

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ТУШЕНИЮ ГОРЮЧИХ ПОЛЯРНЫХ ЖИДКОСТЕЙ. КОНЦЕПЦИЯ ОГНЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ

Дмитрий Вячеславович Федоткин^{1,3}, Аркадий Сергеевич Тарбеев², Владимир Николаевич Баклыков², Елена Юрьевна Сушкина³

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия.

² Оренбургский филиал Всероссийского ордена «Знак Почета» научно-исследовательского института противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Оренбург, Оренбургская область, Россия.

³ Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Аннотация. Методы и средства тушения наиболее распространенных горючих жидкостей, таких как дизельное топливо, бензин и т. д. (водонерастворимые углеводороды), в большинстве случаев неэффективны при ликвидации пожаров водорастворимых полярных жидкостей. Большое влияние оказывают их физико-химические свойства. В современных нормативных документах определены способы и средства тушения полярных горючих жидкостей, однако научно подтвержденные нормативные числовые значения отсутствуют либо основываются на маломасштабных очагах пожара.

На основании анализа зарубежной и отечественной нормативно-технической литературы, а также проведенных исследований в этом направлении определены основные постулаты для разработки методики проведения огневых испытаний.

Полученные в ходе исследований экспериментальные и научно обоснованные данные лягут в основу положений нормативного документа «Склады хранения водорастворимых жидкостей. Требования пожарной безопасности».

Ключевые слова: водорастворимые полярные жидкости, средства и способы тушения, огневые испытания, пена, модельный очаг

Для цитирования: Экспериментальные исследования по тушению горючих полярных жидкостей. Концепция огневых испытаний / Д.В. Федоткин, А.С. Тарбеев, В.Н. Баклыков, Е.Ю. Сушкина // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2024. № 3 (21). С. 37–43. <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2024.62.87.005>.

EXPERIMENTAL RESEARCH ON EXTINGUISHING COMBUSTIBLE POLAR LIQUIDS. CONCEPT OF FIRE TESTS

Dmitry V. Fedotkin^{1,3}, Arkady S. Tarbeev², Vladimir N. Baklykov², Elena Yu. Sushkina³

¹ National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia.

² Orenburg branch All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Orenburg, Orenburg region, Russia.

³ All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

Abstract. Methods and means for extinguishing the most common flammable liquids such as diesel fuel, gasoline, etc. (water-insoluble hydrocarbons), in most cases are not effective in extinguishing fires of water-soluble polar liquids. Their physico-chemical properties have a great influence. Modern regulatory documents define methods and means for extinguishing polar flammable liquids, but there are no scientifically confirmed normative numerical values or they are based on small-scale fire foci. Based on the analysis of foreign and domestic regulatory and technical literature, as well as research conducted in this field, there are determined the main postulates for the fire tests methodology. The scientifically based data obtained during the research will form the basis for the provisions of the regulatory document «Storage warehouses for water-soluble liquids. Fire safety requirements».

Keywords: water-soluble polar liquids, extinguishing agents and methods, fire tests, foam, model hearth

For citation: Fedotkin D.V., Tarbeev A.S., Baklykov V.N., Sushkina E.Yu. Experimental research on extinguishing combustible polar liquids. Concept of fire tests. Aktual'nye voprosy pozharnoi bezopasnosti – Current Fire Safety Issues, 2024, no. 3, pp. 37-43. (In Russ.). <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2024.62.87.005>.

Введение

Вопрос тушения горючих веществ, применяемых в промышленном комплексе страны, является неотъемлемой частью поддержания высокого уровня безопасности. Горючие водорастворимые жидкости широко используются и производятся на нефтехимических предприятиях, а условия их хранения схожи с условиями хранения не растворяющихся в воде нефтепродуктов.

Проблема ликвидации пожаров горючих полярных жидкостей возникла достаточно давно. Согласно документу [1], в 1990–2000-е годы пожары на резервуарах с этанолом носили разрушительный характер, а применение стандартных способов ликвидации не приносило положительного результата.

На сегодняшний момент тушение водорастворимых полярных жидкостей осуществляется спиртоустойчивыми пенообразователями целевого назначения с индексом /AR. Их виды приведены в ГОСТ Р 50588–2012 [2].



Рис. 1. Типы пенообразователей по ГОСТ Р 50588-2012

Важнейшими параметрами как при проектировании систем пожаротушения, так и при тушении классическим способом от мобильной пожарной техники являются интенсивность и время подачи огнетушащего вещества. Исходя из анализа нормативно-технической литературы, приведенного в статье [3], рекомендованные числовые значения этих параметров ориентированы в значительной степени на углеводородные водонерастворимые горючие жидкости. Эти значения широко представлены в NFPA 11 [4], EN 13565-2 [5] и СП 155.13130.2014 [6], однако нормативные показатели интенсивности и времени подачи огнетушащего вещества при тушении горючих водорастворимых жидкостей в отечественном своде правил отсутствуют. Рекомендуемые в зарубежных стандартах нормы подкреплены результатами маломасштабных огневых испытаний, а для реальных условий пожара применяется коэффициент масштабирования.

Учитывая отсутствие в нормативных документах по пожарной безопасности сведений в части тушения полярных жидкостей, в том числе по нормативной интенсивности подачи огнетушащих веществ, при разработке проектной документации на такие объекты разрабатываются специальные технические условия, в основу которых закладываются сведения, представленные в документе 2007 года «Рекомендации по тушению полярных жидкостей в резервуарах» [7]. Однако проведенные за последние годы в ФГБУ ВНИИПО МЧС России испытания по тушению полярных жидкостей показали неэффективность средств и способов пожаротушения, изложенных в указанных выше рекомендациях, многие представленные в них данные устарели и требуют обновления.

Концепция огневых испытаний

В рамках выполнения НИР «Разработка научно обоснованных технических требований для свода правил в области требований пожарной безопасности для складов хранения горючих водорастворимых (полярных) жидкостей» на испытательном учебно-тренировочном полигоне Оренбургского филиала ФГБУ ВНИИПО МЧС России предусмотрено проведение испытаний по тушению водорастворимых жидкостей, результаты которых будут заложены в свод правил.

Исходя из анализа отечественной и зарубежной нормативно-технической литературы, а также отчетов по исследованиям в данном направлении [3] в разрабатываемую методику огневых испытаний заложены следующие постулаты:

1. Необходимо провести испытания с представителями следующих наибо-

лее распространенных классов горючих полярных жидкостей: спирты, кетоны, сложные эфиры, карбоновые кислоты, амины, альдегиды и простые эфиры.

2. Среди различных модельных очагов горения водорастворимых полярных жидкостей выбрана модель, предложенная в UL 162 [8], а именно квадратный поддон площадью $4,67 \text{ м}^2$ с толщиной борта 6 мм. Квадратная форма поддона усложняет процесс тушения из-за необходимости транспортирования пены в углы поддона.

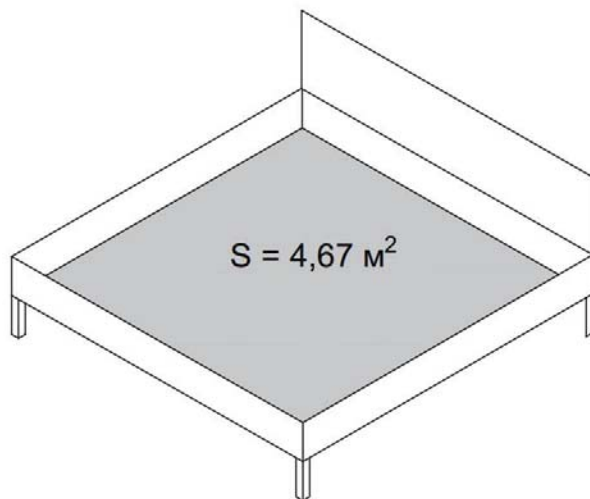


Рис. 2. Модельный очаг квадратной формы

3. Применяется способ «мягкой» подачи пены, заключающийся в следующем: пена подается на стенку резервуара, по которой затем плавно стекает на поверхность горючей жидкости и растекается по ней. В NFPA 11 [4] способу «мягкой» подачи соответствует тип II. Выбранный способ подачи основан на обзоре зарубежной литературы и имеющемся в институте опыте по тушению водорастворимых жидкостей.



Рис. 3. Примеры способа «мягкой» подачи

4. В испытаниях применяются два наиболее доступных типа пенообразователя целевого назначения – это AFFF/AR (синтетический фторсодержащий пленкообразующий спиртоустойчивый) и S/AR (синтетический спиртоустойчивый).

5. Исследования проводятся как с классической воздушно-механической пеной низкой кратности, получаемой с помощью стволов воздушно-пенных (СВП), так и с новой технологией – самовспенивающейся газоаэрозоленасыщенной пеной от установок импульсного пожаротушения (УИП).



Рис. 4. Ствол воздушно-пенный (СВП)



Рис. 5. Установка импульсного пожаротушения (УИП), УПАТ-60

6. Объем исследуемых горючих жидкостей составляет 250 л. Время свободного горения – не менее 3 мин. После начала подачи пены фиксируется время покрытия очага пеной (возможно горение у бортов противня) и время тушения. В ходе огневых испытаний осуществляется контроль температуры борта противня от 8 термопар (и тепловизора), по показаниям которых определяется время свободного горения и факт остывания стенки ниже температуры самовоспламенения испытуемого вещества.

7. Предусмотрено определение времени повторного воспламенения, аналогично ГОСТ Р 53280.1–2010 [9]. В случае фиксации факта тушения через 5 мин после завершения подачи пены в противень вносится тигель для повторного воспламенения и фиксируется время с момента установки тигля до момента повторного возгорания и момента охвата 50 % площади модельного очага.



Рис. 6. Установка горящего тигля в модельный очаг

8. Испытания проводятся в два этапа: предварительные и огневые. Предварительные испытания включают в себя:

- определение кратности и устойчивости пенообразователей;
- определение критического уровня разбавления (флегматизации) каждого вещества;
- «холодный» пуск для отработки технологии мягкой подачи пены.

Для каждого рассматриваемого вещества проводится серия огневых испытаний с комбинацией подачи различных типов пенообразователя, а также способов его подачи.

Заключение

В статье представлены основные постулаты, которые заложены в методику проведенных огневых испытаний по тушению водорастворимых жидкостей классической пеной низкой кратности и самовспенивающейся газоаэрозоленасыщенной пеной. Полученные результаты будут заложены в положения нормативного документа «Склады хранения водорастворимых жидкостей. Требования пожарной безопасности».

Список литературы

1. ETANKFIRE – Fire extinguishing tests of ethanol tank fires in reduced scale. URL: https://www.brandforsk.se/wp-content/uploads/2021/04/Brandforsk_604-121_Rapport.pdf (дата обращения: 28.02.2024).
2. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200093407> (дата обращения: 21.05.2024).
3. Методология экспериментального исследования тушения пожаров водорастворимых полярных горючих жидкостей / Н.П. Копылов, Д.В. Федоткин, Е.Ю. Сушкина, А.В. Карпов, В.И. Новикова, А.С. Тарбеев // Пожарная безопасность. 2024. № 2 (115). С. 14–22. DOI: 10.37657/vniipo.pb.2024.115.2.001.
4. NFPA 11. Standart for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam (2021). URL: <https://www.edufire.ir/storage/Library/foam/NFPA%2011-2021.pdf> (дата обращения: 21.05.2024).
5. EN 13565-2. Fixed firefighting systems – Foam systems – Part 2: Design, construction and maintenance. URL: <http://stephenkeen.com/wp-content/uploads/2018/03/BS-EN-13565-2-2009.pdf> (дата обращения: 21.05.2024).
6. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108948> (дата обращения: 21.05.2024).
7. Рекомендации по тушению полярных жидкостей в резервуарах. Москва: ФГУ ВНИИПО, 2007. 58 с.
8. UL Standard for Safety for Foam Equipment and Liquid Concentration UL 162. Seventh Edition, Dated March, 1994.
9. ГОСТ Р 53280.1–2010. Пенообразователи для тушения пожаров водорастворимых горючих жидкостей подачей сверху. Общие технические требования и методы испытаний. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200078686> (дата обращения: 21.05.2024).

**Статья поступила в редакцию 01.07.2024;
одобрена после рецензирования 30.07.2024;
принята к публикации 20.08.2024.**

Федоткин Дмитрий Вячеславович – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела.

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия; федеральное государственное автономное образовательное учрежде-

ние высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия.

Тарбеев Аркадий Сергеевич – младший научный сотрудник. E-mail: tarbeev_as@vniipo.ru; **Баклыков Владимир Николаевич** – старший научный сотрудник.

Оренбургский филиал Всероссийского ордена “Знак Почета” научно-исследовательского института противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Оренбург, Оренбургская область, Россия.

Сушкина Елена Юрьевна – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник.

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Dmitry V. Fedotkin – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Head of Department.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia; National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia.

Arkady S. Tarbeev – Junior Researcher. E-mail: tarbeev_as@vniipo.ru; **Vladimir N. Baklykov** – Senior Researcher.

Orenburg branch of All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Orenburg, Orenburg region, Russia.

Elena Yu. Sushkina – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.