

**“AZƏRBAYCAN XƏZƏR DƏNİZ GƏMİÇİLİYİ” QSC
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ AKADEMİYASI**

ISSN 2220-1025

**AZƏRBAYCAN DÖVLƏT DƏNİZ
AKADEMİYASININ**

ELMİ ƏSƏRLƏRİ

PROCEEDINGS OF

**AZERBAIJAN STATE MARINE
ACADEMY**

№1

BAKI-2020

Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri №1, 2020
Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy №1, 2020

<i>Рак А.Н., Глазеева О.В., Калыев А.Г.</i> Практический комментарий разделов главы 4 приложения VI MARPOL-73/78 в части повышения энергоэффективности морских судов....	158
<i>Sultanov E.F., Abdullayev A.N.</i> Gəmi köməkçi sükan intiqalının idarə olunmasının avtomatlaşdırılması və tezlik çeviricisi ilə idarəetmənin xüsusiyyətləri.....	169
<i>Туринский А.В., Певцов Г.В., Крючков Д.Н., Рощупкин Е.С.</i> Методы повышения достоверности и эффективности контроля технического состояния радиотехнических систем подвижных объектов.....	176
GƏMİÇİLİKDƏ TƏBİƏT ELMLƏRİNİN PROBLEMLƏRİ.....	183
<i>Axundova G.A.</i> Gəmilərdə istifadə olunan materialların korroziyasının kavitasiya məsələləri...	183
<i>Дадашов И.Ф., Куреев А.А., Трегубов Д.Г.</i> Тушение горючих жидкостей огнетушащими системами на основе пористых гранулированных материалов.....	190
<i>Хмелевский С.И., Захарченко И.В., Данилов Ю.А., Литвиненко М.И., Касьяненко М.В.</i> Метод формализации модальных знаний для экспертных систем реального времени.....	198
<i>Михеев А.И., Федотов В.Г., Серова Т.А.</i> Феномен морской воды.....	204

aşınmanın miqyasının artmasına gətirir, xüsusilə də yüksək səviyyəli istilik mübadiləsi olan sahələrdə.

Ədəbiyyat

1. Rayleigh Lord. On the pressure developed in a liquid during the collapse of a spherical cavity. / Rayleigh Lord. -1917. Phil. Mag., 34, № 200, 94 - 98 (Sci. Papers, v. 6), -p. 504-507.
2. Нигматулин, Р.И. Основы механики гетерогенных сред. /Р.И. Нигматулин –М.: Наука, -ч. 1. -1978. -464 с.
3. Нагиев, Ф.Б., Некоторые задачи гидродинамики судна / Ф.Б. Нагиев, Г.А. Ахундова. – Germany: - LAP LAMBERT Academic Publishing, -2015. -164 с.
4. Ахундова, Г.А., О кавитационной коррозии судового двигателя // 13-я Всероссийская межвузовская (5-й международный) научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экономики и управления на транспорте», -Владивосток.: -22май, -2015.

Мəqalə qəbul olunub: 12.03.2020

Təvsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Nəsənov

УДК 614.8

ТУШЕНИЕ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ОГNETУШАЩИМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Дадашов И.Ф.¹, Киреев А.А.², Д.Г. Трегубов²

¹*Академия МЧС Азербайджанской Республики
AZ 1089, пос. Говсан, ул. Эльман Гасымова, 8*

²*Национальный университет гражданской защиты Украины
Украина, г. Харьков, ул. Чернышевского, 94*

E-mail: ilgardadashov@mail.ru, 53kireev53@gmail.com, cxxttregubov1970@nuczu.edu.ua

Аннотация. Рассмотрены результаты тушения ряда горючих неполярных жидкостей класса углеводородов и полярных жидкостей класса спиртов огнетушащими системами на основе гранулированного пеностекла. Получены графические и математические зависимости толщины огнетушащего слоя сухого и смоченного пеностекла от температуры вспышки жидкости. Рассмотрена эффективность применения гелеобразующих систем для завершения тушения жидкостей и возможность одновременного уменьшения слоя пеностекла.

Xülasə. Məqalədə dənəvərlənmiş köpük şüşəsinə əsaslanan yanğınsöndürmə sistemləri ilə karbohidrogen sinfinin bir sıra qeyri-polyar birləşməli yanar maye nümayəndələri və spirt sinfinin polyar birləşməli mayələrinin söndürülməsi nəticələri nəzərdən keçirilmişdir. Mayenin alışma temperaturu ilə quru və isladılmış köpük şüşəsinin söndürmə qatının qalınlığının grafik və riyazi asılılıqları əldə edilmişdir. Bu cür yanar mayələrin effektiv söndürülməsi və eyni zamanda köpük şüşə təbəqəsinin kiçilmə ehtimalı olduğu üçün geləmələgətirici sistemlərin istifadəsinin səmərəliliyi məsələlərinə baxılmışdır.

Abstract. The results of quenching of a number of flammable non-polar liquids of the hydrocarbon class and polar liquids of the alcohol class by fire extinguishing systems based on granular foam glass are considered. Graphic and mathematical dependences of the thickness of the extinguishing layer of dry and wetted foam glass on the flash point of the liquid are obtained. The effectiveness of the use of gel-forming systems to complete the quenching of liquids and the possibility of simultaneously reducing the foam glass layer are considered.

Ключевые слова: тушение горючих жидкостей, температура вспышки, пористые материалы, сухое пеностекло, смоченное пеностекло, гелеобразующие системы

Açar sözlər: yanar mayelərin söndürülməsi, alışma temperaturu, məsaməli materiallar, quru köpük şüşəsi, nəmlənmiş köpük şüşəsi, geləmələgətirən sistem

Key words: extinguishing of flammable liquids, flash point, porous materials, dry foam glass, wet foam glass, gel-forming systems

Введение. Пожар является неконтролируемым процессом горения, характеризующимся возникновением опасных факторов для человека, материальных ценностей и окружающей среды. Согласно сведениям мировой статистики значительными потерями сопровождаются пожары класса «В» [1, 2]. Среди них горение резервуаров представляется более проблематичным процессом для пожаротушения и возможности обеспечения разных аспектов безопасности. Успешное тушение любого пожара это комплексный многофакторный процесс, в том числе, и при пожаротушении жидкостей. При этом главной нерешенной проблемой является достижение разумного компромисса между эффективностью, стоимостью и экологичностью тушения.

В зависимости от водорастворимости горючей жидкости, ее горение относят к пожарам класса «В1» или «В2» (нерастворимые или растворимые в воде), что позволяет группировать технические подходы и практические решения при тушении.

Пожары класса «В1» (нефтепродуктов и других жидкостей) характеризуются значительной теплотой сгорания и большими объемами сберегаемых веществ. Это приводит к тому, что часто не достигается их тушение даже при условии привлечения чрезвычайного количества сил и средств. Большинство используемых в значительных количествах нефтепродуктов являются легковоспламеняющимися, т.е. имеют температуру вспышки менее 61°C [3]. Ситуацию осложняет то, что по составу они являются многокомпонентной системой. А известно, что даже 5% легковоспламеняющейся добавки значительно увеличивает пожарную опасность горючей жидкости (температура вспышки свыше 61°C).

Для тушения пожаров класса «В» исследована возможность применения различных средств пожаротушения как по механизму огнетушащего действия, так и по агрегатному состоянию и способу подачи: распыленная и тонкораспыленная вода, огнетушащие порошки, ингибиторы горения, пены, углекислота в газообразном или твердом состоянии. При этом реализуются все возможные приемы пожаротушения: ингибирование, охлаждение, разбавление и изоляция. При подаче воды в очаг пожара основным механизмом погасания является охлаждение пламени или горючего вещества [4].

Для порошков общего назначения и хладонов главной причиной достижения тушения является ингибирование реакций горения. Применение твердой углекислоты обеспечивает, в первую очередь, охлаждающий механизм тушения; для газообразной углекислоты – это разбавление.

Изолирующий механизм тушения достигается подачей на поверхность горячей жидкости огнетушащих пен. Однако в практике пожаротушения жидкостей, за исключением использования пен, описанные средства обеспечивают эффективный результат только для относительно малых площадей горения. Такое состояние вопроса определяется тем, что для достижения эффекта гарантированного прекращения горения необходимо создать и поддерживать некоторое время (до охлаждения конструкций ниже температуры самовоспламенения паров) огнетушащую концентрацию действующего вещества (порошка, аэрозоля, хладона, распыленной воды или негорючего газа) во всем газовом пространстве над поверхностью жидкости. За время тушения необходимо снизить температуру поверхности жидкости – менее температуры вспышки, пламени – менее температуры погасания, металлических конструкций – менее температуры самовоспламенения паров. Это требует обеспечить высокую интенсивность и равномерность подачи огнетушащего вещества в течении значительного времени. Данное условие реализовать на практике трудно, особенно для низкокипящих жидкостей (с температурой кипения менее 50°C). Таким образом, рассмотренные выше методы

пожаротушения можно применять только для высококипящих жидкостей, малых площадей горения или на начальной стадии пожара.

На современном этапе развития средств тушения пожаров класса «В» доказано, что наибольшую эффективность применения имеют воздушно-механические пены их формирования их изолирующего слоя на поверхности жидкости [5], это снижает концентрацию паров за счет диффузных ограничений до безопасных значений. Достоинством пен является наличие кроме изолирующего – значительного охлаждающего эффекта. Время действия изолирующе-охлаждающего действия пен на порядок больше времени поддержания ингибирующих и разбавляющих свойств огнетушащих аэрозолей или газов-разбавителей.

Однако ряд технических трудностей не позволяет таким способом эффективно тушить большие пожары класса В: пену сносит конвекционными потоками или она разрушается в пламени и при контакте с поверхностями, в том числе горячей жидкости [6]. Технические средства устранения этих проблем имеют низкую надежность. При этом отмечается невозможность тушения стандартными пенами полярных жидкостей, недостаточное время работоспособности пен после прекращения горения и охлаждающее действие, низкие экологические [7, 8] и экономические показатели, загрязнение компонентами пен горючих жидкостей после тушения затрудняет их дальнейшее использование. Т.е., недостатки современного пенного пожаротушения обуславливают невозможность достижения положительного комплексного результата тушения (эффективность, экономичность, экологичность) [9].

Приведенные аргументы демонстрируют необходимость разработки нового огнетушащего средства лишенного указанных недостатков.

Постановка задачи. Для устранения отмеченных недостатков огнетушащих пен предложено использовать новое средство пожаротушения на основе негорючих пористых материалов с низкой кажущейся плотностью [10]. В качестве такого материала было выбрано гранулированное пеностекло (ПС) с размером гранул (1 – 1,5) см. Гранулы ПС проявляют высокую термоустойчивость и характеризуются достаточной плавучестью на поверхности горючих жидкостей [11, 12]. Применение ПС для пожаротушения целесообразно также по экологическим и экономическим параметрам [13]. Эффективность данного средства можно повысить использованием гелеобразующих систем (ГОС). Для данных исследований была выбрана бинарная система $\text{CaCl}_2(5\%)+\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,7\text{SiO}_2(5\%)$, после подачи компонентов которой на твердых поверхностях образуется слой геля [14].

Индивидуальный слой ПС проявляет небольшие изолирующие и охлаждающие свойства. Поэтому изначально он предполагался как носитель геля. Недостатком огнетушащего средства на основе ПС является невысокое охлаждающее действие. Дополнительный гелевый слой, нанесенный на слой ПС, обуславливает высокие изолирующие свойства полученной огнетушащей системы по отношению к парам жидкостей. Однако ее охлаждающие свойства повышаются незначительно.

Для повышения охлаждающего действия индивидуального слоя ПС было предложено использовать смачивание его водой [15]. Кроме того, для смоченного ПС проявляется дополнительная составляющая огнетушащего действия – эффект разбавления зоны горения парами воды. Однако смоченное ПС имеет меньшую плавучесть, чем сухое, что уменьшает изолирующие свойства ПС. Вопрос о целесообразности применения смоченного ПС был решен в ходе экспериментальных исследований [16].

Ранее в работах [16-20] были экспериментально определены огнетушащие характеристики ряда огнетушащих систем на основе ПС: сухого ПС, смоченного ПС, сочетание слоя сухого ПС и слоя геля, сочетание слоя смоченного ПС и слоя геля. При этом в качестве горючих жидкостей исследован ряд индивидуальных алканов, технических углеводородных жидкостей и топлив, а также одноатомных и многоатомных спиртов. Для каждого вида из указанных огнетушащих систем применительно к отдельным классам горючих жидкостей были установлены эмпирические зависимости огнетушащих толщин слоёв сухого, смочен-

ного ПС и дополнительного слоя геля по параметру – температура вспышки жидкости. Вопрос об общих закономерностях для разных видов огнетушащих систем на основе ПС и разных горючих жидкостей не был рассмотрен.

Таким образом, задачей работы является установление общих закономерностей огнетушащих свойств предложенных систем от характеристик горючих жидкостей.

Анализ полученных результатов. Соответственно поставленной задаче была проведена группировка полученных ранее результатов и завершение обобщенного эксперимента по недостающим позициям классов углеводородов и полярных жидкостей по направлениям разных способов использования ПС для тушения.

В качестве количественной характеристики обобщенного ряда горючих жидкостей, определяющей изменение сложности их тушения, как и ранее, выбрана температура вспышки. Это связано с тем, что при данной температуре уже накапливается наименьшая горючая концентрация паров. Тогда степень превышения фактической температуры хранения жидкости над температурой вспышки будет характеризовать интенсивность возможного горения.

Таблица

Характеристики исследованных жидкостей и соответствующие толщины огнетушащего слоя пеностекла

№	Горючая жидкость	$t_{всп}$, °С	$h_{сух}$, см	$h_{смоч}$, см	$h_{сух+ГОС}$, см	$h_{смоч+ГОС}$, см
1	Пентан	-44	>12	>12	>12	>12
2	Гептан	-4	>12	>12	>12	>12
3	Октан	14	12	10	10	10
4	Декан	47	8	7	6	6
5	Додекан	77	6	4	4	4
6	Бензин	-36	50*	65*	28*	-
7	Уайт-спирит	-10	>12	>12	8	-
8	Керосин	28	12	8	6	-
9	Дизельное топливо	64	10	5	4	4
10	Машинное масло I-20	175	6	3	2	2
11	Метанол	6	12	10	9	8
12	Этанол	14	6	9	6	6
13	Изопропанол	14	8	8	7	6
14	н-бутанол	35	9	7	8	6
15	н-пентанол	36	9	7	7	6
16	н-гептанол	74	7	6,5	6	6
17	н-октанол	86	7	2,5	5	2
18	Этиленгликоль	111	4	2	-	-
19	Глицерин	198	3	1,5	-	-

* - получено на модифицированном модельном очаге пожара класса «В» (с увеличенным бортом)

В таблице представлены характеристики исследованных горючих жидкостей: температуры вспышки ($t_{всп}$), огнетушащие толщины слоя ПС (сухого ($h_{сух}$) и смоченного ($h_{смоч}$)), а также – слоя ПС (сухого ($h_{сух+ГОС}$) и смоченного ($h_{смоч+ГОС}$)), обеспечивающего возможность дотушивания гелем в условиях поверхностного расхода подачи его компонентов $0,2 \text{ г/см}^2$. Огнетушащие характеристики были определены на четырех видах модельных очагов пожара класса «В»: лабораторном модельном очаге, стандартных модельных очагах 2В и 8В, а для бензина и уайтспирита – на модифицированном стандартном очаге 2В. В большинстве случаев расхождение между полученными данными на разных модельных очагах в толщинах слоя не превышало 1-2 см. В связи с тем, что эксперименты с использованием лабораторного модельного очага были проведены для всех рассматриваемых горючих жидкостей, соответствующие данные приведены для этого вида модельного очага. Исключения составляют слу-

чай, когда с использованием лабораторного модельного очага не было достигнуто его тушение. Во всех случаях приведены общие толшины слоя ПС, то есть сумма толшины слоя ПС ниже уровня жидкости и выше него. Слой ПС над поверхностью жидкости обеспечивает его изолирующие свойства, а погруженный слой – охлаждающие.

Данные по температурам вспышки индивидуальных жидкостей взяты в справочной литературе по пожарной безопасности [21]. Для бензина, уайтспирита, керосина, дизельного топлива и машинного масла температуры вспышки определены экспериментально. Данные для пентана, гептана и уайтспирита не включены в анализ в связи с невозможностью достичь на очагах пожара класса В со стандартной высотой борта огнетушащих значений толшины слоя ПС.

С использованием программного обеспечения «Excel» были получены аппроксимационные выражения для зависимостей огнетушащей толшины слоя ПС от температуры вспышки исследованных горючих жидкостей. В связи с существенным отличием толшины огнетушащего слоя для бензина от остальных горючих жидкостей, бензин исключён из данных по аппроксимации соответствующих зависимостей и будет рассмотрен отдельно. Зависимости для всех способов пожаротушения жидкостей огнетушащими средствами на основе ПС укладываются в характер полинома третьей степени:

$$\text{сухое ПС: } h_{\text{общ}} = -1 \cdot 10^{-06} t_{\text{всп}}^3 + 5,1 \cdot 10^{-04} t_{\text{всп}}^2 - 0,11 t_{\text{всп}} + 13,39, \text{ см, (R = 0,91)} \quad (1)$$

$$\text{смоченное ПС: } h_{\text{общ}} = -1 \cdot 10^{-06} t_{\text{всп}}^3 + 6,253 \cdot 10^{-04} t_{\text{всп}}^2 - 0,133 t_{\text{всп}} + 11,25, \text{ см, (R = 0,958)} \quad (2)$$

$$\text{сухое ПС + ГОС: } h_{\text{общ}} = -1 \cdot 10^{-06} t_{\text{всп}}^3 + 5,35 \cdot 10^{-04} t_{\text{всп}}^2 - 0,108 t_{\text{всп}} + 10,13, \text{ см, (R = 0,931)} \quad (3)$$

$$\text{смоченное ПС + ГОС: } h_{\text{общ}} = -0,9 \cdot 10^{-06} t_{\text{всп}}^3 + 5,15 \cdot 10^{-04} t_{\text{всп}}^2 - 0,109 t_{\text{всп}} + 9,754, \text{ см, (R=0,919)} \quad (4)$$

Соотношения (1)–(4) соответствуют разным огнетушащим системам на основе ПС: сухое ПС; ПС, смоченному водой; сухое ПС с дополнительным нанесением слоя ГОС с поверхностным расходом 0,2 г/см²); ПС, смоченное водой с дополнительным нанесением слоя ГОС с поверхностным расходом 0,2 г/см². Низкие коэффициенты корреляции объясняются проведением обобщенной аппроксимации, по данным, полученным для разных очагов пожара класса В, которые характеризуются разной интенсивностью испарения.

На рис. приведены полученные графические зависимости огнетушащей толшины слоя ПС и геля от температуры вспышки исследованных горючих жидкостей для четырёх видов модельных очагов пожара класса «В». На графике также показаны полученные экспериментальные значения тушения пожаров класса В1 и В2 разными огнетушащими системами на основе ПС.

Анализ приведенных зависимостей позволяет сделать ряд заключений.

Во-первых, с ростом температуры вспышки зависимость уменьшения толшины слоя ПС, обеспечивающего пожаротушение, для исследованных огнетушащих систем имеет близкий характер.

Во-вторых, огнетушащие характеристики смоченного ПС выше, чем у сухого. Это преимущество, тем больше, чем выше температура вспышки жидкости. Различие в огнетушащих толщинах слоёв ПС составляет от 1 до 5 см. Этот факт можно объяснить тем, что смоченное ПС имеет большее охлаждающее действие, чем сухое, а с ростом температуры горячей жидкости вклад охлаждающей способности в суммарный огнетушащий эффект возрастает. Этот эффект проявляется несмотря на то, что смоченное ПС имеет меньшее изолирующее действие, чем сухое за счет меньшей плавучести. В данном случае, можно заключить, фактор охлаждения поверхностного слоя жидкости превышает фактор изоляции процесса испарения. Т.е., для высококипящих жидкостей оказывается, что проще охладить их поверхность до температур меньших температуры вспышки за счет охлаждающих свойств воды и ПС, чем заизолировать тонким слоем процесс выхода пара в воздушную среду. При этом как о вторичном эффекте пожаротушения следует говорить уже не об изоляции, а о флегматизации парами воды смеси

паров горячей жидкости и воздуха над поверхностью ПС. Более того, ранее было отмечено, что тонкие слои ПС могут интенсифицировать процесс испарения [20]. В результате тушение смоченным пеностеклом высококипящих жидкостей оказывается даже более эффективным, чем сухим ПС с дотушиванием очага пожара слоем геля с поверхностным расходом $0,2 \text{ г/см}^2$.

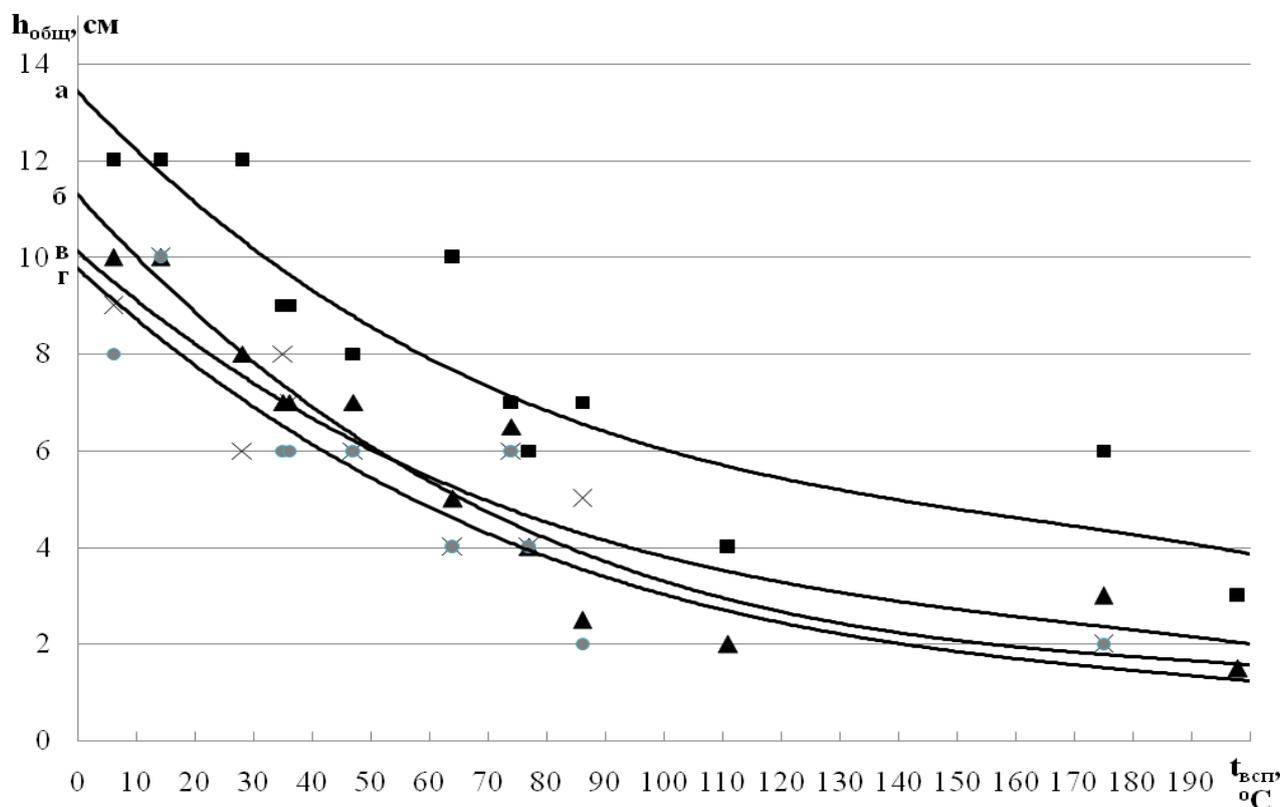


Рис. Экспериментальные данные и обобщенная зависимость огнетушащей толщины слоя для разных огнетушащих систем на основе ПС от температуры вспышки жидкостей:
 а) ■ - сухое ПС, б) ▲ - смоченное ПС, в) × - сухое ПС с дотушиванием ГОС,
 г) ● - смоченное ПС с дотушиванием ГОС

В-третьих, дотушивание очага пожара класса «В» путем нанесения слоя геля с поверхностным расходом $0,2 \text{ г/см}^2$ на поверхность сухого ПС уменьшает расход ПС на тушение на 1-6 см. В случае нанесения слоя геля с таким же поверхностным расходом на поверхность смоченного ПС дополнительное уменьшение расхода ПС незначительно – (0–2) см. Этот факт указывает на то, что в случае сухого ПС нанесение слоя геля заметно увеличивает как охлаждающие свойства ПС так и изолирующие свойства всей системы в целом. Незначительное увеличение огнетушащих свойств при нанесении геля на поверхность слоя смоченного ПС указывает на небольшое увеличение изолирующих свойств. Это подтверждается и результатами визуальных наблюдений. Слой геля, нанесенный на слой гранулированного ПС с поверхностным расходом $0,2 \text{ г/см}^2$, не образует сплошного покрытия, промежутки между гранулами ПС заполняются не полностью. Тем не менее, в обобщенном случае тушение смоченным ПС с дотушиванием ГОС требует наименьшего слоя ПС.

Реализовать высокие изолирующие свойства слоя геля при нанесении его на слой гранул ПС можно в случае образования сплошного гелевого покрытия. Для случая гранул с размером (1-1,5) см сплошной слой образуется при поверхностном расходе не менее $0,7 \text{ г/см}^2$. Для обеспечения плавучести бинарной системы «ПС+гель» при нанесении геля с поверхностным расходом $0,7 \text{ г/см}^2$ минимальный достаточный слой ПС должен иметь тол-

щиной не менее 15 см. Однако такой толщины слоя ПС достаточно для тушения для всех горючих жидкостей с температурой вспышки выше 0°C даже в случае сухого ПС. Это делает нецелесообразным тушение горючих жидкостей с температурой вспышки выше 0°C предложенной огнетушащей системой со сплошным слоем геля на поверхности ПС. Случай тушения особо легковоспламеняющихся жидкостей с температурой вспышки менее 0°C огнетушащими системами на основе ПС нами рассмотрен ниже на примере бензина.

Бензин является особо легковоспламеняющейся жидкостью с температурой вспышки «-36°C». Результаты отдельно проведенных экспериментов на модифицированном модельном очаге пожара класса «В» с увеличенным бортом показали, что при тушении бензина более высокие огнетушащие свойства проявляет сухое пеностекло по сравнению со смоченным (слой ПС 50 см против 65 см). Это объясняется тем, что для смоченного ПС не погруженный слой, находящийся выше поверхности жидкости, будет меньше чем в случае с сухим ПС. Это приводит к уменьшению изолирующих свойств смоченного ПС. Очевидно, что охлаждающее действие смоченного ПС будет больше, чем сухого ПС. Однако в случае тушения бензина фактор, связанный с влиянием охлаждающего действия уступает влиянию фактора изоляции. Это связано с тем, что температура поверхности горящего бензина существенно ниже, чем у других горючих жидкостей. Понижение температуры жидкости при внесении в поверхностный слой огнетушащего вещества будет тем интенсивнее, чем больше разность температур огнетушащего вещества и горячей жидкости.

Кроме этого, реализовать чисто охлаждающие свойства огнетушащих систем на основе ПС за счет уменьшения температуры поверхности бензина менее температуры вспышки можно лишь с применением мощных холодильных систем, что делает гипотетическое тушение экономически нецелесообразным. Реальным способом тушения особо опасных легковоспламеняющихся жидкостей является тушение сплошным слоем геля на плавучей основе ПС. Создание сплошного слоя геля на слое сухого ПС требует поверхностного расхода подачи компонентов не менее 0,7 г/см², а слой ПС, при этом должен иметь толщину 15–20 см.

Выводы. 1. На основании экспериментально определенных огнетушащих свойств четырех видов огнетушащих средств для тушения горючих жидкостей сухого ПС, смоченного ПС, сочетания слоя сухого ПС и слоя геля, сочетания смоченного ПС и слоя геля установлена для каждого из них аналитическая зависимость огнетушащей толщины слоя ПС от температуры вспышки при тушении классов углеводородных и полярных жидкостей.

2. Огнетушащие характеристики смоченного ПС выше, чем у сухого. Нанесение слоя геля с поверхностным расходом 0,2 г/см² на поверхность сухого ПС уменьшает расход ПС на тушение на 1–6 см. В случае нанесения слоя геля с поверхностным расходом 0,2 г/см² на поверхность смоченного ПС дополнительное уменьшение расхода ПС незначительно – до 2 см.

3. Полученные эмпирические зависимости позволяют оценить толщину огнетушащего слоя для систем на основе гранулированного ПС при тушении пожаров класса «В» на основании данных по температурам вспышки горючих жидкостей для области температур вспышки выше 0–200 °C.

4. В область установленной эмпирической зависимости не попадает бензин и другие особоопасные легковоспламеняющиеся жидкости. Применительно к их тушению более высокие огнетушащие свойства проявляет сухое пеностекло по сравнению со смоченным (слой ПС 50 см против 65 см). Бензин также можно потушить путем нанесения на слой сухого ПС толщиной не менее 15 см слоя геля с поверхностным расходом 0,7 г/см².

Литература

1. Campbell R. Fires at Outside Storage Tanks // Report National fire protection association: August 2014. Режим доступа: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports>.
2. Hylton J.G. U.S. Fire Department Profile // Report: NFPA's: April 2017. Режим доступа: <https://www.nfpa.org//media/Files/News-and-Research/Fire-statistics/Fire-service/osfdprofile.pdf>.

3. Тарахно, О.В. Теорія розвитку та припинення горіння. Практикум, частина 1. / О.В. Тарахно, К.В. Жерноклов, Д.Г. Трегубов [та ін.], -Харків: НУЦЗУ, -2010. -309 с.
4. Тарахно, О.В. Фізико-хімічні основи використання води в пожежній справі / О.В. Тарахно, А.Я. Шаршанов, -Харків: АЦЗУ, -2004. -252 с.
5. Баланюк, В.М., Михалічко Б.М., Моргун Ю.О. Гасіння аерозолем пожеж горючих рідин в резервуарах підшаровим методом / В.М. Баланюк, Б.М. Михалічко, Ю.О. Моргун // Пожежна безпека, -2012. №21, -с. 19–22.
6. Сенчихін, Ю.С. Довідник керівника гасіння пожежі / Ю.С. Сенчихін, В.В. Сировий, О.В. Тарахно [та ін.], -К.: -2017. -358 с.
7. Seam J. Fire fighting foams with perfluorechemicals // Environmental revive. 2013. Режим доступа: https://www.google.com.ua/search?rlz=1C1BLWB_enUA771UA722.
8. Olkowska, E. Analytics of surfactants in the environment: problems and challenges / E. Olkowska, Ż. Polkowska, J Chem. Namieśnik //Rev. -2011. № 9. Vol. 111, -р. 5667-5700.
9. Боровиков, В. Гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти та нафтопродуктів // Пожежна та техногенна безпека. -2015. №11(26), -с. 28–29.
10. Дадашов, І.Ф. Спосіб гасіння резервуарів з горючими та легкозаймистими рідинами, Пат. № 123563, UA. / Дадашов І.Ф., Кіреєв О.О., Тарадуда Д.В. Заяв. та патентовл.: НУЦЗУ. u 2017 10836, 06.11.2017; опубл. 26.02.2018, Бюл. №4. 4 с.
11. Eom, J.H. Processing and properties of macroporous silicon carbide ceramics / J.H. Eom, Y.W. Kim, S. Raju //Journal of Asian Ceramic Societies, -2013. -v.1 (3), -р. 220–242.
12. Дадашов, І.Ф. Выбор лёгкого силикатного носителя для гелевого огнетушащего слоя при пожаротушении /И.Ф. Дадашов, А.А. Киреев, Л.А. Михеенко // Керамика: наука и жизнь, -2016. № 2(31), -с. 44-51.
13. Dadashov I., Loboichenko V, Kireev A. Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products // Pollution Research Paper: 2018. V. 37, Issue 1. -р. 63–77.
14. Дадашов, І.Ф. Экспериментальное исследование изолирующих свойств гелеобразного слоя по отношению к парам органических токсичных жидкостей // Проблемы надзвичайних ситуацій, -2017. Вып. 25, -с. 22–27.
15. Дадашов, І.Ф. Експериментальне дослідження охолодження горючої рідини гранулами піноскла // Пожежна безпека, -2018. № 33, -с. 48–52.
16. Дадашов, І.Ф. Напрямки вдосконалення гасіння пожеж нафтопродуктів / І.Ф. Дадашов, Д.Г. Трегубов, Ю.М. Сенчихін, О.О. Кіреєв// Науковий вісник будівництва, -2018. Т. 94, № 4, -с. 238–249.
17. Дадашов, І.Ф. Исследование влияния толщины слоя гранулированного пеностекла на горение жидких углеводородов / И.Ф. Дадашов, Д.Г. Трегубов, А.А. Киреев [и др.]//Вестник КТИ комитета по ЧС МВД республики Казахстан, -2018. -№4(32), -с.47–54.
18. Дадашов, І.Ф. Исследование влияния толщины слоя гранулированного пеностекла на горение жидкостей ряда алканов // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, -2018. Т. 2, № 3, -с. 320–326.
19. Дадашов, І.Ф. Экспериментальное исследование тушения нефтепродуктов огнетушащей системой на основе гранулированного пеностекла // Теоретическая и прикладная механика. Межвузовский научно-технический журнал, -Баку: -2018. Т. XIII, № 3-4(51-52), -с. 127–133.
20. Киреев, А.А. Экспериментальное исследование влияния толщины слоя гранулированного пеностекла на горение спиртов /А.А. Киреев, Д.Г. Трегубов, А.В. Савченко [и др.]// Проблемы пожарной безопасности, -2019. Вып. 46, -с. 71–79.
21. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения: [в 2 кн.] /А. Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. -М.: Пожнаука, -2004. -1250 с.

Maqalə qəbul olunub: 10.06.2020

Tövsiyə edib: t.e.d., prof. V.H.Həsənov