высокоэффективное пожаротушащее топливо // Там же. - С. 1018-1032.

140. Пиротехнические аэрозолеобразующие составы и средства объемного пожаротушения на их основе / Силин Н.А., Емельянов В.Н., Сидоров А.И., Вареньх Н.М. // Там же. - С. 1043-1058.

141. Sheison R.S. and oth. Fire extinguishment by fine Aerosol Generation / CFC and Halon Alternaties Conference. October 20-22, 1993.

142. Патент 2076761 РФ. Аэрозольобразующий состав для пожаротушения // Сергиенко А.Д., Кузмицкий Г.Э., Степанов А.Е. - 1996.

143. Патент 2080137 РФ. Аэрозольобразующий твердотопливный состав для пожаротушения // Сергиенко А.Д., Степанов А.Е. - 1997.

144. Патент 2028169 РФ. Устройство для пожаротушения // Пак З.П., Кривошеев Н.А., Жегров Е.Ф. и др. - 1993.

145. Корольченко Д.А., Жарков Ю.Г. Управление установками аэрозольного пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. - 1998. - Т. 7, № 1. - С. 76-78.

146. Корольченко Д.А. Новое поколение газоаэрозольных генераторов // Пожаровзрывобезопасность. - 1998. - Т. 7, № 2. - С. 71-75.

147. Мартиросян Г.М. Решение проблемы аэрозольного пожаротушения вагонов электропоездов // Там же. - С. 75-78.

148. Реутт М.В., Корольченко Д.А. Опыт применения огнетушителей типа СОТ-5М пожарными подразделениями // Пожаровзрывобезопасность. - 1996. - Т. 5, № 1. - С. 72-74.

149. *Логинов С.В., Романьков А.В.* Проблемы снижения температуры в генераторах огнетушащего аэрозоля // Пожарная безопасность, информатика и техника. - 1996. - № 4(18). - С. 72-74.

150. Создание систем аэрозольного пожаротушения / *Копылов Н.П., Жевлаков А.Ф., Николаев В.М., Андреев В.А.* // Юбилейный сб. тр. ВНИИПО. - М., 1997. - С. 373-383.

151. Флегматизация горючих газопаровоздушных смесей аэрозолеобразующими составами / *Шебеко Ю.Н., Корольченко А.Я., Навценя В.Ю.* и др. // Пожаровзрывобезопасность. - 1999. - Т. 8, № 1. - С. 16-19.

152. Патент №2008045 (РФ). Пиротехнический шнур и состав для его изготовления // *Русин Д.Л., Кожух М.С., Михайлев Д.Б.* и др. - Приоритет от 11.02.92 г.

153. Патент № 2046614 (РФ). Система и устройство для объемного тушения пожаров // *Агафонов В.В., Андреев В.А., Баратов А.Н.* и др. Приоритет от 08.04.91 г.

154. НПБ 73-98 Генераторы огнетушащего аэрозоля оперативного применения. Общие технические требования. Методы испытаний.

Перечень рекомендуемой нормативно-технической документации, регламентирующей проектирование УАП

1. ГОСТ 2.601 Эксплуатационные документы.
2. ГОСТ 12.0.001 Система стандартов труда. Основные положения.
3. ГОСТ 12.0.004 Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения.
4. ГОСТ 12.1.033 Пожарная безопасность. Термины и определения.
5. ГОСТ 12.2.047 Пожарная техника. Термины и определения.
6. ГОСТ 12.3.046 Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования.
7. ГОСТ 12.4.009 Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
8. ГОСТ 12.4.026 Цвета сигнальные и знаки безопасности.
9. ГОСТ 19433 Грузы опасные. Классификация и маркировка.
10. ГОСТ 27331 Пожарная техника. Классификация пожаров.
11. СНиП 2.04.01 Внутренний водопровод и канализация зданий.
12. СНиП 2.04.09 Пожарная автоматика зданий и сооружений.
13. СНиП 2.08.02 Общественные здания и сооружения.
14. СНиП 3.05.05 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.
15. СНиП 11-01-95 Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.
16. ПУЭ Правила устройства электроустановок.
17. ППБ 01-93 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
18. НПБ 03-93 Порядок согласования органами ГПС МВД РФ проектно-сметной документации на строительство.
19. НПБ 21-98 Установки аэрозольного пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования и эксплуатации.

20. НПБ 60-97 Пожарная техника. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний.

21. НПБ 105-95 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности.

22. ВСН-25.09.67 Правила производства и приемки работ. Автоматические установки пожаротушения.

23. Инструкция по определению минимальной огнетушащей концентрации самоактивирующихся тушащих композиций (СТК) для горючих веществ и материалов. - М.: ВНИИПО, 1985. - 11 с.

24. ГОСТ Р 51046-97 Пожарная техника. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Типы и параметры.

Термины, определения, обозначения и сокращения, рекомендуемые для использования в технической документации (литературе) по аэрозольному пожаротушению

Общие понятия

Пожар - неконтролируемый процесс горения, сопровождающийся образованием опасных факторов пожара.

Тушение пожара - процесс воздействия сил и средств, а также использование методов и приемов для ликвидации пожара (ГОСТ 12.1.033-81).

Ликвидация пожара - действия, направленные на окончательное прекращение горения, а также на исключение возможности его повторного возникновения (ГОСТ 12.1.033-81).

Локализация пожара - действия, направленные на предотвращение возможности дальнейшего распространения горения и создание условий для успешной ликвидации пожара имеющимися силами и средствами (ГОСТ 12.1.033-81).

Пожарная автоматика - совокупность автоматических устройств, стационарно установленных на объекте, для обнаружения, локализации и тушения пожара, защиты людей и материальных ценностей от воздействия опасных факторов пожара.

Установка пожаротушения - по ГОСТ 12.2.047.

Система пожаротушения - совокупность установок пожаротушения, смонтированных на одном объекте и имеющих общий пожарный пост.

Установка пожарной сигнализации - по ГОСТ 12.2.047.

Система пожарной сигнализации - совокупность установок пожарной сигнализации, смонтированных на одном объекте и имеющих общий пожарный пост.

Установка блокирования пожара - совокупность технических средств для предотвращения распространения пожара через технологические проемы в противопожарных преградах и/или по газомассопроводам путем их блокирования.

Система противодымной защиты - совокупность технических средств, используемых для предотвращения воздействия на людей дыма, повышенной температуры и токсичных продуктов горения.

Система оповещения и управления эвакуацией - совокупность технических средств для оповещения людей о пожаре и указания путей эвакуации.

Фактор пожара - физико-химическое проявление процесса горения.

Контролируемый фактор пожара - фактор пожара, воздействие которого на чувствительный элемент приводит к его срабатыванию.

Чувствительный элемент - элемент, реагирующий на изменение контролируемого фактора (факторов) пожара.

Порог срабатывания чувствительного элемента - определенное значение контролируемого фактора пожара, вызывающее срабатывание чувствительного элемента.

Срабатывание установки - выполнение установкой всей последовательности операций, предусмотренной ее функциональным назначением.

Режим ожидания установки - нахождение установки в состоянии готовности срабатывания.

Управляющий импульс - воздействие, оказываемое одной составной частью установки на другую для побуждения последней к выполнению заданной функции.

Пожарный пост - специальное помещение объекта с круглосуточным пребыванием дежурного персонала, оборудованное приборами контроля состояния средств пожарной автоматики объекта.

Установки пожаротушения

Автоматизированная установка пожаротушения - установка пожаротушения, автоматически обнаруживающая загорание, выдающая извещение о нем и приводящаяся в действие вручную.

Автоматическая установка пожаротушения - установка пожаротушения, автоматически срабатывающая при превышении контролируемым фактором (факторами) пожара установленных пороговых значений в защищаемой зоне.

Роботизированная установка пожаротушения - стационарный пожарный робот, предназначенный для автоматизации труда по тушению пожара.

Модульная установка пожаротушения - установка пожаротушения, состоящая из одного или нескольких модулей, способных самостоятельно выполнять функцию пожаротушения, размещенных в защищаемом помещении или рядом с ним и объединенных единой системой обнаружения пожара и приведения в действие.

Установка аэрозольного пожаротушения (УАП) - установка пожаротушения, в которой в качестве огнетушащего вещества используют газоаэрозольную смесь, состоящую из инертных газов и тонкодисперсных частиц (дисперсность менее 10 мкм).

Установка комбинированного пожаротушения - установка пожаротушения, в которой используют несколько различных огнетушащих веществ.

Установка объемного пожаротушения - установка пожаротушения для создания среды, не поддерживающей горение в объеме защищаемого помещения (сооружения).

Установка поверхностного пожаротушения - установка пожаротушения, воздействующая на поверхность защищаемого помещения (сооружения).

Установка локально-объемного пожаротушения - установка объемного пожаротушения, воздействующая на часть объема помещения и/или на отдельную технологическую единицу.

Установка локально-поверхностного пожаротушения - установка поверхностного пожаротушения, воздействующая на часть площади помещения и/или на отдельную технологическую единицу.

Малоинерционная автоматическая установка пожаротушения - автоматическая установка пожаротушения с инерционностью не более 3 с.

Среднеинерционная автоматическая установка пожаротушения - автоматическая установка пожаротушения с инерционностью от 3 до 180 с.

Автоматическая установка пожаротушения повышенной инерционности - автоматическая установка пожаротушения с инерционностью более 180 с.

Установка пожаротушения быстрого действия - установка пожаротушения с временем подачи огнетушащего вещества (состава) до 1 с.

Установка пожаротушения кратковременного действия - установка пожаротушения с временем подачи огнетушащего состава от 1 до 600 с.

Установка пожаротушения средней продолжительности действия - установка с временем подачи огнетушащего вещества (состава) от 10 до 30 мин.

Установка пожаротушения длительного действия - установка с временем подачи огнетушащего вещества (состава) более 30 мин.

Ручная установка пожаротушения - установка пожаротушения только с ручным способом приведения в действие.

Пожарный робот - автоматическое средство, состоящее из исполнительного устройства, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для автоматизации труда по обеспечению пожарной безопасности объекта.

Генератор огнетушащего аэрозоля (ГОА) - устройство для получения огнетушащего аэрозоля с заданными параметрами и подачи его в защищаемое помещение.

Насадок - устройство для выпуска и формирования струи (струй) огнетушащего вещества.

Тепловой замок - термочувствительный элемент, срабатывающий при определенном значении температуры.

Станция пожаротушения - специальное помещение, в котором находится оборудование автоматических установок пожаротушения.

Огнетушащий состав - смесь огнетушащих веществ, химически не связанных друг с другом.

Огнетушащий аэрозоль (ОА) - продукты горения аэрозольеобразующего состава, оказывающие огнетушащее действие на очаг пожара.

Расчетное количество огнетушащего вещества - количество огнетушащего вещества, хранящееся в установке пожаротушения, готовое к немедленному использованию в случае возникновения пожара.

Резерв огнетушащего вещества - количество огнетушащего вещества, хранящееся в установке пожаротушения, предназначенное для немедленного использования в случаях повторного воспламенения или невыполнения установкой пожаротушения своей задачи.

Запас огнетушащего вещества - количество огнетушащего вещества, хранящееся на объекте в целях оперативного восстановления расчетного количества и резерва огнетушащего вещества.

Дистанционное включение (пуск) установки - включение (пуск) от пусковых элементов, устанавливаемых в защищаемом помещении или рядом с ним, в диспетчерской или на пожарном посту, у защищаемого сооружения или оборудования.

Местное включение (пуск) установки - включение (пуск) от пусковых элементов, устанавливаемых в насосной станции или станции пожаротушения.

Защищаемая зона - участок производственной площади, объем помещения или оборудования, на (в) который подается огнетушащее вещество с расчетными параметрами, в пределах которого обеспечивается тушение.

Интенсивность подачи огнетушащего вещества - количество огнетушащего вещества, подаваемое на единицу площади (объема) в единицу времени.

Нормативная интенсивность подачи огнетушащего вещества - интенсивность подачи огнетушащего вещества, соответствующая требованиям нормативной документации.

Оптимальная интенсивность подачи огнетушащего вещества - интенсивность подачи огнетушащего вещества, при которой обеспечивается тушение с минимальными затратами огнетушащего вещества.

Огнетушащая концентрация - концентрация огнетушащего вещества в объеме, создающая среду, не поддерживающую горение.

Нормативная огнетушащая концентрация - огнетушащая концентрация, принятая в действующих нормативных документах.

Инерционность установки - время с момента достижения контролируемым фактором пожара порога срабатывания чувствительного элемента до начала подачи огнетушащего вещества (состава) в защищаемую зону.

Примечание. В инерционность установки не входит время на эвакуацию и остановку технологического оборудования.

Автоматическая установка аэрозольного пожаротушения с электрическим пуском (автоматическая УАП-э, АУАП-э) - автоматическая установка пожаротушения на основе генераторов огнетушащего аэрозоля (ГОА) с электрическим пуском с применением автоматических средств обнаружения пожара, в которой в качестве огнетушащего вещества используется огнетушащий аэрозоль.

Автономная установка аэрозольного пожаротушения (автономная УАП, АУАП-а) - установка аэрозольного пожаротушения на основе ГОА с автономным пуском, не требующая внешних источников энергоснабжения, не содержащая приборов (устройств) контроля и управления (ПКУ) ГОА и не связанная с установкой пожарной сигнализации.

Аэрозолеобразующий огнетушащий состав (АОС) - композиция специального состава, способная к самостоятельному горению без доступа воздуха с образованием огнетушащего аэрозоля.

Масса заряда АОС в ГОА $m_{ГОА}$, кг - масса АОС, содержащаяся в одном ГОА.

Высокотемпературные зоны, образующиеся при работе ГОА, - зоны в непосредственной близости от ГОА, внутри границ которых температура среды превышает 75, 200 и 400 °С, представляющие опасность для людей, горючих материалов и оборудования.

Инерционность пуска ГОА $t_{ин}$, с - промежуток времени от момента подачи управляющего электрического, теплового или иного сигнала на пуск ГОА до начала истечения из него огнетушащего аэрозоля.

Время выпуска (подачи) огнетушащего аэрозоля из ГОА t_a , с - промежуток времени от начала до окончания истечения огнетушащего аэрозоля из выпускного отверстия (выпускных отверстий) ГОА.

Время работы ГОА $t_{ГОА}$, с - промежуток времени от момента подачи электрического, теплового или иного сигнала на пуск до окончания истечения огнетушащего аэрозоля из выпускного отверстия (выпускных отверстий) ГОА ($t_{ГОА} = t_{ин} + t_a$).

Удельное тепловыделение (теплота горения АОС) при работе ГОА Q_2 , кДж/кг - количество теплоты, выделяемое при работе ГОА в защищаемое помещение, отнесенное к единице массы АОС (указывается в ТД на ГОА).

Закон изменения скорости горения (аэрозолеобразования) заряда АОС в ГОА - характер зависимости величины массовой скорости горения АОС (секундного массового расхода огнетушащего аэрозоля из ГОА) от изменения площади поверхности горения заряда

Коэффициент поглощения света в огнетушащем аэрозоле, получаемом из ГОА - показатель, характеризующий снижение степени прозрачности среды в объеме защищаемого помещения при введении в него определенного количества огнетушащего аэрозоля АОС.

Удельная массовая эффективность ГОА, кг/м³ - отношение массы снаряженного ГОА к объему защищаемого условно-герметичного помещения.

Удельная объемная эффективность ГОА, м³/м³ - отношение объема ГОА к объему защищаемого условно-герметичного помещения.

Объемный (массовый) показатель совершенства конструкции, м³/м³ (кг/кг) - отношение объема (массы) огнетушащего заряда АОС к объему (массе) снаряженного ГОА.

Группа ГОА АУАП - часть общего количества ГОА в АУАП, пуск которых производится одновременно.

Суммарная масса заряда АОС в группе ГОА АУАП m_{Σ} , кг - сумма масс зарядов АОС всех ГОА, входящих в состав группы ГОА АУАП.

Время работы группы ГОА АУАП $t_{гр}$, с - промежуток времени от момента подачи сигнала на пуск генераторов данной группы ГОА АУАП до окончания работы последнего ГОА группы.

Суммарная масса заряда АОС в АУАП МАОС, кг - сумма масс зарядов АОС всех ГОА, входящих в состав АУАП.

Время работы АУАП $t_{\text{АУАП}}$, с - промежуток времени от момента подачи сигнала на пуск АУАП до окончания работы последнего ГОА.

Суммарная площадь ограждающих конструкций защищаемого помещения S , м^2 - сумма площадей поверхности стен, пола и потолка защищаемого помещения.

Параметр негерметичности защищаемого помещения δ , м^{-1} - величина, характеризующая негерметичность защищаемого помещения и определяемая как отношение суммарной площади постоянно открытых проемов к объему защищаемого помещения.

Степень негерметичности помещения N , % - величина, характеризующая негерметичность помещения и определяемая как отношение суммарной площади постоянно открытых проемов к суммарной площади ограждающих конструкций помещения.

Параметр распределения негерметичности по высоте защищаемого объема ψ , % - отношение площади постоянно открытых проемов, расположенных в верхней половине защищаемого помещения, к суммарной площади постоянно открытых проемов помещения.

Условно-герметичное помещение - помещение, параметр негерметичности которого не превышает $0,001 \text{ м}^{-1}$.

Нормативная величина огнетушащего расхода АОС q_n , $\text{кг}/\text{м}^3$ - величина удельного массового расхода АОС, характеризующая огнетушащую способность аэрозоля, получаемого при работе ГОА, в соответствии с НПБ 60-97. Указывается в ТД на ГОА и используется при проектировании АУАП.

Интенсивность подачи огнетушащего аэрозоля в защищаемое помещение J , $\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с})$ - отношение суммарной массы заряда АОС в группе ГОА АУАП к времени работы группы ГОА и объему защищаемого помещения.

Относительная интенсивность подачи аэрозоля U , с^{-1} - отношение интенсивности подачи огнетушащего аэрозоля к нормативной огнетушащей способности аэрозоля для данного типа ГОА.

Запас ГОА - дополнительное количество ГОА, необходимое для восстановления работоспособности АУАП после ее срабатывания и хранимое на защищаемом объекте.

Установки пожарной сигнализации

Пожарный приемно-контрольный прибор - устройство, обеспечивающее прием информации от пожарных извещателей, выработку сигнала пожарной тревоги или неисправности и выдачу сигналов управления на другие устройства.

Прибор управления - устройство, обеспечивающее включение средств противопожарной защиты при получении сигнала от приемно-контрольного прибора.

Пожарный извещатель - компонент системы (установки) пожарной сигнализации для формирования извещения о пожаре.

Ручной пожарный извещатель - по ГОСТ 12.2.047.

Пороговый пожарный извещатель - пожарный извещатель, формирующий на выходе извещение, соответствующее заданному пороговому значению контролируемого фактора пожара.

Аналоговый пожарный извещатель - пожарный извещатель, выдающий на выходе извещение в виде величины контролируемого фактора пожара в аналоговой или цифровой форме.

Тепловой пожарный извещатель - пожарный извещатель, реагирующий на определенную повышенную температуру и/или скорость повышения температуры и/или разность температур.

Дымовой пожарный извещатель - пожарный извещатель, реагирующий на частицы твердых или жидких продуктов горения и/или пиролиза, взвешенные в атмосфере (аэрозоли).

Ионизационный (радиоизотопный) дымовой пожарный извещатель - дымовой пожарный извещатель, принцип действия которого основан на регистрации изменения тока, возникающего в результате ионизации продуктов горения радиоизотопным элементом извещателя.

Оптический дымовой пожарный извещатель - дымовой пожарный извещатель, принцип действия которого основан на влиянии продуктов горения на поглощение или рассеива-

ние электромагнитного излучения извещателя в инфракрасном, ультрафиолетовом или видимом диапазонах спектра.

Газовый пожарный извещатель - пожарный извещатель, реагирующий на газообразные продукты горения или термического разложения.

Пожарный извещатель пламени - пожарный извещатель, реагирующий на излучение пламени.

Комбинированный пожарный извещатель - пожарный извещатель, который в единой конструкции реагирует на два или более факторов пожара.

Максимальный пожарный извещатель - пожарный извещатель, формирующий извещение о пожаре при превышении установленного порогового значения контролируемым фактором в течение определенного промежутка времени.

Дифференциальный пожарный извещатель - пожарный извещатель, формирующий извещение о пожаре при превышении установленного порогового значения скорости изменения контролируемого фактора в течение определенного промежутка времени.

Точечный пожарный извещатель - пожарный извещатель, реагирующий на фактор, контролируемый вблизи его компактного чувствительного элемента.

Многоточечный пожарный извещатель - пожарный извещатель, реагирующий на фактор, контролируемый вблизи более чем одного компактного чувствительного элемента (например, термопары).

Линейный пожарный извещатель - пожарный извещатель, реагирующий на фактор, контролируемый вблизи линии.

Съемный пожарный извещатель - пожарный извещатель, конструкция которого позволяет осуществлять его свободный демонтаж с места установки при техническом обслуживании.

Несъемный пожарный извещатель - пожарный извещатель, конструкция которого не позволяет осуществлять его свободный демонтаж с места установки при техническом обслуживании.

Адресный пожарный извещатель - пожарный извещатель, передающий на приемно-контрольный прибор вместе с извещением "Пожар" код своего адреса.

Автономный пожарный извещатель - пожарный извещатель с автономным питанием, реагирующий на определенный уровень аэрозольных продуктов горения (пиролиза) веществ и материалов или других факторов пожара, в корпусе которого конструктивно объединены автономный источник питания и все компоненты, необходимые для обнаружения пожара и непосредственного оповещения о нем.

Взаимосоединяемый автономный пожарный извещатель - извещатель, который может быть включен в локальную сеть с другими автономными пожарными извещателями.

Локальная сеть автономных пожарных извещателей - электрическое соединение группы взаимосоединяемых автономных пожарных извещателей, находящихся в одном или нескольких помещениях защищаемого объекта; обеспечивающее дублирующую сигнализацию (оповещение) о пожаре в случае срабатывания любого из них.

Пожарный оповещатель - устройство, не входящее в состав приемно-контрольного прибора и предназначенное для выдачи сигналов, предупреждающих о пожаре, например звуковых или световых.

Соединительные линии - провода или кабели, обеспечивающие соединение между компонентами системы (установки) пожарной сигнализации.

Шлейф пожарной сигнализации - соединительные линии, прокладываемые от пожарных извещателей до распределительной коробки или приемно-контрольного прибора.

Извещение о пожаре - сигнал о пожаре, формируемый пожарным извещателем.

Индикация извещения о пожаре - отображение с помощью средств индикации пожарного извещателя или приемно-контрольного прибора информации о пожаре.

Сигнал пожарной тревоги (оповещение о пожаре) - электрический, механический, звуковой, световой и другие сигналы о существовании опасности вследствие пожара на защищаемом объекте. Сигнал может быть адресным, локальным или групповым.

Установки блокирования пожара

Автоматическая установка огнепреграждения - автоматическая установка блокирования, обеспечивающая требуемую огнестойкость технологических проемов в противопожарных преградах.

Автоматическая установка пламеотсечения - автоматическая установка блокирования, предотвращающая распространение пламени по газомассопроводам и через технологические проемы.

Автоматическая установка гидрозавесы - установка для автоматического обеспечения огнепреграждения или пламеотсечения путем распыления жидкого огнетушащего вещества.

Гидрозатвор - устройство для предотвращения распространения пламени вдоль массопровода благодаря подаче внутрь массопровода огнетушащего вещества.

Установки взрывозащиты

Установка предупреждения взрывов - установка взрывозащиты, исключающая возникновение взрыва благодаря обеспечению инертной среды или отключению технологического оборудования.

Установка предохранения от взрывов - установка взрывозащиты, исключающая разрушение технологического оборудования и/или производственных зданий благодаря принудительной разгерметизации.

Установка подавления взрывов - автоматическая установка взрывозащиты, обеспечивающая подавление зарождающихся взрывов в технологическом оборудовании и/или производственных зданий.

Системы противодымной защиты

Противодымная вентиляция - газообмен в зданиях, сооружениях или в отдельных помещениях в целях снижения температуры и концентрации дыма.

Противодымная приточная вентиляция - подача наружного и/или регенерированного воздуха в защищаемые объемы зданий и сооружений.

Противодымная вытяжная вентиляция - удаление дыма из горящих и/или смежных с ними помещений.

Технические средства управления системы противодымной защиты - совокупность устройств автоматического обнаружения пожара, средств коммутации и контроля, пусковых (дистанционных и ручных - местных) устройств, исполнительных механизмов, силовых и контрольных коммуникаций.

Клапан противопожарный огнезадерживающий - нормально открытые клапаны с нормируемыми показателями огнестойкости и сопротивления дымогазопроницанию, оснащенные автоматическим, дистанционным и ручным (местным) управлением и предназначенные для предотвращения и/или ограничения задымления зданий и сооружений и распространения пожара по вентиляционным системам различного назначения и через технологические и транспортные проемы в ограждающих строительных конструкциях.

Клапан противопожарный дымовой - нормально закрытые клапаны с нормируемыми показателями огнестойкости и сопротивления дымогазопроницанию, оснащенные автоматическим, дистанционным и ручным (местным) управлением и предназначенные для работы в системах вытяжной противодымной вентиляции.

Вентилятор огнестойкий - вентилятор с нормируемым пределом огнестойкости.

Воздуховод огнестойкий - плотный воздуховод со стенками, имеющими нормируемый предел огнестойкости.

**Перечень основных предприятий-разработчиков
(изготовителей) ГОА***

№ п/п	Наименование, адрес предприятия-разработчика	Модификации разработанных генераторов огнетушащего аэрозоля
1	<p><u>ЛНПО (ФИЦТ - Федераль- ный центр двойных техно- логий) "Союз",</u> 140056, Московская обл., г. Дзержинский, ул. Совет- ская, 6 Тел.: (095) 551-72-90, 551-75-73, факс: (095) 551-11-44</p>	<p><u>"Пурга К-0,002";</u> <u>"Пурга К 02/012; "Пурга-Т".</u> <u>"Пурга-Э1"; "Пурга-Э5" **;</u> "Пурга-Э10"; "Пурга К-1,2"; "Пурга М-1,2"; "Пурга-П5"; "Пурга-МХ"; "Пурга-Гран-К-1"; "Пурга-Гран-М3"; <u>МАГ-1;</u> <u>МАГ-2; МАГ-3; МАГ-4; МАГ-5/1;</u> <u>МАГ-5/2; МАГ-11Т; МАГ-12Т;</u> <u>МАГ-13Т; МАГ-14Т; МАГ-15Т;</u> <u>МАГ-16Т; МАГ-17Т **;</u></p>
2	<p><u>Научно-исследовательский</u> <u>институт прикладной хи-</u> <u>мии (НИИПХ),</u> Московская обл., г. Сергиев Посад, ул. Институтская, 5</p>	<p>ПАГ-0,1; ПАГ-0,2; ПАГ-1,0; ПАГ-0,3; ПАГ-0,6; ПАГ-0,4; ПАГ-1,2; ПАГ-2,6</p>
3	<p><u>ГНПП "Фирма Интер-</u> <u>технолог",</u> 193177, Санкт-Петербург, Советский пр., 33а Тел. 100-60-28</p>	<p><u>ГОА 40-72 **</u> (ТУ 4973367-05-92); ГОА-15</p>
4	<p><u>СКТБ "Технолог",</u> 193177, Санкт-Петербург, Советский пр., 33а Тел. 100-33-93</p>	<p>МГОА-0,2; МГОА-0,6; МГОА-0,8; МГОА-1,7; МГОА-5,0; ПА-317; ГОА-1; ГОА-2; ГОА-3; ОА-4; ГОА-1М; ГОА-2М; ГОА-3М; ГОА-4М; <u>ГОА ТЕСЛАТ **</u> <u>(ТУ 4854-297-05121441-97)-</u> <u>0,03; 0,2; 3,0; 6,3</u></p>

№ п/п	Наименование, адрес предприятия-разработчика	Модификации разработанных генераторов огнетушащего аэрозоля
5	АО "Гранит-Саламандра", 125319, Москва, ул. Академика Ильюшина, 17 Тел.: 484-24-88	<u>COT-1; COT-2; COT-3;</u> <u>COT-5M; COT-6; АГС-2;</u> <u>АГС-3; COT-1У(**)</u>
6	ИЧП "ГАБАР", Москва	<u>ГАБАР-П-2,0. ГАБАР-П-6,0 **</u> , ГАБАР-П-10,0
7	ЦНКБ, 109240, Москва, ул. Гончарная, 20	"Вьюга-КТО-0,02"; " <u>Вьюга-МЭО-0,075</u> "**, "Вьюга-КЭО-0,17"; "Вьюга-КТ-1,1"; "Вьюга-КЭ-1,1"
8	ИВЦ "Техноапп" 614013, Пермь, ул. Академика Королева, 21 Тел. 39-11-63; 39-11-84	<u>ОП-517 ("Агат-1"; "Агат-2")**</u> ; ОП-552; ОП-552-01; ОП-552-02,
9	НПО им. С.М. Кирова, 614113, Пермь, ул. Чистопольская, 16	<u>АПГ-3; АПГ-10</u> (ТУ84-07507808.101-94)
10	Фирма "Эпотос+", 125458, Москва, ул. Твардовского, 23 Тел. 402-01-57; 402-01-59	<u>"Допинг-2"***</u> , "Допинг-10" "Допинг-50"
11	ПК "Айсберг СГС-201", 121596, Москва, ул. Говорова, 8, корп. 1 Тел. 447-33-71, факс 4477508	<u>СПС-201**</u>
12	ООО "НОРД-ЛТД" ("ОЗОН-ПЕРМЬ"), Пермь Тел. 27-03-86	<u>ОСА-4; ОСА-20; ОСА-60**</u>
* Данные (ориентировочные) по состоянию на I кв. 1999 г. (возможны изменения и дополнения). ** Модификации ГОА с сертификатами, действующими в 1998-1999 гг.		

Примеры крупномасштабных и натурных испытаний УАП при объемном способе пожаротушения

Пример 1. Тушение горючих жидкостей

С целью оценки огнетушащей эффективности УАП при объемном способе тушения горючих жидкостей проведены комплексные крупномасштабные испытания в объемах 26-85 м³ с различной степенью негерметичности (отношение площади открытых проемов к общей площади ограждающих объем конструкций, %). В качестве горючих жидкостей использовали гидротол (безводный этанол), бензин А-76, керосин осветительный (легковоспламеняющиеся жидкости - ЛВЖ) и дизельное топливо летнее ТЛ (горючая жидкость - ГЖ). Модельными очагами являлись металлические противни площадью 0,05-0,5 м². Для создания более жестких условий при тушении очагов пожара УАП включали вручную по истечении 60-120 с свободного горения модельных очагов (зажигание и свободное горение очагов осуществлялось при максимально возможных открытых проемах). В экспериментах применялись серийные генераторы ГОА-3 (АОС марки СБК-2), "Пурга" (АОС марки ПАС-11-8) или опытные образцы ГОА-0 (АОС типа СТК-2МД). Испытания проводили по единой методике. Модельные очаги пожара размещали на полу помещений (вне зоны прямого воздействия аэрозольной струи), генераторы аэрозоля устанавливали равномерно по периметру помещений на высоте 0,8-0,9 высоты помещений с направлением подачи огнетушащего аэрозоля в нижнюю зону объема под углом 45-60° к горизонтали. За время тушения принимали время подавления модельных очагов с момента пуска ГОА (при условии последующего повторного воспламенения очагов от нагретых бортов противней). Время подавления очагов пожара фиксировали потенциометрами типа КСП-4 по показаниям термомпара ХК диаметром 0,15 мм. Для сравнительной оценки эффективности аэрозольного пожаротушения в данных же испытаниях проведены эксперименты по тушению хладоном 114В2 и углекислым газом СО₂.

Основные характерные результаты комплексных крупномасштабных испытаний представлены в табл. П.4.1.

Пример 2. Тушение пожаров твердых горючих материалов

Крупномасштабные испытания по тушению твердых горючих материалов проводили в помещениях объемом до 20 м^3 (со степенью негерметичности не более 0,6 %) по единой методике. В качестве модельных очагов использовали штабели размером $0,4 \times 0,4 \text{ м}$ и высотой не менее 0,3 м, составленные произвольно из отдельных пластин (брусков) твердых горючих материалов. Горючими материалами служили твердые материалы, горение которых не сопровождается образованием тлеющего режима (оргстекло, полиэтилен, полихлорвинил), и тлеющие материалы (древесина, хлопчатобумажная ткань). Для интенсификации воспламенения и горения твердых материалов их располагали над противнями с бензином А-76. Время “свободного” горения модельных очагов в опытах изменяли от 60 до 300 с.

Для тушения применяли серийные или опытные образцы генераторов, снаряженные огнетушащими зарядами АОС типа СТК-2МД или СБК-2. Расположение ГОА и методика проведения опытов аналогичны описанным в примере 1.

Обобщенные результаты основных опытов по тушению характерных твердых горючих материалов представлены в табл. П.4.2.

Пример 3. Тушение газового факела

Испытания по тушению диффузионного пламени газового факела проводили в цилиндрической камере объемом $\approx 11 \text{ м}^3$ (диаметром 1,7 м и длиной 4,85 м). В качестве модельного очага пожара использовали водородную горелку (диаметром 30 мм) с варьируемым расходом газа, размещенную в нижней зоне объема. Водород зажигали от электрической искры. Водородный факел тушили аэрозолем состава типа СТК-5-1, подаваемым одновременно из двух генераторов ГОА, расположенных у торцов в верхней части экспериментальной камеры таким образом, чтобы аэрозольная струя не была направлена непосредственно на очаг пожара. Подачу огнетушащего аэрозоля в

Таблица П. 4.1

**Результаты крупномасштабных испытаний по тушению
горючих жидкостей**

№ п/п	Горючее	Объем, м ³	ГОА (АОС)	Площадь про- емов, м ² (степень негерметичности объема, %)	Общий удель- ный расход состава Σ , г/м ³	Время подачи аэрозоля, с	Время тушения, с
1	Гидротол	26	Хладон 114В2	(0,25)	170	3-4	20
2	Гидротол	26	СО ₂	(0,25)	680	28	30
1	Гидротол	26	ГОА-О (СТК-2МД)	(0,25)	50	25	32
2	Гидротол	71,2	ГОА-О (СТК-2МД)	(0,45)	64	25	40
3	Бензин А-76	60	ГОА-3 (СБК-2)	0,72 (0,8)	53	20	18
4	Бензин А-76	60	ГОА-3 (СБК-2)	1,92 (2,1)	72	24	25
5	Бензин А-76	60	ГОА-3 (СБК-2)	3,5 (3,8)	145	24	24
6	ТЛ	14	ГОА-0 (СТК-2МД)	0,6 (1,8)	54	7	12
7	Бензин А-76	85	“Пурга (ПАС-11-8)”	5,4 (4,2)	365	51	50

Таблица П.4.2

Результаты крупномасштабных испытаний по тушению различных твердых горючих материалов

№ п/п	Горючий материал	ГОА (АОС)	Время свободного горения, с	Время работы ГОА, с	Общий удельный расход АОС Σ , г/м ³	Время тушения, с	Примечание
1	Оргстекло, ПВХ, полиэтилен, резина	ГОА-3 (СБК-2)	До 60	22	56	18*	* Тушение пламени
2	Оргстекло, ПВХ, полиэтилен, резина	ГОА-0 (СТК-2МД)	До 60	25	58	20*	То же
3	Оргстекло, ПВХ, полиэтилен	ГОА-3 (СБК-2)	До 180	20	54	16*	- " -
4	Древесина, ткань х/б	ГОА-0 (СТК)	До 60	25	62	22*(60)+	+ - подавление тления
5	Древесина, ткань х/б	То же	До 180	24	120	12*(120)+	
6	Древесина, ткань х/б	То же	До 300	21	160	10*(нет)+	

226

Таблица П.4.3

Основные результаты по тушения аэрозолем СТК-5-1 водородного факела в воздушной среде

№ п/п	Общая масса АОС Σ , г	Расход Н ₂ , л/с	Время работы ГОА, с	Время тушения, с	Огнетушащий расход АОС, г/м ³	Примечание
1	2400	2	30	15	218	Через 5 с после тушения повторное воспламенение от искры
2	3100	2-16	36-38	15-19	282	Повторное воспламенение отсутствует. Остаточное содержание кислорода после тушения 18 %

227

закрытую камеры осуществляли через 10-15 с свободного горения факела водорода (свободное горения факела - при открытом входном проеме). После тушения факела через 5-10 с в горелку вновь подавали водород и на 3-4 с включали источник зажигания. Результаты опытов приведены в табл. П.4.3.

Пример 4. Тушение пожара во фрагменте кабельного туннеля

Объем фрагмента кабельного туннеля $\approx 100 \text{ м}^3$ ($11,0 \times 4,35 \times 2,1 \text{ м}$) со степенью негерметичности 0,5 %. В качестве модельных очагов использовали 4 противня (три диаметром 0,25 м и один диаметром 0,5 м) с дизельным топливом и 4 жгута характерных, в том числе с тлеющей изоляцией электрических кабелей (по 4-6 кабеля в каждом жгуте), располагаемых над противнями с дизельным топливом в вертикальном или горизонтальном положении.

Автоматическая УАП включала в себя блок электрического питания, два дымовых пожарных извещателей ДИП-3, четыре тепловых максимальных извещателя ИП-105, пожарно-пусковое устройство "Сигнал-42" и пять ГОА, расположенных на высоте 2 м и равномерно распределенных по периметру фрагмента (подача аэрозоля - в нижнюю зону объема, время работы ГОА - 20 с). Фиксирование параметров пожара и его тушения производили термопарами с записью на потенциометрах КСП-4. Пуск ГОА осуществлялся автоматически или вручную. Результаты испытаний автоматической УАП приведены в табл. П.4.4.

Таблица П. 4. 4

**Результаты испытаний автоматической УАП
во фрагменте кабельного туннеля объемом 100 м^3**

№ п/п	Режим пуска УАП	Время развития пожара до включения УАП, с	Общий огне-тушащий расход АОС, г/м ³	Результат	Примечание
1	Автоматический	40-60	≈ 80	Тушение	Основной комплект ГОА

Окончание табл. П.4.4

№ п/п	Режим пуска УАП	Время развития пожара до включения УАП, с	Общий огне-тушащий расход АОС, г/м ³	Результат	Примечание
2	Ручной	120	≈80	Тушение	То же
3	Ручной	210	≈140	Тушение (кроме тления кабелей с х/б оплеткой)	Основной + дополнительный комплекты ГОА
4	Ручной	150	≈140	Тушение	То же

Пример 5. Тушения пожара в электрических шкафах управления

Натурные испытания УАП для шкафной аппаратуры проводили на различных характерных типах шкафов (объемом 0,9-4,7 м³) с электротехнической и электронной аппаратурой. При этом были использованы стандартные устройства обнаружения пожара и управления УАП, а исполнительными элементами УАП служили различные промышленные образцы ГОА. В табл. П.4.5 приведены обобщенные результаты комплексных испытаний УАП.

Таблица' П. 4. 5

Характерные результаты испытаний аэрозольных УАП по тушению пожаров в шкафной аппаратуре
(время тушения 10-20 с)

Объект	Объем, м ³	Горючая нагрузка	Огнетушащий расход АОС, г/м ³	Температура аэрозоля, °С	Повышение температуры в объеме, °С	Рекомендации
Силовой шкаф управления	1,9-4,7	Резина, полиэтилен, оргстекло	70	950-1200	60-100	Экраны, вентилирование, протирка
			120-140	<200	40-60	Вентилирование, протирка
Шкаф управления с электронными элементами	1,9-4,7	ПВХ, полиэтилен, оргстекло	80	950-1200	70-120	Экраны, вентилирование, протирка
			120-140	<200	40-60	Вентилирование, протирка

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	6
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АЭРОЗОЛЬНОМ ПОЖАРОТУШЕНИИ	11
1.1. Твердотопливные аэрозолеобразующие огнетушащие составы (АОС)	11
1.1.1. Общие понятия и свойства твердотопливных АОС	11
1.1.2. Типовые АОС и их огнетушащая эффективность	29
1.1.3. Эксплуатационные показатели типовых АОС.....	54
1.2. Исполнительные устройства для применения АОС - генераторы огнетушащего аэрозоля (ГОА)	103
1.2.1. Назначение, принцип действия ГОА и общие требования.....	103
1.2.2. Классификация и номенклатура показателей ГОА	105
1.2.3. Методы определения показателей ГОА. Основные тактико-технические характеристики типовых ГОА	113
1.2.4. Общие технические требования и техника безопасности при работе с ГОА.....	134
1.3. Установки аэрозольного объемного пожаротушения (УАП).....	138
1.3.1. Назначение и области применения УАП	138
1.3.2. Классификация, состав и принцип действия УАП.....	141
1.4. Закономерности и особенности аэрозольного пожаротушения. Условия эффективного и безопасного применения УАП	145
2. РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК АЭРОЗОЛЬНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПУСКОМ (АУАП-э)	165
2.1. Исходные данные для расчета и проектирования АУАП-э.....	165
2.2. Общие требования к защищаемым помещениям, устройствам управления и исполнительным устройствам АУАП-э	166
2.3. Расчет и проектирование автоматических установок аэрозольного пожаротушения с электрическим пуском (АУАП-э)	167

3. МОНТАЖ, ПРИЕМКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ АУАП-э	184
3.1. Общие технические требования.....	184
3.2. Общие требования безопасности.....	191
Литература.....	193
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Перечень рекомендуемой нормативно-технической документации, регламентирующей проектирование УАП.....	206
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Термины, определения, обозначения и сокращения, рекомендуемые для использования в технической документации (литературе) по аэрозольному пожаротушению.....	208
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Перечень основных предпри- ятий-разработчиков (изготовителей) ГОА.....	221
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Примеры крупномасштабных и натурных испытаний УАП при объемном способе пожаротушения.....	223

Агафонов Владимир Васильевич
Копылов Николай Петрович

**УСТАНОВКИ АЭРОЗОЛЬНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ:
ЭЛЕМЕНТЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ,
МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ**

ISBN 5-901140-04-4

Редактор Г.В. Прокопенко
Технический редактор Л.А. Буланова
Ответственный за выпуск В.В. Агафонов

Подписано в печать 22.04.99 г.
Формат 60x84/16.
Печать офсетная.
Усл. печ. л. 13,72.
Уч.-изд. л. 14,42.
Т. - 1000 экз.
Заказ № 97.

Типография ВНИИПО МВД России.
143900, Московская обл., Балашихинский р-н,
пос. ВНИИПО, д. 12