

ВЫБОР И РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ГАЗОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

А. В. Меркулов, В. А. Меркулов

ЗАО "Артсок"

Приводятся основные факторы, влияющие на оптимальный выбор установки газового пожаротушения (УГП): тип горючей нагрузки в защищаемом помещении (архивы, фондохранилища, радиоэлектронное оборудование, технологическое оборудование и т.д.); величина защищаемого объема и его негерметичность; вид газового огнетушащего вещества (ГОТВ); тип оборудования, в котором ГОТВ должно храниться, и тип УГП: централизованная или модульная.

Правильный выбор установки газового пожаротушения (УГП) зависит от многих факторов. Поэтому целью данной работы является выявление основных критериев, влияющих на оптимальный выбор установки газового пожаротушения и принцип ее гидравлического расчета.

Основные факторы, влияющие на оптимальный выбор установки газового пожаротушения. Во-первых, тип горючей нагрузки в защищаемом помещении (архивы, фондохранилища, радиоэлектронное оборудование, технологическое оборудование и т.д.). Во-вторых, величина защищаемого объема и его негерметичность. В-третьих, вид газового огнетушащего вещества. В-четвертых, тип оборудования, в котором газовое огнетушащее вещество должно храниться. В-пятых, тип установки газового пожаротушения: централизованная или модульная. Последний фактор может иметь место только при необходимости противопожарной защиты двух и более помещений на одном объекте. Поэтому рассмотрим взаимное влияние только четырех выше перечисленных факторов, т.е. в предположении, что на объекте необходима противопожарная защита только одного помещения.

Конечно, правильный выбор установки газового пожаротушения должен основываться на оптимальных технико-экономических показателях.

Следует особо отметить, что любое из разрешенных к применению газовое огнетушащее вещество ликвидирует пожар независимо от типа горючего материала, но только при создании в защищаемом объеме нормативной огнетушащей концентрации.

Взаимное влияние перечисленных выше факторов на технические и экономические параметры установки газового пожаротушения будем оцени-

вать из условия, что в России разрешены к применению следующие газовые огнетушащие вещества: хладон 125, хладон 318Ц, хладон 227еа, хладон 23, CO_2 , N_2 , Ar и смесь (N_2 , Ar и CO_2), имеющая торговую марку Инерген.

По способу хранения и методам контроля газовых огнетушащих веществ в модулях газового пожаротушения (МГП) все газовые огнетушащие вещества можно разбить на три группы.

К первой группе относятся хладон 125, 318Ц и 227еа. Эти хладоны хранятся в модуле газового пожаротушения в сжиженном виде под давлением газа-вытеснителя, чаще всего азота. Модули с перечисленными хладонами, как правило, имеют рабочее давление, не превышающее 6,4 МПа. Контроль количества хладона в процессе эксплуатации установки осуществляется по манометру, установленному на модуле газового пожаротушения.

Хладон 23 и CO_2 составляют вторую группу. Они хранятся также в сжиженном виде, но вытесняются из модуля газового пожаротушения под давлением собственных насыщенных паров. Рабочее давление модулей с перечисленными газовыми огнетушащими веществами должно иметь рабочее давление не менее 14,7 МПа. Во время эксплуатации модули должны быть установлены на весовых устройствах, обеспечивающих непрерывный контроль массы хладона 23 или CO_2 .

К третьей группе относятся N_2 , Ar и Инерген. Данные газовые огнетушащие вещества хранятся в модулях газового пожаротушения в газообразном состоянии. Далее, когда будем рассматривать достоинства и недостатки газовых огнетушащих веществ из этой группы, остановимся только на азоте.

Это связано с тем, что N_2 является самым эффективным (наименьшая огнетушащая концентрация) и имеет наименьшую стоимость. Контроль массы перечисленных газовых огнетушащих веществ осуществляется по манометру. N_2 , Ar или Инерген хранятся в модулях при давлении 14,7 МПа и более.

Модули газового пожаротушения, как правило, имеют емкость баллонов, не превышающую 100 л. При этом модули емкостью более 100 л, согласно ПБ 10-115, подлежат регистрации в Госгортехнадзоре России, что влечет за собой достаточно большое количество ограничений на их использование в соответствии с указанными правилами.

Исключением являются модули изотермические для жидкой двуокиси углерода (МИЖУ) емкостью от 3,0 до 25,0 м³. Эти модули разработаны и изготавливаются для хранения в установках газового пожаротушения двуокиси углерода в количествах, превышающих 2500 кг. Модули изотермические для жидкой двуокиси углерода оснащены холодильными агрегатами и нагревательными элементами, что позволяет поддерживать давление в изотермическом резервуаре в диапазоне 2,0 – 2,1 МПа при температуре окружающей среды от минус 40 до плюс 50 °С.

Рассмотрим на примерах, как влияют каждый из четырех факторов на технико-экономические показатели установки газового пожаротушения. Масса газового огнетушащего вещества рассчитывалась по методике, изложенной в НПБ 88–2001.

Пример 1. Требуется защитить радиоэлектронное оборудование в помещении объемом 60 м³. Помещение условно герметичное, т.е. $K_2 \approx 0$. Результаты расчета сведем в табл. 1.

Экономическое обоснование табл. 1 в конкретных цифрах имеет определенную трудность. Это связано с тем, что стоимость оборудования и газового огнетушащего вещества у фирм-производителей и поставщиков различна. Однако имеется общая тенденция, заключающаяся в том, что с увеличением емкости баллона возрастает стоимость модуля газового пожаротушения. 1 кг CO_2 и 1 м³ N_2 близки по цене и на два порядка меньше стоимости хладонов. Анализ табл. 1 показывает, что стоимость установки газового пожаротушения с хладоном 125 и CO_2 сопоставима по величине. Несмотря на значительно более высокую стоимость хладоном 125 по сравнению с двуокисью углерода, суммарная цена хладон 125 – модуль газового пожаротушения с баллоном емкостью 40 л будет сопоставима или даже несколько ниже комплекта двуокись углерода – модуль газового пожаротушения с баллоном 80 л – весовое устройство. Однозначно можно констатировать значительно большую стоимость установки газового пожаротушения с азотом по сравнению с двумя ранее рассмотренными вариантами, т.к. требуется два модуля с максимальным объемом. Потребуются больше места для размеще-

ТАБЛИЦА 1

Наименование ГОТВ	Количество ГОТВ	Емкость баллона МГП, л	Количество МГП, шт.
Хладон 125	36 кг	40	1
CO_2	51 кг	80	1
N_2	27 м ³	100	2

ния двух модулей в помещении и, естественно, стоимость двух модулей объемом 100 л всегда будет больше стоимости модуля объемом 80 л с весовым устройством, которое, как правило, в 4 – 5 раз дешевле самого модуля.

Пример 2. Параметры помещения аналогичны примеру 1, но требуется защитить не радиоэлектронное оборудование, а архив. Результаты расчета аналогично первому примеру сведем в табл. 2.

На основе анализа табл. 2 можно однозначно сказать, что и в данном случае стоимость установки газового пожаротушения с азотом значительно выше стоимости установок газового пожаротушения с хладоном 125 и двуокисью углерода. Но в отличие от первого примера в данном случае более четко можно отметить, что наименьшую стоимость имеет установка газового пожаротушения с двуокисью углерода, т.к. при сравнительно небольшой разнице в стоимости между модулем газового пожаротушения с баллоном емкостями 80 и 100 л цена 56 кг хладоном 125 значительно превышает стоимость весового устройства.

Аналогичные зависимости будут прослеживаться, если возрастает объем защищаемого помещения и/или увеличивается его негерметичность, т.к. все это вызывает общее увеличение количества любого вида газового огнетушащего вещества.

Таким образом, только на основании двух примеров видно, что выбрать оптимальную установку газового пожаротушения для противопожарной защиты помещения можно только после рассмотрения, как минимум, двух вариантов с различными видами газовых огнетушащих веществ.

Однако имеются исключения, когда установка газового пожаротушения с оптимальными технико-экономическими параметрами не может быть применена из-за определенных ограничений, накладываемых на газовые огнетушащие вещества.

ТАБЛИЦА 2

Наименование ГОТВ	Количество ГОТВ	Емкость баллона МГП, л	Количество МГП, шт.
Хладон 125	56 кг	80	1
CO_2	66 кг	100	1
N_2	36 м ³	80	3

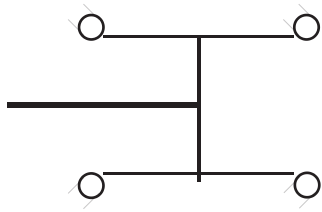


РИС. 1

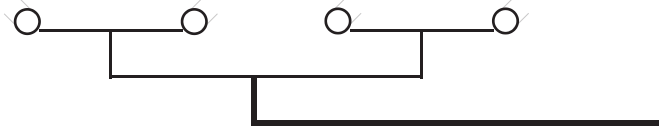


РИС. 2

К таким ограничениям прежде всего относится защита особоважных объектов в сейсмоопасной зоне (например, объекты ядерной энергетики и т.д.), где требуется установка модулей в сейсмостойкие рамы. В этом случае исключается использование хладона 23 и двуокиси углерода, т.к. модули с этими газовыми огнетушащими веществами должны устанавливаться на весовых устройствах, исключающих их жесткое крепление.

К противопожарной защите помещений с постоянно присутствующим персоналом (авиадиспетчерские, залы с щитами управления АЭС и т.д.) предъявляются ограничения по токсичности газовых огнетушащих веществ. В этом случае исключается применение двуокиси углерода, т.к. объемная огнетушащая концентрация двуокиси углерода в воздухе является смертельной для человека.

При защите объемов более 2000 м³ с экономической точки зрения наиболее приемлемым является применение двуокиси углерода, заправленной в модуль изотермический для жидкой двуокиси углерода, по сравнению со всеми остальными газовыми огнетушащими веществами.

После проведения технико-экономического обоснования становится известным количество газовых огнетушащих веществ, необходимое для ликвидации пожара, и предварительное количество модулей газового пожаротушения.

Далее определяется место установки модулей газового пожаротушения, насадков в защищаемом объеме и трасса прокладки трубной разводки.

Насадки должны быть установлены в соответствии с картами распыла, указанными в технической документации завода-изготовителя насадков. Расстояние от насадков до потолка (перекрытия, подвесного потолка) не должно превышать 0,5 м при использовании всех газовых огнетушащих веществ, за исключением N₂.

Трубная разводка, как правило, должна быть симметричной, т.е. насадки должны быть равно удалены от магистрального трубопровода. В этом случае расход газовых огнетушащих веществ через все насадки будет одинаков, что обеспечит создание равномерной огнетушащей концентрации в защищаемом объеме. Типичные примеры симметричной трубной разводки приведены на рис. 1 и 2.

При проектировании трубной разводки следует также учитывать правильное соединение отводящих трубопроводов (рядков, отводов) от магистрального.

Крестообразное соединение возможно только при условии, когда расходы газовых огнетушащих веществ G_1 и G_2 равны по величине (рис. 3).

Если $G_1 \neq G_2$, то противоположные соединения рядков и отводов с магистральным трубопроводом необходимо разносить по направлению движения газовых огнетушащих веществ на расстояние L , превышающее $10D$, как показано на рис. 4, где D — внутренний диаметр магистрального трубопровода.

На пространственное соединение труб при проектировании трубной разводки установки газового пожаротушения не накладывается никаких ограничений при применении газовых огнетушащих веществ, принадлежащих ко второй и третьей группам. А для трубной разводки установки газового пожаротушения с газовыми огнетушащими веществами первой группы имеется ряд ограничений. Это вызвано следующим.

При наддуве хладона 125, 318Ц или 227ea в модуле газового пожаротушения азотом до требуемого давления азот частично растворяется в перечисленных хладонах, причем количество растворяемого азота в хладонах пропорционально давлению наддува.

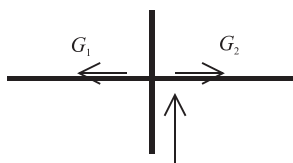


РИС. 3

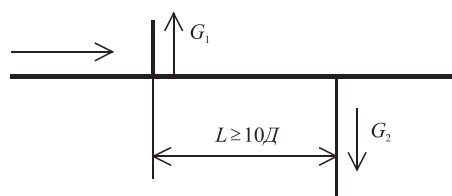


РИС. 4

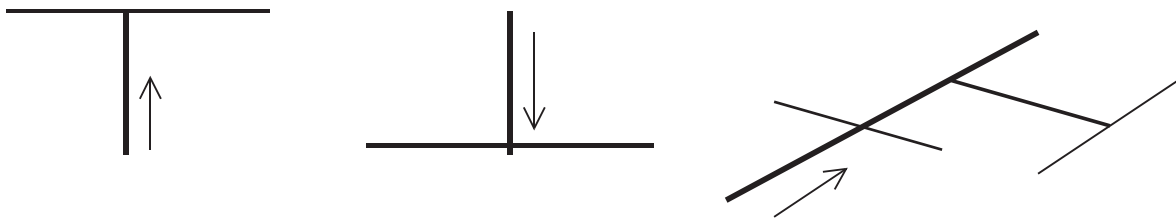


РИС. 5

После открытия запорно-пускового устройства модуля газового пожаротушения под давлением газа-вытеснителя хладон с частично растворенным азотом по трубной разводке поступает к насадкам и через них выходит в защищаемый объем. При этом давление в системе “модули – трубная разводка” снижается в результате расширения объема, занимаемого азотом в процессе вытеснения хладона, и гидравлического сопротивления трубной разводки. Происходит частичное выделение азота из жидкой фазы хладона и образуется двухфазная среда “смесь жидкой фазы хладона – газообразный азот”. Поэтому к трубной разводке установки газового пожаротушения, применяющей первую группу газовых огнетушащих веществ, накладывается ряд ограничений. Основная цель этих ограничений направлена на предотвращение расслоения двухфазной среды внутри трубной разводки.

При проектировании и монтаже все соединения трубной разводки установки газового пожаротушения должны выполняться так как показано на рис. 5, и запрещается выполнять их в виде, показанном на рис. 6. На рисунках стрелками показано направление течения газовых огнетушащих веществ по трубам.

В процессе проектирования установки газового пожаротушения в аксонометрическом виде определяется схема трубной разводки, длина труб, количество насадков и их высотные отметки. Для определения внутреннего диаметра труб и суммарной площади выходных отверстий каждого насадка необходимо выполнить гидравлический расчет установки газового пожаротушения.

Методика выполнения гидравлического расчета установки газового пожаротушения с двуокисью углерода приведена в работе [1]. Расчет установки газового пожаротушения с инертными газами не является проблемой, т.к. в этом случае течение инерт-

ных газов происходит в виде однофазной газовой среды.

Гидравлический расчет установки газового пожаротушения, использующих в качестве газового огнетушащего вещества хладоны 125, 318С и 227еа, представляет собой сложный процесс. Применение методики гидравлического расчета, созданной для хладона 114В2 [2], неприемлемо в связи с тем, что в этой методике течение хладона по трубам рассматривается в виде однородной жидкости.

Как отмечалось выше, течение хладонов 125, 318Ц и 227еа по трубам происходит в виде двухфазной среды (газ – жидкость), причем с уменьшением давления в системе уменьшается плотность газожидкостной среды. Поэтому для поддержания неизменным массового расхода газовых огнетушащих веществ необходимо увеличить скорость газожидкостной среды или внутренний диаметр трубопроводов.

Сопоставление результатов натуральных испытаний с выпуском хладонов 318Ц и 227еа из установки газового пожаротушения показало, что данные испытаний более чем на 30 % отличались от расчетных значений, полученных по методике, не учитывающей растворимость азота в хладоне.

Влияние растворимости газа-вытеснителя учтено в методиках гидравлического расчета установки газового пожаротушения, в которых в качестве газового огнетушащего вещества применяется хладон 13В1 [3, 4]. Данные методики не имеют обобщающего характера. Предназначены для гидравлического расчета установки газового пожаротушения только с хладоном 13В1 при двух значениях давления наддува МГП азотом — 4,2 и 2,5 МПа и; при четырех значениях в работе [3] и шести значениях в работе [4] коэффициента заполнения модулей хладоном.

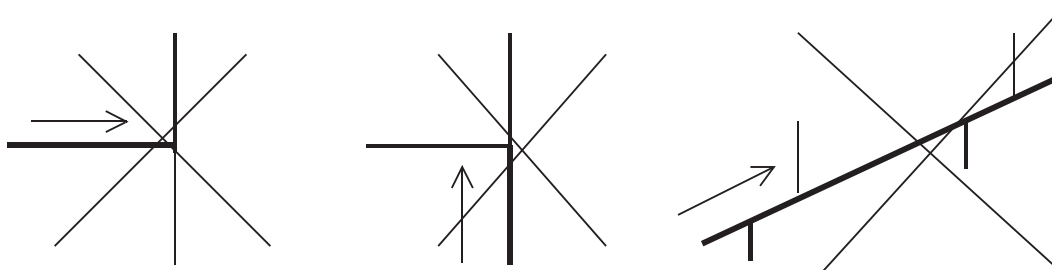


РИС. 6

Учитывая изложенное, была поставлена задача и разработана методика гидравлического расчета установки газового пожаротушения с хладагентами 125, 318Ц и 227еа, а именно: при заданном суммарном гидравлическом сопротивлении модуля газового пожаротушения (входа в сифонную трубку, сифонной трубки и запорно-пускового устройства) и известной трубной разводке установки газового пожаротушения найти распределение массы хладагента, прошедшего через отдельные насадки, и время истечения расчетной массы хладагента из насадков в защищаемый объем после одновременного открытия запорно-пускового устройства всех модулей. При создании методики учитывалось нестационарное течение двухфазной газожидкостной смеси "хладагент – азот" в системе, состоящей из модулей газового пожаротушения, трубопроводов и насадков, что потребовало знание параметров газожидкостной смеси (полей давления, плотности и скорости) в любой точке трубопроводной системы в любой момент времени.

В этой связи трубопроводы разбивались на элементарные ячейки в направлении осей плоскостями, перпендикулярными осям. Для каждого элементарного объема записывались уравнения неразрывности, количества движения и состояния.

При этом функциональная зависимость между давлением и плотностью в уравнении состояния газожидкостной смеси связывалось соотношением с использованием закона Генри в предположении однородности (гомогенности) газожидкостной смеси. Коэффициент растворимости азота для каждого из рассматриваемых хладагентов был определен экспериментально.

Для выполнения гидравлических расчетов установки газового пожаротушения была разработана программа расчета на языке Fortran, которая получила наименование "ZALP".

Программа гидравлического расчета позволяет при заданной схеме установки газового пожаротушения, в общем случае включающей в себя:

- Модули газового пожаротушения, заправленные газовыми огнетушащими веществами с наддувом азотом до давления P_n ;
- коллектор и магистральный трубопровод;
- распределительные устройства;
- распределительные трубопроводы;
- отводы;
- насадки на отводах, определить:
 - инерционность установки;
 - время выпуска расчетной массы газовых огнетушащих веществ;



ЗАО «АРТСОК»

Системы газового пожаротушения

Россия, 119619, г. Москва
ул. Производственная, 6
Тел./факс: 435-77-66
435-26-74, 435-39-23
E-mail: artsok@artsok.com
artsok@centro.ru
Http: www.artsok.com







Деятельность лицензирована

1. Модули МГП 16, МГП 35 и МГП 50, емкостью от 25 до 100 литров, для хранения и выпуска огнетушащих составов: хладагента 125, хладагента 23, хладагента 318ц (ИГМЕР), хладагента 227еа, углекислоты (CO₂), азота (N₂), аргона (Ar), их смеси и другие. Модули имеют электрический (в том числе и во взрывобезопасном исполнении «1 Exse IIТ6»), пневматический и местный пуск.
2. Модули изотермические для жидкой двуокиси углерода (МИЖУ), емкостью резервуаров от 3 до 25 куб. м. для защиты помещений от 800 до 15000 куб. м. Выпуск CO₂ дозированный по времени или по массе. Рабочий диапазон температуры от минус 40° до плюс 50°С.
3. Насадки для установок газового пожаротушения.
4. Распределительные устройства РУ-А-25, РУ-А-32, РУ-А-50, РУ-А-80, РУ-А-100, РУ-А-150, РУ-А-200.
5. Дымососы для удаления газодымовоздушной среды после ликвидации пожара.

Гарантийный срок эксплуатации оборудования – 36 месяцев.

Сертификат соответствия ГОСТ Р ИСО 9001-96.
Международный сертификат системы качества ISO 9001:1994 № 00.062.026.
Модули МГП и МИЖУ награждены золотыми знаками качества "Российская марка".

- время выпуска фактической массы газовых огнетушащих веществ;
- массовый расход газовых огнетушащих веществ через каждый насадок.

Апробация методики гидравлического расчета “ZALP” проводилась срабатыванием трех действующих установок газового пожаротушения и на экспериментальном стенде.

Было установлено, что результаты расчета по разработанной методике удовлетворительно (с точностью до 15 %) совпадают с экспериментальными данными.

Гидравлический расчет выполняется в следующей последовательности.

По НПБ 88–2001 определяется расчетная и фактическая массы хладона. Из условия предельно-допустимого коэффициента заполнения модуля (хладон 125 — 0,9 кг/л, хладоны 318Ц и 227еа — 1,1 кг/л) определяется тип и количество модулей газового пожаротушения.

Задается давление наддува P_n газовых огнетушащих веществ. Как правило P_n принимается в диапазоне от 3,0 до 4,5 МПа для модульных и от 4,5 до 6,0 МПа для централизованных установок.

Составляется схема трубной разводки установки газового пожаротушения с указанием длины труб, высотных отметок мест соединения трубной разводки и насадков. Предварительно задаются внутренние диаметры этих труб и суммарная площадь выпускных отверстий насадков из условия, что эта площадь не должна превышать 80 % от площади внутреннего диаметра магистрального трубопровода.

Перечисленные параметры установки газового пожаротушения вносятся в программу “ZALP” и выполняется гидравлический расчет. Результаты расчета могут иметь несколько вариантов. Ниже рассмотрим наиболее типичные.

Время выпуска расчетной массы газового огнетушащего вещества составляет $T_p = 8 - 10$ с для модульной установки и $T_p = 13 - 15$ с для централизованной, а разница расходов между насадками не превышает 20%. В этом случае все параметры установки газового пожаротушения выбраны правильно.

Если время выпуска расчетной массы газового огнетушащего вещества меньше значений, указанных выше, то следует уменьшить внутренний диаметр трубопроводов и суммарную площадь отверстий насадков.

При превышении нормативного времени выпуска расчетной массы газового огнетушащего вещества следует увеличить давление наддува газового огнетушащего вещества в модуле. Если это мероприятие не позволяет выполнить нормативные требования, то необходимо увеличить объем газа-вытеснителя в каждом модуле, т.е. уменьшить коэффициент заполнения модуля газового огнетушащего вещества, что влечет за собой увеличение общего количества модулей в установке газового пожаротушения.

Выполнение нормативных требований по разнице расходов между насадками достигается уменьшением суммарной площади выходных отверстий насадков.

ЛИТЕРАТУРА

1. НПБ 88–2001. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования.
2. СНиП 2.04.09–84. Пожарная автоматика зданий и сооружений.
3. Fire Protection Equipment – Automatic Fire Extinguishing Systems using Halogenated Hydrocarbons. Part I. Halon 1301 Total Flooding Systems. ISO/TC 21/SC 5 N 55E, 1984.
4. NFPA 12A. Standart on Halon 1301. Fire Extinguishing Systems, 1985 Edition.

Поступила в редакцию 14.01.03.