
БЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА СИСТЕМЫ СУДОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОГNETУШАЩЕГО СОСТАВА ПФК-49

Д.А. Лобов;

П.М. Агеев, кандидат технических наук;

Е.А. Мурашкевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены требования, предъявляемые Международной морской организацией (ИМО) к газовым огнетушащим составам и методам их испытаний в системах судового пожаротушения, предназначенных для защиты машинных и грузовых насосных отделений. Приведены результаты испытаний на лабораторной установке и макетном образце системы по определению минимальной и нормативной огнегасящей концентрации газового состава ПФК-49 (перфторэтилизопропил-кетон) применительно к горючей нагрузке, требуемой документами ИМО. Полученные результаты позволяют перейти к разработке и крупномасштабным испытаниям опытного образца судовой системы пожаротушения для защиты машинных и насосных помещений составом ПФК-49.

Ключевые слова: газовые огнетушащие составы, судовые машинные помещения, огнетушащая эффективность, методы испытаний, огнетушащие концентрации

Мировая тенденция развития газового пожаротушения направлена на использование систем с применением «чистых газов», которые безопасны для человека и окружающей среды и обладают высокой огнетушащей эффективностью. Это связано с принятием в 1987 г. Монреальского протокола об ограничении применения озоноразрушающих составов, таких как хладоны 114B2, 1301, 1211.

В 1997 г. страны ООН, а позже и Россия, приняли Киотский протокол об ограничении применения составов, вызывающих парниковый эффект. В результате в Европе для применения в системах пожаротушения были запрещены хладон 125 и хладон 227ea. Согласно протоколу, начиная с 2008 г. Россия должна ограничить применение этих хладонов. Ограничения, принятые Монреальским и Киотским протоколами, предъявляют к газовым огнетушащим составам следующие требования:

- высокая огнетушащая эффективность;
- безопасность для человека и оборудования;
- нулевой озоноразрушающий потенциал;
- короткий срок жизни в атмосфере;
- отсутствие влияния на парниковый эффект.

В наибольшей степени этим требованиям отвечают вещества, относящиеся к разряду фторированных кетонов на основе шестиуглеродных молекул (хладон ФК-5-1-12, состав NovacTM 1230). В ФГУП «РНЦ Прикладная химия» был разработан огнетушащий состав ПФК-49 (ТУ 2400-115-04806896-2011) перфторэтилизопропил-кетон. Эти вещества имеют более низкую огнетушащую концентрацию, чем у разрешенных в настоящее время газовых

огнетушащих средств, высокий охлаждающий эффект, озонобезопасны, не создают парникового эффекта, электробезопасны, удобны в эксплуатации.

Система пожаротушения с применением газового состава NovacTM 1230 сертифицирована в России, а также одобрена Международным Регистром Ллойда, Береговой охраной США и другими классификационными обществами.

Для одобрения системы газового пожаротушения с использованием огнетушащего состава ПФК-49 Российским Морским Регистром Судоходства требуется проведение ее испытаний в соответствии с требованиями Международной морской организацией ИМО.

В 1998 г. ИМО приняла «Пересмотренное руководство по одобрению равноценных стационарных систем газового пожаротушения, упомянутых в конвенции СОЛАС-74, для машинных отделений и грузовых насосных отделений». Директивы Руководства приведены в циркуляре ИМО MSC/Circ. 848 [1] и содержат требования к изготовлению и испытаниям системы и ее компонентов. В 2008 г. ИМО были приняты поправки к данному Руководству, изложенные в MSC 1/Circ. 1267 [2]. Ниже приводятся основные положения этих документов, относящиеся к огнетушащей эффективности газовых систем пожаротушения.

Расчетная концентрация огнетушащего вещества (ОТВ) должна не менее, чем на 30 % превышать минимальную огнетушащую концентрацию и должна проверяться при натуральных огневых испытаниях в соответствии с методом, изложенным в [2].

Для систем с использованием хладонов 95 % расчетной концентрации ОТВ должно быть выпущено за время, не превышающее 10 с.

Количество ОТВ для защищаемого помещения определяется с использованием расчетной концентрации, исходя из валового объема, заполняемого газом, с учетом объема воздуха в шахтах и в воздухохранителях. Из защищаемого объема исключаются объемы: вспомогательных механизмов, котлов, испарителей, главных двигателей, редукторов, цистерн, вентиляционных каналов.

При использовании в качестве ОТВ галоидоуглеводородов они должны применяться в концентрациях, не превышающих уровень вредного ненаблюдаемого воздействия (УНВВ). Если используется хладон с концентрацией выше УНВВ, должны быть предусмотрены меры для ограничения времени воздействия на человека.

Требования к проведению крупномасштабных испытаний по определению огнетушащей эффективности системы приведены в работе [1].

Данные испытания позволяют определить огнетушащую эффективность системы при тушении различных очагов пожаров класса В (разлитое, распыленное топливо, топливо под настилом) и класса А, с различной интенсивностью тепловыделения для защищаемых помещений.

Система считается прошедшей испытание, если в зависимости от программы испытаний обеспечивает следующие условия:

- тушение контрольных очагов пожара (противней с n-гептаном), расположенных в четырех нижних и четырех верхних углах защищаемого помещения;
- тушение поддона с гептаном площадью 0,25 м² под макетом двигателя;
- тушение горизонтальной струи дизельного топлива, подаваемой под низким (8 бар) давлением на стержень диаметром 15–25 мм;
- тушение струи дизельного топлива, подаваемой под высоким (150 бар) давлением на верхнюю часть макета двигателя;
- тушение поддона с n-гептаном площадью 0,1 м² на палубном настиле под преграждающей плитой;
- тушение поддона с дизельным топливом площадью 2 м² на настиле палубы под преграждающей плитой;
- тушение деревянного костра на палубе;
- тушение скрытой струи дизельного топлива, подаваемой под малым (8 бар) давлением;
- тушение поддона с дизельным топливом площадью 4 м² под макетом двигателя;

– тушение всех очагов класса В должно быть обеспечено не позднее чем через 30 с после завершения выпуска ОТВ;

– после открытия помещения не должно возникать повторного воспламенения;

– струя распыленного топлива должна быть перекрыта через 15 с после тушения.

Перед повторным открытием двери струя топлива должна снова подаваться в течение 15 с, при этом не должно возникать повторного воспламенения;

– потеря веса модельных очагов класса А (деревянных костров) не должна превышать 60 %.

На основании экспериментов, проведенных в судовом машинном отделении по тушению распыленных под давлением и разлитых на поверхности горючих жидкостей с помощью объемных газовых средств пожаротушения (хладоны, CO₂) было установлено, что пожар распыленного топлива ликвидировался при более низкой концентрации хладонов, чем нормативной, требуемой для тушения разлитого топлива [3].

Таким образом, необходимость в проведении испытаний по тушению системой пожаротушения распыленных под давлением горючих жидкостей отсутствует.

В рамках проведения составной части опытно-конструкторской работы (СЧ ОКР) «ВПБ-АКТИВ» Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России совместно с ФГУП «Крыловский государственный научный центр» и АО «СПМБМ «Малахит» были проведены испытания по определению минимальной и нормативной огнетушащей концентрации состава ПФК-49 применительно к горючей нагрузке требуемой документами IMO [1].

Испытания по определению минимальных огнетушащих концентраций проводились на лабораторной установке в соответствии с методикой, приведенной в работе [4], применительно к газовым огнетушащим составам, находящимся при нормальных условиях в жидком состоянии.

Минимальной огнетушащей концентрацией называется наименьшая концентрация тушащего газа в воздухе, которая обеспечивает практически мгновенное (в условиях опыта) тушение диффузионного пламени горючего вещества.

Лабораторная установка состояла из следующих основных частей: корпуса, с размещенным в нем реакционным цилиндром объемом 30 л, устройства подачи ОТВ в цилиндр, испарителя для газификации жидкого ОТВ, вентилятора-мешалки, узла ввода очага горения в реакционный цилиндр, термометра.

Реакционный цилиндр предназначен для приготовления гомогенной огнетушащей газозвушной смеси заданной концентрации и испытаний по тушению исследуемого горючего вещества.

В качестве горючей нагрузки модельных очагов использовались материалы, необходимые для проведения испытаний по определению огнетушащей эффективности системы в соответствии с требованиями [1]:

– дизельное топливо марки Л-62 (ГОСТ 305);

– n-гептан (ГОСТ 25823).

Состав ПФК-49 (жидкость при нормальных условиях) подавался в заданном количестве в предварительно нагретый до 80–120 °С испаритель, размещенный в реакционном цилиндре.

В испарителе происходила газификация жидкого огнегасителя. Масса подаваемого в реакционный цилиндр огнегасителя M , кг, определялась по формуле:

$$M = V_u \cdot \rho_t \frac{K}{100 - K},$$

где K – объемная концентрация огнегасителя, % об; V_u – объем цилиндра, м³; ρ_t – плотность газифицированного огнегасителя, соответствующая температуре газозвушной смеси в реакционном цилиндре, г/м³.

Затем включался вентилятор-мешалка и в реакционном цилиндре приготавливалась гомогенная смесь паров огнетушащего вещества с воздухом.

Горючая жидкость заливалась в стакан горелки, размещенной вне реакционного цилиндра. После поджога и истечения времени свободного горения 1–3 мин съемная крышка в верхней части цилиндра открывалась, и очаг горения опускался в цилиндр с газовой смесью. Фиксировалось время тушения.

За время тушения принималось время от момента, когда верхняя кромка пламени пересечет плоскость горловины цилиндра до момента прекращения горения.

За минимальную огнетушащую концентрацию испытуемого горючего принималось среднее арифметическое двух концентраций, при одной из которых наблюдалось мгновенное тушение, а при другой – время тушения не превышало 1 с.

Минимальные огнетушащие концентрации состава ПФК-49 при тушении образцов горючих жидкостей составили:

- дизельное топливо марки Л-62 4,4 % об;
- n-гептан 4,9 % об.

За минимальную объемную огнетушащую концентрацию системы пожаротушения, требующуюся для защиты машинных помещений, принималось наибольшее из значений минимальных концентраций, определенных на лабораторной установке.

Испытания макетного образца системы по подтверждению ранее определенной на лабораторной установке минимальной огнетушащей концентрации состава ПФК-49 проводились на стенде, состоящем из стального макета судового помещения объемом 11,85 м³ размером 2,6×1,9×2,4 м, оборудованном: вытяжной вентиляцией, системой газового пожаротушения, модельными очагами пожара класса А и В, контрольно-измерительными приборами.

В качестве горючей нагрузки очагов классов А и В использовались материалы, необходимые для проведения испытаний по огнетушащей эффективности системы в соответствии с требованиями [1]: n-гептан (ГОСТ 25823) и древесина сосны.

Модельные очаги класса В (n-гептан) представляли из себя стальные противни диаметром 80–100 мм, в которые заливается горючее. Очаги размещались на палубе и под подволоком по углам защищаемого помещения.

Модельный очаг класса А (древесина сосны) складывался из 36 брусков размером 50×50×450 мм и размещался на палубе.

Время свободного горения очагов класса В составляло 2 мин, а класса А – 6 мин.

Модельные очаги защищались от непосредственного попадания струй ОТВ металлическими листами.

Концентрация огнетушащего вещества при тушении очагов древесины рассчитывалась из условия обеспечения нормативной объемной огнетушащей концентрации, по формуле:

$$K_{норм.} = 1,3K_{мин} ,$$

где $K_{норм.}$ и $K_{мин}$ соответственно нормативная и минимальная объемная огнетушащие концентрации ОТВ, % об.

Концентрация ОТВ при тушении очагов n-гептана, в соответствии с требованиями [2], должна составлять 77 % от расчетной нормативной объемной огнетушащей концентрации, но не ниже минимальной огнетушащей концентрации.

Масса заряда, пошедшего на тушение огнетушащего вещества, определялась по формуле:

$$M = V_n \cdot \rho_t \frac{K_n}{100 - K_n} + V_{mp} \cdot \rho_t ,$$

где M – масса ОТВ, кг; V_n – объем помещения, м³; V_{mp} – объем трубопроводов, м³; ρ – плотность паров ОТВ при температуре и давлении испытательного помещения, кг/м³; K_n – нормативная объемная огнетушащая концентрация ОТВ, % об.

В соответствии с требованиями [1] тушение всех очагов класса В (горючие жидкости) должно быть обеспечено не позднее, чем через 30 с после завершения выпуска ОТВ. По завершении выпуска ОТВ испытательное помещение должно оставаться закрытым в течение 15 мин. После открытия помещения не должно быть повторных воспламенений всех очагов.

Потеря веса модельного деревянного костра не должна превышать 60 %.

В результате испытаний макетного образца системы судового пожаротушения с использованием состава ПФК-49 была подтверждена минимальная огнетушащая концентрация, которая составила 4,9 % об (противни с n-гептаном), а также нормативная концентрация, составляющая 6,37 % об (очаги класса А).

Полученные результаты позволяют перейти к разработке и крупномасштабным испытаниям опытного образца судовой системы пожаротушения для защиты машинных помещений составом ПФК-49.

Литература

1. IMO MSC/Circ. 848. Пересмотренное руководство по одобрению равноценных стационарных систем газового пожаротушения, упомянутых в конвенции СОЛАС-74, для машинных отделений и грузовых насосных отделений. URL: <http://www.rise.odessa.ua/texts/php3> (дата обращения: 20.12.2016).

2. IMO MSC/Circ. 1267. Поправки к пересмотренному руководству по одобрению равноценных стационарных систем газового пожаротушения, упомянутых в конвенции СОЛАС-74, для машинных отделений и грузовых насосных отделений (IMO MSC/Circ. 848) [https://yandex.ru/images/search.text=IMO MSC%2FCirc. 1267](https://yandex.ru/images/search.text=IMO+MSC%2FCirc.+1267) (дата обращения: 20.12.2016).

3. Востряков В.И., Гуськов М.Г., Сомов В.П. Судовые системы пожаротушения хладоном. Обзорная информация. М.: ГНИЦУИ, 1985. 45 с.

4. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. Изд. 2, перераб. М., Химия. 1979.