United Nations Environment Programme

برنامج الأمم المتحدة للبيئة • 联合国环境规划署

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR L'ENVIRONNEMENT • PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE

ПРОГРАММА ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ ПО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Information note on halon management

(prepared by Mr. Fareed Busheri, Halon Officer, UNEP Regional Office for West Asia)
(translated into Russian by National Ozone Unit of Turkmenistan)

Соединения-галоны для тушения пожара

Галоны представляют собой полные галогенизированные углеводороды, которые обладают исключительной эффективностью для тушения огня. Они известны как "Чистые соединения", так как не обладают электрической проводимостью, быстро улетучиваются, не оставляют осадка, могут тушить скрытый огонь и огонь с комплексной геометрией (3-мерный огонь), и, по крайней мере, один галон является безопасным для человека в концентрации, предназначенной для пожаротушения. Коротко говоря, они удобны в применении, являются универсальными и дешевы в производстве.

До подписания Монреальского Протокола галоны, из-за своих уникальных свойств, стали соединениями выбора для многих случаев пожарной защиты: компьютерное, коммуникационное и электронное оборудование; музеи; моторные отсеки на кораблях и самолетах; пожарная защита самолетов на земле; хранение и эксплуатация горючих жидкостей; общая пожарная защита учреждений и промышленных предприятий.

Наиболее часто используемые галоны и их характеристика

	Бромотрифторо-метан	Бромохлородифторо-метан	Дибромотетрафторо-этан
Химическая формула	CBrF3	CCIBrF2	C2Br2F4
Номер	1301	1211	2402
Общее название	БТМ	БХФ	ДТЭ
B.P.	-58	-4	48
Эффективность	5%	6%	6%
Токсичность PPM	83200	324000	
ODP	10	3	6

Галон 1211 применяется в основном в портативных и мобильных огнетушителях. В некоторых развивающихся странах он также применяется в модульных автоматических стационарных системах пожарной защиты. Портативные огнетушители используются в основном в жилых зданиях, учреждениях и промышленных зданиях. Он применяется специально для:

- газообразных и жидких горючих материалов
- электрических приборов, таких как трансформаторы, коммутаторы, рубильники
- двигателей, работающих на бензине и другом горючем топливе
- обычной возгораемой бумаги, дерева, ткани
- сухих веществ
- компьютерной электроники, оборудования обработки данных, пунктов управления

- музеев и других подобных сооружений, где нужны чистые соединения для тушения огня.

Галон 1301 и в некоторой степени галон 2402 (только в странах СНГ) применялись в стационарных системах пожарной защиты.

i) Полное затопление
ii) Частичное затопление

Где используются галоны?

Галон 1301 применяется в основном в стационарных системах пожарной защиты, а галон 1211 в портативных огнетушителях. Типичное применение галонов:

- Компьютеры и системы электронной обработки данных.
- Промышленные пункты управления.
- Помещения с телефонным и телекоммуникационным оборудованием.
- Авиация, в центрах управления воздушным движением, при аварийной посадке самолетов.
- Моторные отсеки, салоны, кабины самолетов, оборудование резервного питания, в некоторых самолетах топливные баки, грузовые и сухие отсеки, туалеты.
- Военный и торговый флот, компьютерное, коммуникационное и электронное оборудование, машинные и моторные отсеки.
- Моторные отсеки, кабины экипажа в военных бронемашинах, командные посты.
- Силовые и масляные отделения в пунктах управления, нефтяные платформы, плавучие танкеры и низкотемпературные районы поиска нефти.
- Финансовые службы, телефонные станции, отели, картинные галереи и музеи.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ГАЛОНАМ СОЕДИНЕНИЯ

Для того, чтобы остановка в работе в результате возникновения пожара была минимальной, необходимо, чтобы огонь был опознан и ликвидирован как можно быстрее. Этого можно добиться с помощью системы быстрого распознавания огня в комбинации с системой быстрой и эффективной ликвидации огня. До недавнего времени для этого применялись стационарные галоновые системы пожаротушения. Экологические проблемы, связанные с использованием галонов, привели к разработке альтернативных соединений. Некоторые из описываются ниже.

Портативные огнетушители

Раньше часто использовались огнетушители с галоном 1211 из-за его эффективности и чистоты. Традиционными альтернативными средствами являются прямая струя воды, водяной туман (аэрозоль), пена, образующая водяную пленку, углекислота (CO2) и сухой порошок. Также разрабатываются галоидоуглероды со свойствами, близкими к галону 1211.

Сюда относятся Halotron 1 (смесь ГХФУ) от American Pacific, который используется в огнетушителях Amerex, Badger и Buckeye; FE-36 (ГФУ-236fa) от DuPont, который используется в огнетушителях Ansul; FM-200 (ГФУ-227ea) от Great Lakes Chemical Company.

С учетом влияния на окружающую среду галоидоуглеродные огнетушители необходимо использовать только в соответствии с законодательством или там, где это экономически выгодно и безопасно для человека.

Альтернативные стационарные технологии пожаротушения

Автоматические стационарные системы пожаротушения необходимы там, где существует неприемлемый риск и недостаточно применение портативных огнетушителей. Далее кратко описываются имеющиеся стационарные системы пожаротушения полного наводнения с альтернативными галону 1301 соединениями.

1. Углекислота
2. Химические соединения (галоидоуглероды)
   - Гидрофторуглероды (ГФУ-227ea, ГФУ-23, ГФУ-125, ГФУ-236fa)
   - Перфторкетон (FK-5-1-12)
   - Йодофторуглерод (FIC-1311)
   - Перфторуглероды (FC-2-1-8, FC-3-1-10)
   - Гидрохлорофторуглероды (ГХФУ-124, ГХФУ смесь А)
3. Инертные газы (Аргонит IG55, Инерген IG541, Аргон IG01, Азот IG100)
4. Водяной туман
5. Пиротехнические аэрозоли

Далее описываются некоторые наиболее часто используемые соединения.

Углекислота (CO2)

CO2 является проверенным и испытанным соединением для тушения огня и широко применялась до появления галонов. Она использовалась в течение десятилетий, что привело к накоплению значительных знаний о ее преимуществах и недостатках в качестве средства пожаротушения. Она имеет нулевой ODP и нулевую стойкость в атмосфере, но является парниковым газом и способствует глобальному потеплению.

В отличие от галона 1301 CO2 не подходит для пожарной защиты жилых мест. При необходимой расчетной концентрации (34%) уровень кислорода будет уменьшаться ниже предела, необходимого для поддержания жизни. Поэтому системы с CO2 не подходят для обычных жилых мест, и требуются дополнительные меры безопасности (включая предохранительный замок клапана) для предотвращения непреднамеренного выпуска газа.

Системы с CO2 имеют большое время выпуска, до 3 минут и больше, в отличие от 10-секундного выпуска систем с галонами. Углекислота является чистым веществом, не проводит электрический ток, тушение огня происходит за счет уменьшения содержания кислорода вокруг огня ниже уровня, необходимого для поддержания горения (до 12-15% в отличие от нормальных 21%). Кроме того, CO2 дает значительный охлаждающий эффект.

Наконец, из-за того, что для тушения огня требуется высокая концентрация CO2, потребуется гораздо больше баллонов, чем для галона. Хранение этих баллонов может вызвать проблемы.

ГФУ -227ea

Это соединение производится тремя компаниями под различными торговыми марками.

(a) Great Lakes Chemical Company (FM-200)
(b) Du Pont Chemical Corporation, USA (FE-227)
(c) North American Fire Gardian (HFC-227s)

ГФУ-227ea Great Lakes Chemical Company разработан в качестве замены галону 1301. ГФУ-227ea представляет собой гидрофторуглерод (ГФУ), и все гидрофторуглероды оказывают наименьшее влияние на глобальное потепление и имеют наименьшую атмосферную стойкость.

Системы с ГФУ-227ea рассчитаны на выпуск в течение 10 секунд и обеспечивают эффективное тушение огня. ГФУ-227ea не проводит электрический ток, поэтому может безопасно применяться для электрооборудования, находящегося под напряжением. Он также является чистым соединением, не оставляющим осадок и не повреждающим оборудование. ГФУ-227ea гасит огонь путем физического охлаждения (80%) и путем прерывания цепной реакции огня (20%).

Так как ГФУ-227ea не так эффективен, как галон 1301, то для тушения огня требуется его большее количество. По объему примерно в 1,6 раза больше; однако, это количество умещается в баллон не намного большего размера.

Так же, как и галон 1301, ГФУ-227ea разрушается в огне с образованием небольшого количества фтороводорода. Обычно этот уровень представляет незначительную опасность для человека и не повреждает электронное оборудование. При использовании системы быстрого распознавания в комбинации с ГФУ-227ea системой быстрого пожаротушения образование продуктов распада является минимальным. Однако, некоторые независимые испытания показали, что для тушения определенных пожаров и/или уменьшения содержания HF, образующегося при тушении таких пожаров, может потребоваться более высокая концентрация, чем указанная в стандарте NFPA 2001.

Относительно того, что для некоторых пожаров может потребоваться более высокая концентрация ГФУ-227ea, необходимо учитывать, чтобы повышенный уровень был близко к допустимому пределу для применения в обычных жилых местах, однако, это неприменимо к инерционным взрывам в обычных жилых местах.

Инертные газы

Имеющиеся системы с инертным газом:

- Чистый аргон (“ARGOTEC”)
- Чистый азот (“NN100”)
- Смесь аргона и азота (“ARGONITE”)
- Смесь аргона, азота и углекислоты (“INERGEN”)

Наиболее часто для систем пожарной защиты используются (кроме CO_2) аргонит и инерген. Оба представляют собой смесь атмосферных газов (Аргонит – 50% азота, 50% аргона; Инерген – 52% азота, 40% аргона и 8% CO_2). Оба имеют нулевой ОРП, нулевое влияние на

глобальное потепление и нулевую атмосферную стойкость. Ограничений по их применению, связанных с влиянием на окружающую среду, нет.

Аргонит и инерген пригодны для использования в жилых местах. Минимально необходимая концентрация для тушения огня составляет примерно 34% (обычно используется 40%), они действуют также, как CO2, путем снижения концентрации кислорода ниже уровня, необходимого для поддержания горения. Несмотря на то, что результирующая концентрация кислорода гораздо ниже уровня, необходимого для человека в обычных условиях, она может быть на короткое время до 10%.

Обычно концентрация остаточного кислорода как для аргонита, так и для инергена, составляет 12%. Использование CO2 в смеси с инергеном стимулирует дыхание и сердечный ритм в качестве компенсаторной реакции на снижение концентрации кислорода. Системы с инертными газами имеют большое время выпуска, до 90 секунд. Инертные газы, будучи по своей природе химически инертными, являются чистыми веществами, не проводят электрический ток и образуют продукты распада.

Так же, как и CO2, аргонит и инерген хранятся в баллонах под высоким давлением. Однако, в отличие от CO2, аргонит и инерген не сжижаются, и для них нужно гораздо больше баллонов и места для хранения. Например, по сравнению с ГФУ-227еа системами, для аргонита/инергена нужно в 8 раз больше баллонов. Такое большое количество баллонов требует дополнительных регулярных затрат, связанных с обслуживанием каждого баллона.

Аргонит и инерген особенно полезны для тушения огня там, где нужна среда, не проводящая электрический ток. Однако, из-за большого времени выпуска и объема вещества, инертные газы обычно не подходят для тушения быстро распространяющегося углеводородного пожара или инерционного взрыва в обычных жилых местах.

Инертные газы для стационарных систем

Родовое название	**IG-541**	**IG-55**	**IG-01**	**IG-100**
Торговое название	Инерген	Аргонит	Арготек	NN100
Химический состав				
Азот	52%	50%	0%	100%
Аргон	40%	50%	100%	0%
Углекислота	8%	0%	0%	0%
Химическая группа	Смесь инертных газов	Смесь инертных газов	Инертный газ	Инертный газ
Форма хранения	Сжатый газ	Сжатый газ	Сжатый газ	Сжатый газ
Тушение (8)				
Концентрация гептана, %об	29.1	32.3	38	34
Минимальная концентрация, пожар Класса B, %об (1)	37.5	36.8	46	41
Минимальная концентрация, пожар Класса A, %об (1)	37.5	31.6	35.9	Нет данных
Инерционное: Метан-Воздух, концентрация, %об	47.3	Нет данных	61.4	Нет данных

Сравнительная характеристика некоторых газообразных соединений

Соединение	**CO2**	**ГФУ-227еа**	**ГФУ -23**	**Инертные газы**	**Трийодид**
Тип соединения	Инертный газ	ГФУ -227еа	ГФУ -23	Смесь инертных газов	FIC-1311
Разрушение озона	0	0	0	0	0
Атмосферная стойкость	0	31 год	243 года	0	0
Давление при хранении	5.8 MPa	2.5 MPa	4.5 MPa	20 MPa	2.5 MPa
Время выпуска	3 мин	10 сек	10 сек	90 сек	10 сек
Пригодность для обычных жилых мест	Нет	Да	Да	Да	Нет
Продукты термического распада	Нет	Да	Да	Нет	Да
Минимальная расчетная концентрация	34%	7%	18%	34%	3.6%
NOAEL	Нет данных	9%	50%	43%	0.2%
LOAEL	Нет данных	10.5%	>50%	52%	0.4%

Системы с водяным туманом

Существует много производителей систем с водяным туманом, у всех разные требования к давлению воды для формирования необходимой плотности тумана и размера капель. Водяной туман можно получить по трем различным принципам гидродинамики:

- Высокое давление, более 100 бар, одинарные форсунки (например, Hi-Fog, Marioff)
- Низкое давление (5-20 бар)
- Двойные форсунки (например, Fire Scope 2000, Securiplex и Ginge-Kerr)
- Одинарные вращающиеся форсунки (например, Flexifog, Heien-Larssen)
- Одинарные неподвижные форсунки (например, Mistex, Phirex)

Системы с водяным туманом работают во многом также, как и газовые системы, поэтому пригодны фактически только для закрытых мест и до сих пор не испытаны на пригодность для инерционных взрывов в обычных жилых местах.

В системах с водяным туманом используются растворы, не влияющие на окружающую среду, они не разрушают озон и не влияют на глобальное потепление. Кроме того, не образуются какие-либо опасные продукты распада, хотя некоторое влияние на организм происходит в связи с вдыханием тумана как такового.

Системы с водяным туманом обычно имеют размер капель меньше 1,000 микрона, тушение огня происходит тремя путями:

1. Охлаждение
2. Замещение кислорода
3. Ослабление лучистой энергии

Тушение огня происходит в основном путем поглощения теплоты из огня. Благодаря маленькому размеру капель (и поэтому большой площади поверхности по отношению к

объему) эффективность поглощения теплоты водяным туманом значительно превышает эффективность водяного аэрозоля, который получается в обычных разбрызгивателях. Так как водяной туман поглощает теплоту из огня, он превращается в пар и расширяется в 1,700 раз. Это быстрое расширение мгновенно вытесняет воздух вокруг огня, что приводит к недостатку кислорода. Наконец, водяной туман оказывает охлаждающее действие путем ослабления лучистого тепла.

Сомнительной является способность водяного тумана гасить скрытый/заглушенный огонь также это делают газообразные соединения. Крайне малые по размеру капли обладают недостаточной энергией для того, чтобы добраться до огня, а большие капли имеют лучшую траекторию движения и проникающую способность, но не могут поглощать тепло с такой эффективностью, как малые по размеру капли. Системы с водяным туманом должны обеспечивать такой размер капель, чтобы достигался баланс этих эффектов.

Одним из преимуществ водяного тумана над обычными разбрызгивателями является то, что расходуется гораздо меньше воды, и поэтому сводится к минимуму ущерб, причиняемый водой.

Однако, как и при всех технологиях, основанных на воде, сохраняется опасность ущерба от воды для электрического/электронного оборудования.

Порошковые аэрозоли

Порошковые аэрозоли являются в основном пиротехническими аэрозолями для тушения огня, разработанными по российской космической программе. Основным преимуществом является то, что они продаются в автономных “Генераторах”, которые можно устанавливать в защищаемой зоне без необходимости прокладки трубопровода и другого оборудования, необходимого для обычных газовых систем пожаротушения.

При электрическом запуске генератора внутри него воспламеняется вещество для образования аэрозоля, которое чрезвычайно быстро выходит с образованием очень мелкого порошка в виде аэрозоля. Этот порошок прерывает химическую цепную реакцию огня, что приводит к тушению огня.

Несмотря на то, что порошковые аэрозоли эффективны и относительно недороги, у них есть некоторые ограничения. Они непригодны для обычных жилых мест и оставляют остаток порошка, содержащий карбонат и бикарбонат калия, которые при контакте с влагой оказывают коррозирующее действие на некоторые материалы, например, на алюминий. Поэтому порошковые аэрозоли непригодны для чистых помещений, например, с электронным оборудованием, но могут применяться в местах хранения горючих жидкостей.

Выбор технологии пожаротушения

Для эффективной защиты критического оборудования от воздействия пожара при выборе наиболее подходящей технологии пожаротушения необходимо учитывать ряд ключевых требований:

1. Быстрое распознавание огня.
2. Быстрый выпуск вещества для тушения огня.

3. Соединение для тушения огня должно быть чистым и не должно проводить электрический ток.
4. Соединение для тушения огня должно соответствовать требованиям по охране окружающей среды.
5. Соединение для тушения огня должно быть безопасным для жилых мест.

Необходимо также учитывать следующие моменты:

a. Цена.
b. Требования к установке оборудования и аппаратуры.
c. Требования к месту хранения соединения.
d. Образование продуктов распада.
e. Горючие продукты.
f. Обслуживание.

Необходимо выбирать систему пожарной защиты с наименьшим влиянием на окружающую среду, которая обеспечит необходимую пожарную защиту определенной зоны. Применение каких-либо синтетических соединений, которые накапливаются в атмосфере, ведет к риску нарушения атмосферного равновесия.