

УДК 614.84

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ ВЫГОРАНИЯ И УСЛОВИЙ ТУШЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО ОЧАГА ПОЖАРА КЛАССА В ПРИ ПООЧЕРЕДНОМ ПРИМЕНЕНИИ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПЕНОСТЕКЛА И ГЕЛЕОБРАЗУЮЩЕГО ОГNETУШАЩЕГО ВЕЩЕСТВА

И.Ф. Дадашов<sup>1</sup>, канд.техн.наук, А.А. Киреев<sup>\*2</sup>, д-р. техн.наук, доцент, Д.Г. Трегубов<sup>2</sup>, к.т.н., доцент

<sup>1</sup> Академия МЧС Азербайджанской республики

<sup>2</sup> Национальный университет гражданской защиты Украины

### ИНФОРМАЦИЯ ПРО СТАТЬЮ

Поступила в редакцию: 20.11.2018  
Прошла рецензирование: 17.12.2018

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

массовая скорость выгорания, модельный очаг пожара класса В, бензин, пожары в резервуарах, гранулированное пеностекло, гелеобразующие системы.

### АННОТАЦИЯ

Для тушения пожаров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей предложено использовать твердые гранулированные материалы с низкой кажущейся плотностью. Показана возможность тушения модельного очага пожара класса В огнетушащей системой на основе гранулированного пеностекла с одновременным воздействием гелеобразующих систем. Установлена толщина слоя пеностекла, обеспечивающая тушение модельного очага пожара класса В при нанесении слоя геля. Определены условия отсутствия повторного воспламенения очага пожара при внешнем воздействии открытого пламени.

**Постановка проблемы.** Данные всемирной статистики пожаров показывают широкую распространённость пожаров класса «В» [1-2]. При этом важно отметить, что прекращение горения горючих жидкостей является одной из сложнейших проблем пожаротушения. Особенно большие трудности возникают при тушении резервуаров большой ёмкости. Такие пожары характеризуются большой длительностью, значительным материальным ущербом и нередко человеческими жертвами [3].

В литературных источниках можно найти информацию о возможности тушения горючих жидкостей (ГЖ) и легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) практически всеми существующими в настоящее время методами и средствами пожаротушения: воздушно-механическими пенами, распыленной водой и водными растворами, эмульсиями, порошковыми средствами, аэрозолями, откачиванием топлива из резервуара, твёрдой углекислотой, газами-разбавителями, газообразными ингибиторами, огнепреградителями. По мнению ряда авторов [3-5], большинство таких методов тушения (кроме тушения пенами) представляют скорее теоретический интерес, из-за сложности обеспечения условий погасания пламени одновременно над всей поверхностью жидкости.

Анализ реальных вариантов тушения пожаров класса «В», позволяет заключить, что высокая эффективность пожаротушения

достигается в тех случаях, когда реализуется изолирующий механизм прекращения горения. Самым универсальным изолирующим средством пожаротушения для больших площадей горения являются воздушно-механические пены. Огнетушащие пены позволяют обеспечить условия прекращения горения паровоздушной смеси одновременно над всей поверхностью жидкости, и сохранить эти условия в течение времени, достаточного для охлаждения конструкций, нагретых пожаром до температур ниже температуры самовоспламенения. Одновременное

выполнение указанных условий необходимо для успешного тушения пожаров класса «В».

В нормативных документах большинства государств постсоветского пространства огнетушащие пены указаны как основное средство тушения ГЖ и ЛВЖ, и только в некоторых случаях рекомендуют применение огнетушащих порошков или распыленной воды [6-7]. Опыт использования пен для пожаротушения жидкостей на данный момент составляет более ста лет. Для получения огнетушащих пен используют водные растворы пенообразователей (ПО), главным компонентом которых являются поверхностно-активные вещества (ПАВ). Первоначально основой ПО были ПАВ растительного происхождения, далее их заменили белковые и синтетические ПАВ. Однако все пенообразователи, разработанные на сегодняшний день на указанных принципах, во многих случаях не обеспечивают требуемой

ефективності пожаротушення даже при точном виконанні вимог нормативних документів [3].

Слідуючий етап розвитку практики тушення пожаров в резервуарах характеризується інтенсивним внедренням плінообразуючих ПО з використанням перфторированих ПАВ. При цьому суттєво підвищена ефективність пожаротушення ГЖ і ЛВЖ. В більшості випадків нові ПО забезпечують ефективне тушення пожаров з участю різних видів горючих рідин. На даний момент переваги плінообразуючих ПО для цілей пожаротушення перед ПО загального призначення общепризнані [3, 6-7].

Тем не менше, для всіх огнетушачих пен характерні загальні недоліки: низька стійкість під впливом інтенсивних теплових потоків від пламени горючої рідини, швидке руйнування пен при контакті з полярними рідинами і нагрітими твердими поверхнями, труднощі з подачею пен на великі відстані, висока ціна ефективних ПО, наявність в їх складі екологічно небезпечних речовин, забруднення пенообразователем горючих рідин. Для плінообразуючих ПО додатковим недоліком є висока ціна як самих ПО, так і систем підслайної подачі [8]. Тем не менше, масове використання плінообразуючих ПО все ж таки обмежене екологічними міркуваннями [9]. Дослідниками показано, що перфторированні ПАВ в 150 раз токсичніші «біологічно жорсткого» ПО-6К і в 2500 раз стійкіші до природної біодеградації. Таке положення, з урахуванням сучасних тенденцій до посилення екологічних вимог, привело до скасування Агентством по захисту навколишнього середовища США програми добровільного припинення використання таких речовин і відмові компанії «3М» від їх випуску [10].

Спроби створення нових екологічно безпечних ПО поки не дали суттєвих результатів [11-12]. На основі вищесказаного можна зробити висновок, що рішення проблеми низької ефективності існуючих методів тушення горючих рідин в резервуарах потребує розробки нових більш ефективних екологічно безпечних огнетушачих засобів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для усунення недоліків повітряно-механічних пен запропоновано використовувати тверді гранульовані матеріали з низькою щільністю в поєднанні з огнетушачими гелеобразуючими системами (ГОС) [13-15].

ГОС представляють собою бінарну систему, рідкі компоненти якої окремо-окремо подаються в осередок горіння. Компоненти системи підібрані таким чином, щоб при їх змішуванні на твердих поверхнях утворювався не текучий гелеобразний шар. В роботах [16-17] були встановлені високі ізолюючі властивості гелеобразного шару. При товщині сплошного шару геля рівній 1,3-1,4 мм коефіцієнт затримки випаровування парів вуглеводородних палив становив величину ~ 30. Ще більше ефект затримки випаровування проявляється при наявності вітру, т.е. гель усуває контакт рідини з рухомими повітряними масами і ліквідує таким механізмом відірвання молекул від поверхні [17]. Для забезпечення плавучості ізолюючого шару геля в ГЖ і ЛВЖ необхідно використовувати легкий негорючий неорганічний носій. Як легкий твердий гранульований матеріал була обрана целюлозна пористість гранульованого або дробленого пеностекла [15].

Пеностекло (ПС) представляє собою тверду пену з твердою дисперсійною середою і газообразною дисперсійною фазою. Пеностекло виробляється українською промисловістю і є легкодоступним матеріалом. Для нього характерна низька щільність (100-200 кг/м<sup>3</sup>), хімічна інертність, негорючість, високі теплоізолюючі властивості (теплопровідність 0,04 – 0,08 Вт/(м·К)), висока температура розм'якшення (більше 450 °С) і повна екологічна і гігієнічна безпека. Існують декілька видів ПС. За характеристиками відрізняють – відкрито пористе і закрито пористе пеностекло. Також відрізняють гранульоване і блочне ПС. Використовується також дроблене ПС, зовнішні пори якого відкриті для проникнення рідин, а внутрішні закриті. Як компоненти огнетушачої системи гранульоване і дроблене ПС показали близькі характеристики, тому в

дальнейшем использовалось дроблёное ПС, как более дешёвое.

Кроме выполнения функции обеспечения плавучести гелеобразного слоя на поверхности ГЖ и ЛВЖ установлено, что сам слой ПС замедляет испарение жидкостей [18]. Так было установлено, что слой гранулированного пеностекла замедляет скорость испарения бензина при толщине слоя 4,5 см в 1,4 раза с возрастанием слоя до 13,5 см в 5,6 раз. Кроме того ПС погружаясь в горящую жидкость охлаждает ее поверхностный слой, что замедляет процесс горения. Отсюда можно заключить, что совместное использование ГОС и ПС может существенно уменьшить скорость горения ГЖ и ЛВЖ и привести в конечном итоге к полному прекращению горения. В работе [19] было исследовано тушение лабораторного модельного очага пожара класса «В» малого размера. Этот модельный очаг представлял собой металлическую ёмкость цилиндрической формы с внутренним диаметром 11,2 см ( $S=98,5 \text{ см}^2$ ). Однако условия горения и тушения модельного очага существенно зависят от соотношения его размеров. Так массовая скорость выгорания бензина многократно изменяется при изменении диаметра резервуара от нескольких сантиметров до 1,2 м. Дальнейший рост диаметра резервуара свыше 1,2 м не приводит к изменению скорости горения. Кроме того, скорость горения существенно зависит от высоты свободного борта резервуара. Поэтому ранее экспериментально определённые на лабораторных малоразмерных модельных очагах значения показателя огнетушащей способности требуют уточнения на модельных очагах больших размеров.

**Постановка задачи и её решение.** Целью работы является экспериментальное определение массовой скорости выгорания бензина и условия его тушения при нанесении на его поверхность слоя гранулированного ПС на модельном очаге, габариты которого превышают размеры очага изученного ранее. Нами был выбран модельный очаг пожара класса В адаптированный для подачи большого слоя гранулированного ПС. Диаметр его составил 28,8 см, свободная площадь поверхности жидкости –  $650 \text{ см}^2$ , что в 6,6 раза больше, чем для лабораторного модельного очага.

Массовая скорость выгорания представляет собой один из важнейших параметров пожарной опасности для веществ и материалов в твердом и жидком состоянии,

поэтому приведена во многих справочных материалах, например [20]. Однако, как установлено [19], этот параметр сильно зависит от высоты борта и диаметра резервуара. Количественно массовую скорость выгорания

жидкости ( $V_m, \frac{\text{г}}{\text{с} \cdot \text{м}^2}$ ) по результатам эксперимента определяют из соотношения:

$$V_m = \frac{\Delta m}{\tau S}, \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – изменение массы жидкости в результате её горения, г;

$\tau$  – время горения, с;

$S$  – площадь поверхности жидкости,  $\text{м}^2$ .

На первом этапе исследований изучали скорость выгорания бензина (АИ-92) со свободной поверхности. Для этого в противень наливали 4 л воды и 2 л бензина. Высота свободного борта при этом составляла 11,6 см. После этого поджигали бензин и гравиметрическим методом определяли потерю его массы во время процесса горения. Значения убыли массы начинали фиксировать через одну минуту после зажигания очага. Регистрацию динамики изменения массы осуществляли каждые 30 с. Взвешивание производили с помощью электронных весов непрерывного взвешивания ВТА-60-3-7, которые обеспечивают точность измерения 10 г. Проведение эксперимента осуществляли при температуре окружающего воздуха ( $25 \pm 2$ )°С.

На втором этапе исследований определяли массовую скорость выгорания бензина с нанесённым слоем ПС. Эксперимент проводили по такой же методике, как и без нанесённого слоя. При этом слой ПС равномерно насыпали на горящую поверхность после 1 минуты свободного горения жидкости. Значения убыли массы начинали фиксировать через одну минуту после засыпки ПС. Получены зависимости убыли массы бензина при горении от времени со 2<sup>й</sup> до 6<sup>й</sup> минуты горения после зажигания модельного очага. Эксперимент показал, что процесс выгорания уже ко 2<sup>й</sup> минуте выходит на стационарный режим с зависимостью близкой к линейной. Это означает, что массовая скорость выгорания жидкостей в заданном интервале времени практически неизменна.

С учётом результатов работы [19] для проведения эксперимента был выбран интервал толщин слоя ПС 6-14 см. В связи с наличием в слое гранулированного ПС пустот высота слоя ПС может быть больше высоты свободного

борта Во всех случаях в качестве толщины слоя ПС принимается суммарная толщина, определяемая слоем ПС погруженного в бензин и находящегося над его поверхностью. В качестве лёгкого пористого материала использовано дроблёное ПС трех фракций с размером гранул 1–1,5 см; 1,5– 2,5 см и 2,5–4 см. Насыпная плотность этих фракций (ПС) составила  $105 \pm 3$ ,  $91 \pm 3$  и  $92 \pm 3$  кг/м<sup>3</sup> соответственно. Истинная плотность ПС в пределах одной партии находится в диапазоне значений в интервале 130 – 162 кг/м<sup>3</sup>. Фракция ПС менее 1 см не рассматривалась, поскольку вследствие того, что ПС имеет открытые внешние поры, у мелких фракций увеличивается доля смоченной части гранулы и в целом степень погружения в жидкость увеличивается до 75 %, что ухудшает плавучесть и изолирующие свойства слоя ПС [15].

В результате проведенных изменений получены числовые значения убыли массы

бензина при горении сквозь слой ПС в разные моменты времени в течении процесса выгорания. Полученные данные по соотношению (1) были пересчитаны в массовую скорость выгорания бензина в условиях эксперимента при данном слое пеностекла. Результаты такого расчета сведены в таблицу 1. Поскольку тушение бензина на модельных очагах при нанесении исследованных систем ПС не достигается (хотя и отмечается снижение интенсивности горения) исследована возможность прекращения горения путем дополнительной подачи на слой ПС ограниченной порции компонентов ГОС (с поверхностным расходом 0,2 г/см<sup>2</sup>). Поэтому в таблице в некоторых случаях отмечена возможность лёгкого (быстро) тушения модельного очага пожара в результате подачи компонентов ГОС на ПС над которым наблюдается остаточный эффект горения.

Таблица 1 – Массовые скорости выгорания бензина для разных фракций и толщин слоя пеностекла

Фракция ПС, см	Массовая скорость выгорания, $V_m$ , г/(с·м <sup>2</sup> ), при толщине слоя пеностекла $h$ , см					
	0 см	6 см	8 см	10 см	12 см	14 см
1-1,5	11,9	10,3	7,2	4,8*	3,0*	1,7*
1,5 – 2,5	11,9	11,2	10,2	8,9	6,1*	4,5*
2,5 – 4	11,9	11,5	10,6	9,4	7,4*	5,9*

\* – горение легко прекращается при подаче ГОС на слой ПС

На рисунке 1 приведено сопоставление данных по скоростям выгорания бензина на лабораторном [19] и модельном очаге

пожара класса В на разных фракциях и толщинах слоя ПС.

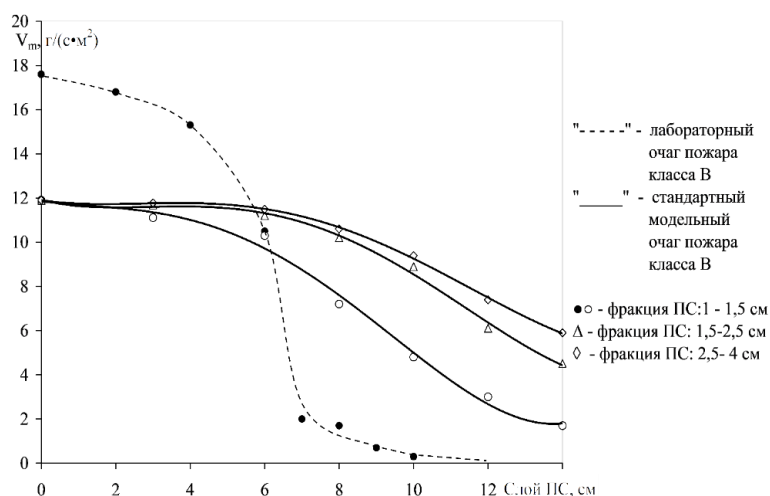


Рисунок 1 – Зависимость массовой скорости выгорания бензина от толщины слоя, фракционного состава пеностекла и от типа модельного очага пожара класса В

Анализ приведенных графических зависимостей позволяет сделать общие заключения о влиянии слоя ПС на горение бензина:

- с ростом толщины слоя ПС интенсивность горения бензина уменьшается;
- в интервале толщин слоя ПС 0 – 6 см такое уменьшение незначительно;
- увеличение толщины слоя ПС свыше 6 см приводит к быстрому уменьшению интенсивности горения бензина;
- в наибольшей степени замедляет скорость горения бензина пеностекло фракции 1 – 1,5 см.

Сопоставление результатов, полученных на лабораторном и модельном очаге пожара класса В, показывает, что характер рассматриваемой зависимости для обоих очагов пожара однотипный, однако численные значения массовых скоростей выгорания существенно отличаются. Обращает на себя внимание тот факт, что массовая скорость выгорания бензина в малоразмерном лабораторном очаге существенно выше, чем в лабораторном очаге класса В. Данное наблюдение противоречит известному характеру данной зависимости, а именно – при увеличении диаметра резервуара – массовая скорость выгорания возрастает. Это противоречие, по-видимому, объясняется большей высотой свободного борта в

модельном очаге пожара класса В. Но, в то же время, можно отметить, что увеличение толщины слоя ПС свыше 5-6 см приводит к более быстрому снижению массовой скорости выгорания бензина. Это, опять же, можно пояснить нивелированием влияния свободного борта на процесс выгорания бензина.

Визуальные наблюдения процесса горения бензина с нанесенным слоем ПС. показывают, что при толщине слоя ПС 14 см (для всех трёх фракций) высота пламени и скорость конвективных потоков над поверхностью слоя ПС незначительны (рис.2). Горение происходит в основном у стенок противня для фракций ПС 1–1,5 см и 1,5– 2,5 см. Для самой крупной фракции ПС (2,5–4 см) горение по поверхности нанесённого слоя распределено более равномерно. При этом наблюдается лишь локальное горение на отдельных участках с периодическим проскакиванием пламени вглубь слоя ПС. В таком режиме горения, оказалось легко добиться полного потухания пламени. В ходе опытов было установлено, что прекращение горения легко достигается при кратковременной подаче компонентов ГОС с малым расходом в течение 1 с (рис. 3). Одновременно установлено, что после прекращения горения таким способом, оно легко восстанавливается при внесении внешнего источника зажигания (горящий факел).



Рисунок 2 – Горение модельного очага пожара класса В при толщине слоя ПС (фракция 1–1,5 см) 14 см



Рисунок 3 – Внешний вид модельного очага пожара класса В при толщине слоя ПС 12 см (фракция 2,5–4 см) с нанесенным слоем геля

В случае подачи на поверхность ПС компонентов ГОС горение бензина

прекращается для фракции ПС с размерами 1–1,5 см при толщине слоя ПС 10 см и более. Для

остальных двух фракций ПС горение бензина прекращается при толщине слоя ПС 12 см и более.

Добиться отсутствия повторного воспламенения при внесении горящего пламени факела над поверхностью ПС удастся при нанесении сплошного слоя геля. Это можно обеспечить при поверхностном расходе геля 0,5-0,8 г/см<sup>2</sup> для фракции ПС 1–1,5 см и 1-1,2 г/см<sup>2</sup> для фракции ПС 1,5–2,5 см. Для фракции ПС 2,5–4 см добиться отсутствия повторного воспламенения не удалось из-за того, что сплошной слой геля на крупнозернистой фракции образуется только при таких больших его толщинах, когда он своей массой погружает слой ПС и бензин выходит на поверхность гелевого слоя.

Анализ визуальных наблюдений позволяет сделать заключения:

- горение бензина легко прекращается при подаче компонентов ГОС при толщине слоя ПС 10 см для фракции ПС 1–1,5 см и толщине 12 см для фракций 1,5– 2,5 см и 2,5–4 см;
- горение легко восстанавливается при внесении горящего факела;
- отсутствие повторного воспламенения достигается при нанесении сплошного слоя геля с поверхностным расходом 0,5-0,8 г/см<sup>2</sup>

для фракции ПС 1–1,5 см и 1-1,2 г/см<sup>2</sup> для фракции ПС 1,5–2,5 см.

**Выводы:** Нанесение слоя ПС на поверхность горящего бензина снижает массовую скорость его выгорания. При увеличении толщины слоя пеностекла наблюдается дальнейшее уменьшение интенсивности выгорания. Слой ПС толщиной менее 6 см снижает этот параметр незначительно. Увеличение толщины слоя ПС более 6 см интенсивно снижает массовую скорость выгорания. Наиболее интенсивно массовую скорость выгорания бензина снижает подача ПС с размером гранул 1–1,5 см. Прекращение горения при подаче компонентов ГОС с низкой интенсивностью достигается при толщине слоя ПС 10 см для фракции ПС 1–1,5 см и толщине 12 см для фракций 1,5– 2,5 см и 2,5–4 см. Отсутствие повторного воспламенения бензина при действии открытого пламени на область над поверхностью ПС достигается при нанесении слоя геля с поверхностным расходом 0,5-0,8 г/см<sup>2</sup> для фракции ПС 1–1,5 см и 1-1,2 г/см<sup>2</sup> для фракции ПС 1,5–2,5 см. Для фракции ПС 2,5–4 см отсутствие повторного воспламенения не достигается при изученных толщинах слоя ПС и поверхностных расходах геля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Campbell R. Fires at Outside Storage Tanks / R. Campbell // Report National fire protection association: August 2014. Электронный ресурс: <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Fire-statistics-and-reports>.
2. Hylton J. G. U.S. Fire Department Profile / J. G. Hylton // Report: NFPA's. April 2017.- р. 39. Электронный ресурс: <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics/Fire-service/osfdprofile.pdf>.
3. Боровиков В. Гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти і нафтопродуктів / В. Боровиков // Пожежна та техногенна безпека. –2015. – № 11 (26). – С. 28-29.
4. General Foam Information. U.S Chemguard association. August 2017. -6 р. Электронный ресурс: <http://www.chemguard.com/about-us/documents-library/foam-info/general.htm>.
5. Fire Fighting Foam Principles and Ethanol-Blended Fuel. 2016. – 20 р. Электронный ресурс: [http://www.ncdoi.com/Module5\\_ParticipantManuals.pdf](http://www.ncdoi.com/Module5_ParticipantManuals.pdf).
6. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби. Київ, МНС України. – 2012. – 42 с.
7. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. М.: ТУГПС.-ВНИИПО-МИПБ, 1999.- 46 с,
8. Волков Р.С. Особенности тушения жидких топлив и органических жидкостей распыленной водой / Р.С. Волков, И.С. Войтков, О.И. Высокоморная // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – т.25. – №4. – С.68 -75.
9. Бочаров В.В. Использование перфторированных ПАВ в пенообразователях – «второе пришествие». Галогенорганика с наилучшим сценарием развития для обитателей земли / В.В. Бочаров // Пожаровзрывобезопасность.– 2013.– Т.22.– №10.– С. 75-82.
10. J. Seam. Fire fighting foams with perfluorechemicals. Environmental revie. 2013. Электронный ресурс: [https://www.google.com.ua/search?rlz=1C1BLWB\\_enUA771UA722](https://www.google.com.ua/search?rlz=1C1BLWB_enUA771UA722).
11. Amankeldi F. Composite Foaming Agents on the Basis of High-Molecular Natural Surfactants / F. Amankeldi , Z. 11. Ospanova, // Colloids Interfaces. – 2018. - v.2. - P. 2-8.
12. Patino, J.M. Implications of interfacial characteristics of food foaming agents in foam formulations. / J.M.Patino, C.C. Sónchez, M.R. Nico // Adv. Colloid Interface Sci. - 2008.- v. 140. – P. 95–113.
13. Пат. 2264242 Российская Федерация, МПК7 А 62 С 5/033. Способ тушения пожара и состав для его осуществления / Борисов П.Ф., Росоха В.Е., Абрамов Ю.А., Киреев А.А., Бабенко А.В.; заявитель и патентообладатель Академия пожарной безопасности Украины. – №2003237256/12; заявл. 23.12.2003; опубл. 20.11.10.2005, Бюл. №32.– 4 с.
14. Купка В.Ю. Пути повышения эффективности тушения пожаров класса «В» / В.Ю. Купка, А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв // Проблемы пожарной безопасности. – 2012. – Вып. 31. – С. 105 – 108.
15. Дадашов И.Ф. Выбор лёгкого силикатного носителя

- для гелевого огнетушащего слоя при пожаротушении / И.Ф. Дадашов, Л.А. Михеенко, А.А. Киреев // *Керамика: наука и жизнь*. – 2016. – №2 (31). – С.44-51.
16. Дадашов И.Ф. Моделирование изолирующих свойств гелеобразного слоя по отношению к парам горючих жидкостей / И.Ф. Дадашов, А.А. Киреев, А.Я. Шаршанов, А.А. Чернуха // *Проблемы пожарной безопасности*. – 2016. – Вып. 40. – С. 78 – 83.
17. Дадашов И.Ф. Экспериментальное исследование изолирующих свойств гелеобразных слоёв по отношению к парам органических токсичных жидкостей / И.Ф. Дадашов // *Проблемы гражданского захисту*. – 2017. – Вып.25. – С. 22-27.
18. Дадашов И.Ф. Экспериментальное исследование влияния скорости ветра на изолирующие свойства гелеобразного слоя по отношению к парам токсичных и горючих жидкостей / И.Ф. Дадашов, А.А. Киреев, Д.Г. Трегубов и др // *Проблемы надзвичайних ситуацій - X.*: НУЦЗУ, 2018. - № 27. - С. 17 - 24.
19. Дадашов І.Ф. Експериментальне дослідження впливу шару гранульованого піноскла на горіння бензину / І.Ф. Дадашов, О.О. Кіреєв // *Пожежна безпека. ЛДУ БЖД*. – 2017. – № 31. – С.36 – 42.
20. Тарахно О.В. Теорія розвитку та припинення горіння. Практикум. У 2-х частинах / О.В. Тарахно, Д.Г. Трегубов, К.В. Жернокльов та ін. – Харків: НУЦЗУ, 2010. – 822 с. Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3231>.
21. Бобков С.А. Физико-химические основы развития и тушения пожаров: учеб. пособие / С.А. Бобков, А.В. Бабурин, П.В. Комраков. – М.: АГПС МЧС России, 2014. – 210 с

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF BURN RATE AND TERMS OF EXTINGUISHING OF STANDARDIZED FIRE SOURCE OF CLASS B BY CONSISTENT APPLICATION OF GRANULAR FOAM GLASS AND GEL-FORMING EXTINGUISHANT

I. Dadashov<sup>1</sup>, Cand. of Sc. (Eng.), O. Kirieiev<sup>2</sup>, Doct. of Sc. (Eng.), Associate Professor., D. Trehubov<sup>2</sup>, Cand. of Sc. (Eng.), Associate Professor.

<sup>1</sup> Academy of the Ministry of Emergency Situations of Azerbaijan Republic

<sup>2</sup> National University of Civil Defence of Ukraine

### KEYWORDS

mass burn rate, standardized fire source of class B, gasoline, fires in reservoirs, granular foam glass, gel forming systems.

### ANNOTATION

The disadvantages of extinguishing agents of combustible liquids are analyzed. It is shown that the low efficiency of application of standard foams for extinguishing has necessitated the development of effective fluorine synthetic foam agents forming an insulating film of aqueous solution. The attention is on the fact that the toxicity of these foaming agents is a necessity to search for fundamentally new agents for extinguishing fires of class B. The perspective of search for floating non-combustible systems as a carrier for surface fire-extinguishing agents or directly for extinguishing is shown. It is proposed to use hard-granular materials of low density to extinguish fires of flammable and combustible liquids. The results of the experiment on extinguishing the standardized fire source of class B with the extinguishing system based on granular foam glass with additional influence of components of gel forming systems are presented. It is established that the application of a layer of foam glass to the surface of burning gasoline reduces its combustion rate. It is shown that there is a significant difference in the mass burn rate between the laboratory and the model experiment, which may be explained by the different height of the freeboard. In the range of thickness of the layer of foam glass 0 - 6 cm this decrease is small. During the subsequent growth of the thickness of the layer over 6 cm there is a rapid decrease in the mass burn rate of gasoline. Foam glass with a granule size of 1–1.5 cm. slows down the burn rate of gasoline to the greatest extent. To ensure the combustion termination with a slight supply of components of the gel forming systems is possible with a thickness of a layer of foam glass of 10 cm for a fraction of 1–1.5 cm and a thickness of 12 cm for fractions 1.5–2.5 cm and 2.5–4 cm. To achieve absence of re-ignition when burning flame of a torch above a surface of a foam glass is possible at application of a layer of a gel at a superficial consumption 0,5–0,8 g / sm<sup>2</sup> for a fraction of 1–1,5 cm and 1–1,2 g/sm<sup>2</sup> for fractions of 1.5–2.5 cm. For a fraction of 2.5–4 cm behind the studied thicknesses of the foam glass layer, the effect of the absence of re-ignition cannot be achieved.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ ВИГОРЯННЯ ТА УМОВ ГАСІННЯ МОДЕЛЬНОГО ВОГНИЩА ПОЖЕЖІ КЛАСУ В ПРИ ПОСЛІДОВНОМУ ЗАСТОСУВАННІ ГРАНУЛЬОВАНОГО ПІНОСКЛА ТА ГЕЛЕУТВОРЮЮЧОЇ ВОГНЕГАСНОЇ РЕЧОВИНИ

I.Ф. Дадашов<sup>1</sup>, канд.техн.наук, О.О. Кіреєв<sup>2</sup>, д-р. техн. наук, доцент, Д.Г. Трегубов<sup>2</sup>, канд.техн.наук, доцент

<sup>1</sup> Академія МНС Азербайджанської республіки

<sup>2</sup> Національний університет цивільного захисту України

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

масова швидкість вигорання, модельний осередок пожежі класу В, бензин, пожежі в резервуарах, гранульоване піноскло, гелеутворюючі системи.

### АННОТАЦІЯ

Проаналізовано недоліки існуючих засобів пожежогасіння горючих рідин. Показано, що низька ефективність застосування стандартних пін для пожежогасіння зумовила необхідність розробки ефективних фтор синтетичних піноутворювачів, що створюють ізолюючу плівку водного розчину. Акцентовано увагу, що токсичність цих піноутворювачів викликає необхідність пошуку принципово нових засобів гасіння пожеж класу В. Показано перспективність пошуку плавучих негорючих систем в якості носія для поверхневих засобів пожежогасіння або безпосередньо для гасіння. Запропоновано



використовувати для гасіння пожеж легкозаймистих та горючих рідин тверді гранульовані матеріали з низькою щільністю. Наведено результати експерименту з гасіння модельного вогнища пожежі класу В вогнегасною системою на основі гранульованого піноскла з додатковим впливом компонентів гелеутворюючих систем. Встановлено, що нанесення шару піноскла на поверхню палаючого бензину знижує швидкість його горіння. Показано, що між лабораторним та модельним експериментом існує суттєва різниця у масовій швидкості вигорання, що може бути пояснено різною висотою вільного борта. В інтервалі товщини шару піноскла 0 – 6 см таке зменшення невелике. Під час подальшого зростання товщини шару понад 6 см відбувається швидке зменшення масової швидкості вигорання бензину. В найбільшому ступені уповільнює швидкість горіння бензину піноскло з розміром гранул 1 - 1,5 см. Забезпечити припинення горіння незначною подачею компонентів гелеутворюючих систем можливо при товщині шару піноскла 10 см для фракції 1-1,5 см і товщині 12 см для фракцій 1,5-2,5 см і 2,5-4 см. Досягти відсутності повторного займання при внесенні палаючого полум'я факела над поверхнею піноскла можливо при нанесенні шару гелю при поверхневому витраті 0,5-0,8 г/см<sup>2</sup> для фракції 1-1,5 см і 1-1,2 г/см<sup>2</sup> для фракції 1,5-2,5 см. Для фракції 2,5-4 см за вивчених товщин шару піноскла ефект відсутності повторного займання досягти не вдається.