

УТВЕРЖДАЮ

Начальник ФГУ ВНИИПО МЧС России

д.т.н., профессор


Н.П. КОПЫЛОВ

" " 2005 г.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЕ ПРИБОР-
НЫХ ШКАФОВ АВТОНОМНОЙ УСТАНОВКОЙ ГАЗОВОГО ПОЖА-
РОТУШЕНИЯ АУП-01Ф С ТРУБККОЙ «FIRE TRACE».**

Начальник отдела 4.2

д.т.н., с.н.с.



С.Н. КОПЫЛОВ

МОСКВА 2005 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Основание для выполнения работы.....	3
2.	Цель работы.....	3
3.	Состояние вопроса.....	3
4.	Характеристика защищаемых объектов.....	6
5.	Определение проектного пожара.....	7
6.	Модификации модулей газового пожаротушения АУП-01Ф производства ЗАО «СКБ Тензор» и их характеристики.....	9
7.	Выбор типа газового состава.....	11
8.	Определение массы газового состава, необходимого для тушения пожара в объекте.....	12
9.	Требования к установке пожаротушения.....	15
10.	Организационные мероприятия.....	17
11.	Требования по технике безопасности.....	18
12.	Заключение.....	19
13.	Список использованной литературы.....	20
	ПРИЛОЖЕНИЕ.....	21

1. ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Рекомендации по противопожарной защите приборных шкафов автономной установкой газового пожаротушения АУП-01Ф с трубкой «Fire Trace», изготавливаемой ЗАО «СКБ Тензор», разработаны в соответствии с договором № 1721-4.2 от 14 ноября 2005г. между ФГУ ВНИИПО МЧС России и ЗАО «СКБ Тензор».

2. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель рекомендаций – предоставить заказчику методические указания по применению автономных установок газового пожаротушения АУП-01Ф с трубкой «Fire Trace», изготавливаемых ЗАО «СКБ Тензор», для противопожарной защиты приборных шкафов и иных ограниченных объемов подобного типа с негерметичностью, не превышающей значений $0,5 \text{ м}^{-1}$.

3. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В настоящее время, как в России, так и за рубежом растет число объектов, оснащенных электронной и электротехнической аппаратурой. К такого рода объектам относятся помещения со шкафами управления технологическими процессами на электрических станциях (в том числе и атомных), объекты телекоммуникационных компаний и компаний сотовой связи, стационарные и мобильные комплексы управления движением железных дорог, серверные, посты управления технологическими процессами и подобные им объекты. С точки зрения пожарной опасности такого рода объекты характеризуются рядом общих черт, а именно:

- Основную ценность составляет электронное, электротехническое оборудование и средства связи, установленные в специальных шкафах в помещениях, подлежащих защите установками пожаротушения;
- Основным источником зажигания является электропроводка в шкафах с электронной, электротехнической аппаратурой или средствами связи;
- Основной горючей нагрузкой в помещении является изоляция электропроводов, горючий материал печатных плат, входящих в состав электронного и электротехнического оборудования, в некоторых случаях – горючие материалы, применяющиеся для изготовления шкафов, в которых смонтировано оборудование;
- Шкафы, в которых смонтировано электронное и электротехническое оборудование, в связи с необходимостью обеспечения естественной вентиляции для охлаждения установленного оборудования имеют значительную степень негерметичности (до $0,5 \text{ м}^{-1}$) либо имеют принудительную вентиляцию;

- Степень загроможденности шкафов, в которых установлено электронное и электротехническое оборудование, велика (50-80 % от объема шкафа), однако внутри шкафа обеспечивается свободная циркуляция воздуха для улучшения конвективного воздухообмена;
- Электронное и электротехническое оборудование, установленное в шкафах, имеет высокую стоимость, а косвенные убытки, вызванные сбоем в работе данного оборудования, зачастую во много раз превышают стоимость самого оборудования.

Российский и зарубежный опыт обеспечения пожарной безопасности рассматриваемых объектов достаточно ясно свидетельствует о том, что наиболее эффективным и надежным средством противопожарной защиты в данном случае являются установки газового пожаротушения [1, 2]. Газовые огнетушащие составы не проводят электрический ток, не оставляют следов на защищаемой собственности и не причиняют ей вреда, легко проникают внутрь защищаемого оборудования сложной конфигурации, легко удаляются вентилярованием. При правильном выборе средств обнаружения пожара и алгоритма срабатывания установки огнетушащий газ способен ликвидировать пожар в его начальной стадии, сводя к минимуму возможный ущерб. Следует учесть, что применительно к рассматриваемым объектам проектирование систем газового пожаротушения имеет ряд специфических особенностей.

В частности, наиболее экономически целесообразно обеспечивать тушение шкафов с электронным оборудованием, а не объема помещения, в котором они установлены. Это связано с тем, что объем помещения, в котором шкафы установлены, во много раз превышает объем самих шкафов; стоимость оборудования, установленного в шкафах, во много раз превышает стоимость остального имущества в защищаемом помещении; основные источники зажигания располагаются в данных шкафах; и, наконец, подача огнетушащего вещества непосредственно в шкаф, в котором обнаружено загорание, позволяет избежать потерь времени на доставку огнетушащего вещества в очаг горения, связанных с распределением газового огнетушащего состава в объеме защищаемого помещения и проникновением его в шкаф с электронной аппаратурой, в котором обнаружено загорание, что приводит к уменьшению масштабов возможного ущерба.

Такого рода стратегия защиты шкафного оборудования накладывает специфические требования на проектирование систем газового пожаротушения. Система газового пожаротушения, защищающая один или несколько шкафов с электронным оборудованием, должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- Быстродействие системы обнаружения пожара должно быть достаточным для обеспечения ликвидации загорания в приемлемо короткий срок, минимизируя ущерб.

наносимый пожаром электронному оборудованию в загоревшемся шкафу и исключая распространение пожара на соседние шкафы;

- Подача газового огнетушащего состава должна быть организована таким образом, чтобы обеспечить создание во всем объеме защищаемого шкафа огнетушащей концентрации за максимально короткий срок; при этом насадки для выпуска состава должны располагаться как можно ближе к возможному очагу пожара;
- Масса огнетушащего состава, подаваемого в шкаф в случае пожара, должна быть достаточной для создания во всех точках объема шкафа огнетушащей концентрации, с учетом степени негерметичности шкафа и конвективного воздухообмена.

Основным препятствием при проектировании такого рода систем автоматического газового пожаротушения на территории России является несовершенство современной российской нормативной базы. В частности, максимальный параметр негерметичности, при котором согласно [3] разрешается защищать помещения (оборудование) автоматической установкой газового пожаротушения, составляет $0,001 \text{ м}^{-1}$ для азота и аргона и $0,044 \text{ м}^{-1}$ для других газовых огнетушащих составов. Шкафы с электронным оборудованием, обладающие степенью негерметичности до $0,5 \text{ м}^{-1}$, согласно [3] не подлежат защите автоматическими установками газового пожаротушения; вместе с тем зарубежный опыт однозначно показывает, что при условии расчета количества огнетушащего вещества, учитывающего условия применения установки, и, в частности, повышенную негерметичность оборудования (шкафа) или наличие в нём принудительной вентиляции, установка газового пожаротушения обеспечивает надежную и эффективную защиту такого рода объектов.

В частности, для тушения шкафной электронной аппаратуры газовыми огнетушащими составами за рубежом широко применяется технология «Fire Trace» [2]. Автономные установки пожаротушения, выполненные по этой технологии, применяются для тушения пожаров класса А2 и В по [4] в промышленных помещениях или блоках (шкафах) небольших объемов, в которых установлено электрическое или электронное оборудование или находятся горючие жидкости. Одним из преимуществ технологии «Fire Trace» является ее автономность. Такого рода система может применяться независимо от наличия средств автоматической пожарной сигнализации и источников электроснабжения. При необходимости возможно взаимодействие с системой автоматической пожарной сигнализации.

Модуль газового пожаротушения, изготовленный по технологии «Fire Trace», состоит из баллона с газовым огнетушащим веществом, запорно-пусковым устройством и шаровым краном для подключения термочувствительной трубки-детектора. Термочувствительная трубка изготовлена из сополимера специального состава, который разрывается в точке перегрева (при температуре $100-110 \text{ }^{\circ}\text{C}$) с образованием «сопла». Автономный пуск уста-

новки типа «Fire Trace» осуществляется при разрушении термочувствительной полимерной трубки, проложенной внутри защищаемого объема (например, шкафной аппаратуры). При этом давление в трубке резко падает, что приводит к открыванию запорно-пускового устройства модуля и подаче газа непосредственно в объем защищаемого шкафа.

4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАЩИЩАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ

Защищаемыми объектами являются приборные и электротехнические шкафы (далее шкафы) и другие объемы небольших размеров, в которых установлено электрическое или электронное оборудование или находятся горючие жидкости.

Шкафы могут располагаться как отдельно, так и секционно - по несколько шкафов в ряд. При этом между установленными в одном ряду шкафами перегородки могут отсутствовать, т.е. часть шкафов установленных в один ряд может иметь единый объем. Характерные размеры шкафов и пример возможного объединения их в секции приведён в таблице 1.

Внутри шкафов размещено электрическое оборудование (платы, приборы автоматики и т.п.), электрические провода и кабели. Степень загроможденности шкафов, в которых установлено электронное и электротехническое оборудование, составляет 50-80 % от объема шкафа, однако внутри шкафа обеспечивается свободная циркуляция воздуха для улучшения конвективного воздухообмена. Негерметичность шкафов без принудительной вентиляции составляют открытые проемы расположенные, как правило, в верхней и нижней части каждого шкафа. Параметр негерметичности шкафов может достигать $0,5 \text{ м}^3$.

Шкафы с большим тепловыделением оборудуются принудительной вентиляцией. Блок вентиляторов размещается, как правило, на верхней крышке шкафа и может включать в себя от 2-х до 6 вентиляторов производительностью от 50 до $230 \text{ м}^3 \times \text{час}^{-1}$ каждый.

Характерные размеры шкафов и пример возможного объединения их в секции

Номер шкафа	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Примечание
1	600	600	800	
2	1210	610	1255	
3	550	450	1400	
4	1000	600	2400	
5	800	800	2400	
6	660	850	2400	
7	905	806	2400	
8	800	600	2500	
9	1000	1000	2500	
10	800	600	2500	Шкафы установлены в один ряд, перегородки между шкафами 10÷11 и 13÷20 отсутствуют
11	800	600	2500	
12	800	600	2500	
13	800	600	2500	
14	800	600	2500	
15	800	600	2500	
16	800	600	2500	
17	800	600	2500	
18	800	600	2500	
19	800	600	2500	
20	800	600	2500	
21	800	600	2500	

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКТНОГО ПОЖАРА

Пожарной нагрузкой шкафов являются приборы автоматики, платы, электрические провода и кабели, размещенные внутри данных шкафов.

Образование пожара внутри приборных шкафов возможно при коротком замыкании, возникающем при различных условиях, например:

- Отказ приборов защиты и автоматики, расположенной как внутри, так и снаружи шкафа;
- Старение изоляции электрических проводов и кабелей, расположенных внутри шкафа;
- Изменение номинального напряжения с образованием, отличного от проектного, разогрева электрических проводов и кабелей;
- Нарушения техники безопасности при обслуживании и ремонте оборудования, находящегося внутри шкафа, и т.п.

В результате реализации вышеперечисленных, а также иных причин, возможно возникновение и развитие внутри приборных шкафов пожара электрооборудования, сопровождающегося выделением большого количества тепловой энергии и токсичных продуктов, способных нанести вред жизни и здоровью персонала, находящегося в помещении, в котором располагаются данные приборные шкафы.

Как известно пожар легче всего потушить, когда свободное горение продолжается не более 5 минут. Однако пожар внутри приборных шкафов связан с горением электрооборудования, находящегося под напряжением. Поэтому для начала тушения необходимо произвести отключение электроэнергии, питающей данное оборудование, что часто связано с потерей драгоценного времени. В результате возможна реализация ситуации, при которой пожар может развиваться и распространиться на рядом стоящее оборудование, что значительно осложнит работу, связанную с тушением пожара.

Для того чтобы не допустить распространение пожара оборудования, примыкающее к горящему шкафу необходимо:

- Приступить к тушению пожара электрооборудования, находящегося под напряжением, ручными средствами, исключая возможность поражения электрическим током человека участвующего в тушении (порошковые либо углекислотные огнетушители);
- Использовать для защиты данного оборудования систему автоматического пожаротушения, в которой в качестве огнетушащего использовались бы вещества не способные проводить электрический ток (порошок, хладоны, инертные газы).

Однако для того чтобы приступить к тушения ручными средствами пожаротушения, человек, производящий тушение, должен иметь соответствующую подготовку, знать допустимые безопасные расстояния и быть психологически подготовлен к тушению пожара электрооборудования, находящегося под напряжением.

Ограничение использования систем автоматического пожаротушения связано прежде все с небольшим объемом шкафа, т.е. сложностью (а иногда и невозможность из-за отсутствия свободного места внутри шкафа) монтажа трубопровода и паяжков распылителей внутри шкафа.

Из всего выше сказанного видно, что наиболее целесообразным было бы использование для тушения данного объекта автономных систем пожаротушения с использованием трубки «Fire Trace», рассчитанных на тушение каждого шкафа в отдельности или небольшой секции данных шкафов.

6 МОДИФИКАЦИИ МОДУЛЕЙ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ АУП-01Ф ПРОИЗВОДСТВА ЗАО «СКБ ТЕНЗОР» И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

ЗАО «СКБ Тензор» выпускается несколько модификаций модулей газового пожаротушения АУП-01Ф с использованием технологии «Fire Trace».

6.1 Исполнение 1 - установка с трубкой «Fire Trace».

В состав установки входит баллон с запорным устройством и сифонной трубкой (модуль) и, подключённая к запорному устройству через кран, трубка «Fire Trace», которая одновременно является устройством обнаружения пожара и устройством доставки огнетушащего вещества к очагу загорания и в защищаемый объем. Для контроля срабатывания установки на выходном патрубке ЗПУ установлен сигнализатор давления.

Принцип работы АУП-01Ф заключается в следующем.

Трубка «Fire Trace» прокладывается в защищаемом объёме в местах возможного возникновения загораний и повышения температуры при пожаре. Модуль с запасом ГОТВ может быть размещён либо непосредственно в защищаемом объёме либо в непосредственной близости от него. В нормальном состоянии система «модуль - трубка «Fire Trace» находится под избыточным давлением ГОТВ и газа вытеснителя (азота). При возникновении загорания и локальном нагреве трубки «Fire Trace» до температуры 110 -120°С, стенка трубки в месте нагрева размягчается и в ней вскрывается отверстие диаметром 4-6 мм, в виде форсунки через которую ГОТВ поступает на очаг пожара и в защищаемый объем. При воздействии открытого пламени время вскрытия трубки «Fire Trace» составляет- 5-6 сек.

Основные технические характеристики установки АУП – 01Ф приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Основные технические характеристики оборудования АУП-01Ф

№ п/п	Наименование характеристик	АУП-01Ф
1	Время выхода 95 % ГОТВ по массе не более, сек.	10
2	Длина трубки «Fire Trace» не более, м	10
3	Внутренний диаметр трубки «Fire Trace», мм	4
4	Степень защиты по ГОСТ 14252-80	IP54
5	Допустимый диапазон температур окружающей среды в процессе эксплуатации АУП-01Ф, °С	от минус 20 до плюс 50
6	Температура нагрева трубки «Fire Trace» для срабатывания АУП-01Ф, °С	110-120

6.2 Исполнение 2 – с подключённой к ЗПУ баллона трубкой «Fire Trace» и установленным на конце трубки распылителями (до 2-х) совмещёнными с электромагнитным клапаном (соленоидным клапаном прямого действия).

В состав установки входит баллон с запорным устройством и сифонной трубкой (модуль), подсоединенная к запорному устройству через кран трубка «Fire Trace» и уста-

новленные в её конце электромагнитные клапаны с распылителями. Электромагнитные клапана подключены к прибору контроля и управления типа ППКП-01Ф, обеспечивающему выдачу управляющего сигнала при срабатывании пожарных извещателей, размещённых в защищаемом объёме или снаружи - напротив проёмов составляющих негерметичность шкафа. Для контроля срабатывания установки на выходном патрубке ЗПУ установлен сигнализатор давления, подключённый к прибору контроля и управления ППКП-01Ф.

Трубка «Fire Trace» прокладывается в защищаемом объёме в местах возможного возникновения загораний и повышения температуры при пожаре. Электромагнитные клапана с распылителями устанавливается в верхней части защищаемого объёма. Модуль с запасом ГОТВ может быть размещён либо непосредственно в защищаемом объёме, либо в непосредственной близости от него. В нормальном состоянии система «модуль- трубка «Fire Trace» - электромагнитный клапан с распылителем» находится под избыточным давлением ГОТВ и газа вытеснителя (азота).

В случае локального нагрева трубки «Fire Trace» до температуры 110-120°C, установка срабатывает аналогично срабатыванию установки в исполнении 1.

При обнаружении пожара пожарными извещателями до вскрытия трубки «Fire Trace» установка срабатывает по управляющему сигналу, подаваемому на электромагнитные клапана от прибора управления. Если для защиты объёма требуется применение нескольких модулей, алгоритмом работы прибора контроля и управления, помимо выдачи команд на открытие электромагнитных клапанов распылителей по срабатыванию пожарных извещателей, предусмотрена выдача управляющих команд на электромагнитные клапаны распылителей всех модулей по получению сигнала от сигнализаторов давления в одном из них.

Время выхода 95 % ГОТВ по массе при срабатывании электромагнитных клапанов не более 10 сек.

Основные технические характеристики установки АУП – 01Ф аналогичны установке в исполнении 1. Характеристики электрического импульса необходимые для срабатывания электромагнитного клапана приведены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристики электрического импульса для срабатывания электромагнитного клапана

№ п/п	Наименование характеристик	АУП-01Ф
1	Напряжение питания электромагнитного клапана, В	24±3
2	Ток в пусковой цепи электромагнитного клапана, А	0,4-1,5

6.3 Исполнение 3 - установка имеет ЗПУ к которому подключены через кран трубка «Fire Trace» и распределительный трубопровод с распылителями. В нормальном состоянии трубка «Fire Trace» находится под давлением ГОТВ. При падении давления в трубке «Fire Trace» происходит срабатывание ЗПУ и ГОТВ подается в защищаемый объем через трубопровод с распылителями. В данном исполнении трубка «Fire Trace» выполняет функцию пожарного извещателя и управляющего прибора. Для контроля срабатывания установки на выходном патрубке ЗПУ установлен сигнализатор давления, подключенный к прибору контроля и управления ППКП-01Ф.

Установка может комплектоваться устройством дистанционного пуска с электромагнитным клапаном либо устройством ручного пуска, которые устанавливаются конце трубки «Fire Trace». Управление устройствами дистанционного пуска с электромагнитным клапаном может осуществляться от прибора контроля и управления аналогично установке в исполнении 2.

7. ВЫБОР ТИПА ГАЗОВОГО СОСТАВА

При выборе газового огнетушащего состава необходимого для тушения пожара приборного шкафа был произведен анализ физико-химических, токсикологических, экологических и экономических свойств хладонов и инертных газов.

В результате данного анализа был сделан вывод о нецелесообразности применения в качестве огнетушащего агента в автономных системах пожаротушения с использованием трубки «Fire Trace» инертных газов (азот, двуокись углерода, инерген) из-за следующих причин:

- Высокие значения огнетушащей концентрации;
- Из-за своих физических свойств (азот и газовый огнетушащий состав «Инерген» является сжатым газом, двуокись углерода хотя и является сжиженным газом, но имеет высокое значение давления насыщенных паров) инертные газы имеют низкое значение коэффициента заправки;
- По своим токсикологическим характеристикам (значения LOAEL и NOAEL) уступают многим хладам;
- При выпуске значительно охлаждают зону горения, что может привести к термоудару, в результате чего могут выйти из строя приборы, находящиеся внутри приборного шкафа;
- Обладают высокими значениями потенциала глобального потепления (ODP);

- Удельная суммарная стоимость защиты (баллон + газ) примерно в три раза выше, чем у многих хладонов.

Также был проведен анализ используемых в настоящее время в области пожаротушения фторированных хладонов и сделан вывод о том, что в качестве пожаротушащего агента в автономных системах пожаротушения с использованием трубки «Fire Trace» целесообразно применение хладона 227ea (гептафторпропан), хладона 318Ц (октафторциклобутан) и хладона 125 (пентафторэтан) из-за следующих причин:

- Имеют короткое (по сравнению с другими фторированными хладонами) время жизни в атмосфере;
- Низкие значения огнетушащей концентрации;
- Низкие значения уровня LOAEL;
- Высокие температуры разложения (низкий уровень образование токсичных продуктов).

По результатам данного анализа в качестве огнетушащего газа для автономных систем пожаротушения с использованием трубки «Fire Trace» рекомендуется применение хладонов 227ea, 318Ц и 125. Если проблема «термоудара» для защищаемого объекта не существенна, возможно применение двуокиси углерода.

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ГАЗОВОГО СОСТАВА, НЕОБХОДИМОГО ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРА В ПРИБОРНЫХ ШКАФАХ

Анализ результатов экспериментальных работ по тушению газовыми огнетушащими составами в объемах небольшого размера с параметром негерметичности превышающим установленные НПБ 88 -2001 значения показывает, что для расчёта массы ГОТВ применима методика предложенная в приложении №6 вышеуказанного документа. При этом значение коэффициента K_1 характеризующего утечки ГОТВ из запорной арматуры и неравномерность его распределения в защищаемом объёме должно быть увеличено до 1,2.

Расчет массы ГОТВ требуемой для тушения в шкафах с принудительной вентиляцией может быть проведён по уравнению:

$$M_p = (V_p + \omega \cdot \tau) \cdot p_1 \cdot \frac{C_H}{100 - C_H}, \text{ кг}$$

где: ω -- производительность вентиляции, $\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$; τ -- продолжительность подачи, с.

При этом продолжительность подачи рекомендуется в расчётах принимать равной 15 с., а максимальная производительность вентиляции не должна превышать $0,5 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$;

При превышении производительности принудительной вентиляции $0,5 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ продолжительность подачи должна уточняться по результатам натурных испытаний.

В качестве примера рассчитаем массу хладонов 227еа, 125 и 318Ц, находящихся в баллоне емкостью 2 литра, необходимую для тушения приборного шкафа с размерами $750 \times 550 \times 1400$ мм и имеющими открытые проёмы в верхней и нижней частях шкафа площадью $0,13 \text{ м}^2$ каждый.

Расчет необходимой массы хладона произведем на основании Приложения № 6 [3].

Расчетная масса ГОТВ M_p , которая должна храниться в баллоне, необходимая для защиты одного приборного шкафа определяется по формуле:

$$M_{\Sigma} = K_1 \cdot [M_p + M_{\text{пр}} + M_b \cdot n],$$

где: $K_1=1,2$ - коэффициент, учитывающий загроможденность шкафа и неравномерность распределения ГОТВ; M_p -- масса ГОТВ, предназначенная для создания в объеме помещения огнетушащей концентрации при отсутствии искусственной вентиляции воздуха, определяется по формуле:

для ГОТВ -- сжиженных газов, за исключением двуокиси углерода

$$M_p = V_p \cdot p_1 \cdot (1 + K_2) \cdot \frac{C_H}{100 - C_H}, \text{ кг}$$

$$\text{для хладона 227еа } M_p = 0,57 \cdot 8,43 \cdot (1 + 3,46) \cdot \frac{7,3}{100 - 7,3} = 1,68, \text{ кг}$$

$$\text{для хладона 125 } M_p = 0,57 \cdot 6,03 \cdot (1 + 3,46) \cdot \frac{9,8}{100 - 9,8} = 1,66, \text{ кг.}$$

$$\text{для хладона 318 Ц } M_p = 0,57 \cdot 9,77 \cdot (1 + 3,46) \cdot \frac{7,8}{100 - 7,8} = 2,1, \text{ кг.}$$

где $V_p = 0,57 \text{ м}^3$ - расчетный объем защищаемого шкафа., K_2 -- коэффициент, учитывающий потери газового огнетушащего вещества через проемы помещения; C_H -- нормативная объ-

емная концентрация, % (об.). Значения нормативных огнетушащих концентраций C_n приведены в приложении 5 [3], для хладона 227еа $C_n = 7,3$ % об., для хладона 125 $C_n = 9,8$ % об. (по н-гектану), для хладона 318Ц $C_n = 7,8$ % об. (по н-гектану); ρ_1 – плотность газового огнетушащего вещества с учетом высоты защищаемого объекта относительно уровня моря для минимальной температуры в помещении T_m , кг·м⁻³, определяется по формуле:

$$\rho_1 = \rho_0 \cdot \frac{T_0}{T_m} \cdot K_3, \text{ кг/м}^3$$

$$\text{для хладона 227еа } \rho_1 = 7,28 \cdot \frac{293}{253} \cdot 1 = 8,43 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{для хладона 125 } \rho_1 = 5,208 \cdot \frac{293}{253} \cdot 1 = 6,03 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{для хладона 318 Ц } \rho_1 = 8,438 \cdot \frac{293}{253} \cdot 1 = 9,77 \text{ кг/м}^3$$

где ρ_0 – плотность паров газового огнетушащего вещества при температуре $T_0 = 293$ К, (20°С) и атмосферном давлении 101,3 кПа, равная: для хладона 227еа - 7.28 кг/м³, для хладона 125 - 5,07 кг/м³, для хладона 318Ц- 8,93 кг/м³; T_m – минимальная температура воздуха в защищаемом помещении, равная 253 К; K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий высоту расположения объекта относительно уровня моря, значения которого приведены в таблице 11 приложения 5 [3]; принимаем равным 1. $M_{тр}$ - масса остатка газа в трубопроводах определяется по формуле:

$$M_{тр} = V_{тр} \cdot \rho_{готв}, (4)$$

где $V_{тр}$ – объем всей трубопроводной разводки установки, м³; $\rho_{готв}$ – плотность остатка ГОТВ при давлении, которое имеется в трубопроводе после окончания истечения массы газового огнетушащего вещества M_p в защищаемое помещение, т.к. объем трубопровода в автономной системе пожаротушения с использованием трубки «Fire Trace» ничтожно мал, то принимаем $M_{тр} = 0$.

При проведении расчёта коэффициент K_2 определялся по формуле:

$$K_2 = \Pi \cdot \delta \cdot \tau_{min} \cdot \sqrt{H} = 0,65 \cdot 0,45 \cdot 10 \cdot \sqrt{1,4} = 3,46,$$

где: $\Pi = 0,65$ – параметр учитывающий расположение проёмов, $\text{м}^{0,5} \cdot \text{с}^{-1}$; δ – параметр негерметичности, м^{-1} ; h – высота защищаемого шкафа, м, δ – параметр негерметичности помещения, $1/\text{м}$, определяемый по формуле:

$$\delta = \frac{\sum F_H}{V_p} = \frac{0,26}{0,57} = 0,45,$$

где $\sum F_H$ – суммарная площадь проёмов, по данным Заказчика, равная $0,26 \text{ м}^2$,
 $\tau_{\text{под}}$ – нормативное время подачи ГОТВ в защищаемое помещение, с.

Для шкафов без принудительной вентиляции:

для хладона 227ea $M_p = 1,2 \cdot [1,68 + 0 + 0,017 \cdot 1] = 2,03 \text{ кг}$.

для хладона 125 $M_p = 1,2 \cdot [1,66 + 0 + 0,012 \cdot 1] = 2 \text{ кг}$.

для хладона 318 Ц $M_p = 1,2 \cdot [2,1 + 0 + 0,021 \cdot 1] = 2,54 \text{ кг}$.

Для шкафов с принудительной вентиляцией расчёт величины M_p рекомендуется проводить по формуле:

$$M_p = (V_p + \omega \cdot \tau) \cdot p_1 \cdot \frac{C_H}{100 - C_H} \text{ кг}$$

для хладона 227ea $M_p = (0,57 + 0,38 \cdot 15) \cdot 8,43 \cdot \frac{7,3}{100 - 7,3} = 4,16$

для хладона 125 $M_p = (0,57 + 0,38 \cdot 15) \cdot 6,03 \cdot \frac{9,8}{100 - 9,8} = 4,01$

для хладона 318 Ц $M_p = (0,57 + 0,38 \cdot 15) \cdot 9,77 \cdot \frac{7,8}{100 - 7,8} = 5,18$

где: ω – производительность вентиляции, при максимальной вентиляции, равный $0,38 \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-1}$; τ – продолжительность подачи, рекомендуется осуществлять подачу за время, равное 15 с.

для хладона 227ea $M_p = 1,2 \cdot [4,16 + 0 + 0,017 \cdot 1] = 5,01 \text{ кг}$.

для хладона 125 $M_p = 1,2 \cdot [4,01 + 0 + 0,012 \cdot 1] = 4,82 \text{ кг}$.

для хладона 318 Ц $M_p = 1,2 \cdot [5,18 + 0 + 0,021 \cdot 1] = 6,24 \text{ кг}$.

В таблице 4 приведены результаты огневых испытаний автономной установки с трубкой «Fire Trace» (Исполнение 1), проведённых на полигоне ОАО «Приборный завод «Тензор». Испытания проводились на 2-х приборных шкафах размером 1400×750×550 мм, имеющих конструктивное исполнение аналогичное применяемым на АЭС. Негерметичность шкафов составляет 0,07 и 0,45 м⁻¹ соответственно. Отверстия, составляющие негерметичность, размещены в верхней и нижней частях каждого шкафа. Для тушения использован хладон 227ea. Методика проведения и протокол испытаний приведены в Приложении.

Таблица 4

Параметр негерметичности, м ⁻¹	Масса ГОТВ в модуле, кг	Продолжительность, с		Результат опыта
		τ_1 *)	τ_2 **)	
0,07	1,5	65	6,5	- Трубка «FIRETRACE» вскрылась в месте её прокладки вдоль боковой стенки шкафа. - тушение модельных очагов на всех по высоте уровнях произошло ~ на 5с.
0,45	1,9	430	9,0	- Трубка «FIRETRACE» вскрылась в месте её прокладки под верхней крышкой шкафа после загорания конструкционных материалов и распространения горения до верхней отметки. -тушение конструкционных материалов и модельных очагов на всех по высоте уровнях произошло ~ на 9с.
0,07	1,2	80	6,0	- Трубка «FIRETRACE» вскрылась в месте её прокладки вдоль боковой стенки шкафа. - тушение модельных очагов на всех по высоте уровнях произошло ~ на 5с. - Воспламенения конструкционных материалов от модельных очагов не наблюдалось.
0,045	1,6	200	7,9	- Трубка «FIRETRACE» вскрылась в месте её прокладки под верхней крышкой шкафа после начала горения конструкционных материалов. - время тушения конструкционных материалов и модельных очагов на всех по высоте уровнях совпало с окончанием подачи ГОТВ.

*) τ_1 – продолжительность от момента зажигания модельных очагов до срабатывания установки; **) τ_2 – продолжительность подачи ГОТВ.

Как видно результаты расчета проведённого по методике на основании Приложения № 6 [3] согласуются с результатами полученными в экспериментах. Поэтому расчёт величины M_0 в АУП -01Ф для шкафов с негерметичностью до $0,5 \text{ м}^3$, допускается проводить по методике Приложения № 6 [3]. При этом значение коэффициента K_1 характеризующего утечки ГОТВ из арматуры и неравномерность распределения состава в защищаемом объёме рекомендуется принять равным 1,2.

9. ТРЕБОВАНИЯ К УСТАНОВКЕ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Расчет количества огнетушащего вещества в автономной установке пожаротушения АУП-01Ф любой из трех описанных в разделе 6 настоящих Рекомендаций модификаций должен производиться по методам, изложенным в разделе 8 настоящих Рекомендаций.

Согласно требованиям п.7.11.3. [3] модульные установки, кроме расчетного количества ГОТВ, должны иметь его 100 %-ный запас. При наличии на объекте нескольких модульных установок запас предусматривается в объеме, достаточном для восстановления работоспособности установки, сработавшей в любом из защищаемых объемов. Запас следует хранить в модулях, аналогичных модулям установок. Модули с запасом должны быть подготовлены к монтажу в установки. Модули с запасом должны храниться на складе объекта или организации, осуществляющей сервисное обслуживание установок пожаротушения.

Согласно требованиям п. 7.12.3*. [3] установка должна обеспечивать подачу не менее 95 % массы газового огнетушащего вещества, требуемой для создания нормативной огнетушащей концентрации в защищаемом оборудовании (шкафу), за временной интервал, не превышающий 10 с, при этом номинальное значение временного интервала определяется при хранении сосуда с ГОТВ при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Согласно требованиям п. 7.13.1*. [3] модули установки могут располагаться как в самом защищаемом шкафу, так и за его пределами, в непосредственной близости от него. Расстояние от сосудов до источников тепла (приборов отопления и т. п.) должно составлять не менее 1 м.

Согласно требованиям п. 7.13.2. [3] размещение технологического оборудования установок должно обеспечивать возможность их обслуживания.

Согласно требованиям п. 7.13.3. [3] сосуды следует размещать возможно ближе к защищаемым шкафам. При этом сосуды не следует располагать в местах, где они могут быть подвергнуты опасному воздействию факторов пожара (взрыва), механическому, химическому или иному повреждению, прямому воздействию солнечных лучей.

Прокладку трубки «Fire Trace» внутри защищаемого шкафа следует производить с учетом наиболее вероятных мест возникновения пожара и наиболее вероятных путей его распространения. При этом при монтаже трубки «Fire Trace» расстояние между ее горизонтальными участками не должно превышать 1 м.

Согласно требованиям п. 7.13.8. [3] в установках АУП-01Ф любой из модификаций описанных в разделе 6 настоящих Рекомендаций следует предусмотреть устройства контроля давления в модулях с ГОТВ.

Защиту многосекционных шкафов с электрическим и электронным оборудованием, в том случае, если количество огнетушащего состава, рассчитанное по методике, изложенной в разделе 8 настоящих Рекомендаций, превышает емкость одного модуля, следует осуществлять при помощи систем пожаротушения АУП-01Ф модификации 2 и 3. При этом должна быть обеспечена одновременная подача ГОТВ в защищаемый объем из всех модулей.

В случае применения АУП 01Ф модификации 2 количество модулей следует выбирать таким, чтобы обеспечить в установке необходимое количество огнетушащего состава, а алгоритм работы установки должен предусматривать выдачу управляющего сигнала на электромагнитные клапаны распылителей при вскрытии трубки «Fire Trace» любого из модулей и срабатыванию его сигнализатора давления. При этом модули допускается не объединять в единый коллектор.

В случае применения АУП 01Ф модификации 3 с установленными в конце трубки «Fire Trace» каждого модуля устройством дистанционного пуска алгоритм запуска должен предусматривать выдачу управляющего сигнала на включение всех устройств дистанционного пуска при срабатывании сигнализатора давления в любом их модулей.

В случае применения АУП 01Ф модификации 3 без устройств дистанционного пуска модули должны быть объединены при помощи коллектора, а объемы трубок «Firetrace» всех модулей должны сообщаться между собой.

При подключении модулей к коллектору трубопровода для подачи ГОТВ следует применять модули одного типоразмера с одинаковым наполнением ГОТВ и давлением газа-вытеснителя, согласно требованиям п. 7.13.5* [3]. Допускается не предусматривать обратные клапаны для их подключения к коллектору; для герметизации коллектора при отключении модулей в этом случае следует предусмотреть заглушки. Выпуск ГОТВ должен производиться из всех модулей одновременно через один магистральный трубопровод с подачей ГОТВ через распределительные трубопроводы и пазы, установленные в каждой секции шкафа.

Наружные поверхности трубопроводов, кроме резьб и уплотнительных поверхностей, должны быть покрыты защитной краской. Насадки установок должны быть размещены и ориентированы в пространстве в соответствии с проектом на установку и технической документацией на насадки. При расположении в местах их возможного повреждения они должны быть защищены. Не допускается использовать насадки, имеющие трещины, вмятины и другие дефекты, влияющие на их работоспособность.

Трубопроводы подачи ГОТВ и их соединения в установках АУП-01Ф модификации 3 должны обеспечивать прочность при давлении не менее $1,25 P_1$, (P_1 — максимальное давление ГОТВ в сосуде в условиях эксплуатации).

Окраска составных частей установок АУП-01Ф, включая трубопроводы, как правило, должна соответствовать требованиям [5]. Трубопроводы и модули установок, расположенные в помещениях, к которым предъявляются особые требования по эстетике, могут быть окрашены в соответствии с этими требованиями. Окраска насадков, пожарных извещателей и трубок «Fire Trace» не допускается.

Установки АУП-01Ф модификации 2 и 3 по надежности электроснабжения должны быть обеспечены, как электроприемники 1-й категории согласно [6].

Установки АУП-01Ф любой модификации должны быть обеспечены запасом трубки «Fire Trace», длиной равным наиболее длинному из отрезков трубки, установленных в составе установок на объекте. Установки АУП-01Ф модификации 2 должны быть обеспечены запасом пожарных извещателей не менее 10 % от числа смонтированных. Запрещается использовать вскрывшуюся трубку «Fire Trace» повторно.

После срабатывания установки АУП-01Ф любой модификации необходимо перезагрузить сработавший модуль требуемым количеством ГОТВ, с наддувом газом вытеснителем (азотом) до требуемого давления в соответствии с проектом установки; в том случае, если срабатывание установки было вызвано вскрытием трубки «Fire Trace», необходимо полностью заменить трубку «Fire Trace» в составе установки. Разрешается повторно использовать электромагнитный клапан-распылитель в составе установки АУП-01Ф модификации 2, при условии замены вскрывшейся трубки «Fire Trace».

10. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Организационно-технические мероприятия, обеспечивающие контроль технического состояния данных установок и обслуживание данных установок после срабатывания, должны быть определены в проектной и эксплуатационной документации на установки.

Установку, монтаж, техническое обслуживание, ремонт и обслуживание после срабатывания установок АУП-01Ф с трубкой «Fire Trace», используемых для противопо-

жарной защиты приборных шкафов должна производить специализированная организация, имеющая лицензию на проведение данного вида работ.

Регламентные работы по техническому обслуживанию и планово-предупредительному ремонту автоматических установок пожаротушения должны осуществляться в соответствии с годовым планом-графиком, составляемым с учетом технической документации заводов-изготовителей, и сроками проведения ремонтных работ. ТО и ППР должны выполняться специально обученным обслуживающим персоналом или специализированной организацией, имеющей лицензию, по договору.

В период выполнения работ по ТО или ремонту, связанных с отключением установки (отдельных линий, извещателей), руководитель предприятия должен принять необходимые меры по защите от пожаров зданий, сооружений, помещений, технологического оборудования.

Баллоны и емкости установки пожаротушения, масса огнетушащего вещества и давление в которой ниже расчетных значений на 10% и более, подлежат дозарядке или перезарядке.

11. ТРЕБОВАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Согласно требованиям п. 5.1 [7] при эксплуатации, техническом обслуживании, испытаниях и ремонте установки необходимо соблюдать требования безопасности действующих нормативных документов [8], [9], [10], технической документации на ГОТВ и проекта на установку.

Согласно требованиям п. 5.3 [7] запорные устройства (вентили, краны) должны быть снабжены указателями (стрелками) направления потока газа (жидкости) и надписями "ОТКР." и "ЗАКР." и исключать возможность случайного или самопроизвольного включения и выключения установки.

Согласно требованиям п. 5.4 [7] в установках на участках трубопроводов, где возможно образование замкнутых полостей для сжиженных ГОС, рекомендуется предусматривать предохранительные устройства для безопасного сброса ГОС. Давление срабатывания предохранительных устройств должно составлять $1,25 P_1$

Согласно требованиям п. 5.5 [7] электрооборудование и трубопроводы установок должны быть заземлены (занулены).

Согласно требованиям п. 5.6 [7] у места проведения испытаний или ремонтных работ установок должны быть установлены предупреждающие знаки “Осторожно! Прочие опасности” по [5] и поясняющая надпись “Идут испытания!”, а также вывешены инструкции и правила безопасности.

Согласно требованиям п. 5.9 [7] действия персонала в помещениях, в которых установлены шкафы, защищенные установками АУП-01Ф, должны быть указаны в инструкциях по технике безопасности, применяемых на объекте.

Согласно требованиям п. 5.11 [7] к работе с установкой должны допускаться лица, прошедшие специальный инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе согласно ГОСТ 12.0.004.

Согласно требованиям п. 7.28. [3] проектирование установок АУП-01Ф следует производить с учетом обеспечения возможности выполнения требований безопасности при проведении работ по монтажу, наладке, приемке и эксплуатации установки, которые изложены в действующей нормативно-технической документации для данного вида установок.

Согласно требованиям п. 7.32. [3] сосуды, применяемые в установках пожаротушения, должны соответствовать требованиям [ПБ 10-115-96].

Согласно требованиям п. 7.33. [3] заземление и зануление приборов и оборудования установок должно выполняться согласно ПУЭ и соответствовать требованиям технической документации на оборудование. Заземление и зануление трубопровода «Firetrace» не требуется, так как трубопровод изготовлен из токонепроводящего полимерного материала.

Согласно требованиям п. 7.37. [3] в части охраны окружающей среды установки должны соответствовать требованиям технической документации к огнетушителям веществам при эксплуатации, техническом обслуживании, испытании и ремонте.

12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование установок пожаротушения АУП-01Ф производства ЗАО «СКБ Тензор», рекомендуется для противопожарной защиты шкафов или иных, подобного типа объектов. В установках целесообразно применить газовые огнетушащие составы, указанные в разделе 7 настоящих «Рекомендаций...». Параметры и размеры шкафов или иных объектов не должны превышать следующих значений: объёмы не более $8,5\text{ м}^3$, высота не более 2,5 м, параметр негерметичности не более $0,5\text{ м}^3/\text{ч}$. При условии использования установок пожаротушения в шкафах с принудительной вентиляцией, производительность вентиляции не должна превышать $0,5\text{ м}^3/\text{с}$.

Расчет массы газового огнетушащего состава при проектировании установок должен производиться по методу, изложенному в разделе 8 настоящих Рекомендаций.

Настоящие рекомендации могут быть использованы при проектировании установок пожаротушения, в том числе и для противопожарной защиты приборных шкафов, применяемых на АЭС.

Рекомендации разработали:

Главный научный сотрудник отдела 4.2

д.т.н., проф.

Научный сотрудник отдела 4.2

Научный сотрудник отдела 4.2

В.М. Николаев

В.А. Углов

С.А. Козыков

13. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.В. Смирнов. Новые проектные решения для установок газового пожаротушения. / Алгоритм безопасности, № 5, 2005
2. Н.В. Смирнов. Новые технологии в газовом пожаротушении. / Алгоритм безопасности, № 5, 2005
3. НПБ 88-2001* Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
4. ГОСТ 27331-87 Пожарная техника. Классификация пожаров.
5. ГОСТ 12.4.026-76* ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности.
6. Правила устройства электроустановок.
7. ГОСТ Р 50969-96 Установки газового пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний.
8. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.
10. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей