

УДК 614.844; 666.189.3

Дадашов И.Ф.¹, Михеенко Л.А.², Киреев А.А.³

¹ - Академия Министерства по Чрезвычайным Ситуациям Азербайджанской Республики, г. Баку

² - Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков

³ - Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков

ВЫБОР ЛЕГКОГО СИЛИКАТНОГО НОСИТЕЛЯ ДЛЯ ГЕЛЕВОГО ОГNETУШАЩЕГО СЛОЯ ПРИ ПОЖАРОТУШЕНИИ

В работе были исследованы возможные способы обеспечения плавучести гелевых слоёв на поверхности горючей жидкости (бензина). Приведены результаты экспериментального поиска материалов для их использования в качестве носителя огнетушащего геля системы «лёгкий носитель - гель» при тушении пожара. Установлено, что наиболее эффективными легкими носителями огнетушащего геля являются разработанные керамзит и пеностекло, поскольку именно эти силикатные материалы показали лучшие результаты плавучести на поверхности бензина.

У роботі були досліджені можливі способи забезпечення плавучості гелевих шарів на поверхні горючої рідини (бензину). Наведено результати експериментального пошуку матеріалів для їх використання в якості носія вогнегасного гелю системи «легкий носій - гель» під час гасіння пожежі. Встановлено, що найбільш ефективними легкими носіями вогнегасного гелю є розроблені керамзит та піноскло, оскільки саме ці силікатні матеріали показали кращі результати плавучості на поверхні бензину.

Possible ways to ensure a floatability of gel layers on the surface of flammable liquids were investigated in this paper. The results of experimental search of materials for applying as a carrier of a fire-extinguishing gel of system "lightweight carrier-gel" during fire extinguishing are shown. It was determined, that the most effective lightweight carrier of extinguishing gel are ceramsite and foam-glass, that were developed, since these silicate materials showed the best results of floatability on the surface of petrol.

Тушение горючих жидкостей в резервуарах является одной из сложнейших проблем пожаротушения. В большинстве случаев такие пожары характеризуются

повышенной длительностью, необходимостью привлечения большого количества сил и средств пожаротушения, существенным материальным ущербом и, нередко, человеческими жертвами [1 – 2]. Известно, что в большинстве случаев даже полное выполнение нормативных требований при тушении таких пожаров не приводит к положительному результату [3].

Основным средством тушения горючих жидкостей являются воздушно-механические пены. Однако они имеют ряд существенных недостатков, среди которых можно выделить два основных. Первый – малая устойчивость пен при действии интенсивных тепловых потоков от пламени горячей жидкости и от контакта пены с рядом горючих жидкостей, особенно полярных. Вторым существенным недостатком использования пен является проблема их подачи на большие расстояния. При подаче на большие расстояния пена в значительной степени разрушается, а часть её уносится восходящими конвективными потоками.

Для решения отмеченных проблем было предложено использовать гелеобразующие огнетушащие средства (ГОС) [4]. Они представляют собой бинарную систему, состоящую из двух раздельно хранимых, но одновременно подаваемых составов. Оба состава являются жидкостями, что облегчает хранение и подачу их в зону горения. Составы должны быть подобраны так, чтобы при их смешении между компонентами происходило взаимодействие, приводящее к быстрому образованию нетекучего гелеобразного слоя. Слой геля проявляет высокие изолирующие свойства, что даёт ему преимущества в сравнении с традиционно используемыми огнетушащими пенами. Еще одной положительной характеристикой гелей является их высокая устойчивость по отношению к таким факторам пожара, как тепловое воздействие от зоны горения и конвективные восходящие потоки продуктов горения. ГОС хорошо себя зарекомендовали при тушении твердых горючих материалов (в качестве гелеобразователя были использованы растворы жидкого стекла – полисиликаты натрия, а катализатором послужили кислые соли или соли многовалентных металлов) [5]. Однако следует отметить, что непосредственно использовать гелеобразные огнетушащие средства для тушения горючих жидкостей невозможно, так как гель тонет в большинстве горючих жидкостей. Для решения этой проблемы необходимо подобрать легкий носитель, который будет покрываться слоем геля для обеспечения его плавучести [6 – 7].

Цель настоящей работы - выбор легкого носителя для огнетушащего гелевого слоя, обеспечивающего плавучесть системы «лёгкий носитель – гель» на поверхности горючих жидкостей при пожаротушении.

При подборе легкого носителя необходимо учитывать следующие факторы:

- значение плотности горючих жидкостей должно находиться в интервале (700 ÷ 1100) кг/м³;
- плотность гелевого слоя – изменяться в пределах (1050 ÷ 1300) кг/м³;
- низкая проницаемость гелевого слоя для паров горючих жидкостей должна обеспечиваться его толщиной не менее 1 мм.

Ранее при исследовании стойкости гелевых слоёв на поверхностях горючих жидкостей для носителя, состоящего из гранул, расположенных вплотную в один слой, авторами [6] было получено соотношение

$$h_{\Gamma} < \frac{h_n \cdot (0,76 \cdot \rho_{жс} - 0,52 \cdot \rho_n - 0,24 \cdot \rho_z)}{\rho_z - \rho_{жс}}, \quad (1)$$

где h_{Γ} , h_n , $\rho_{жс}$, ρ_{Γ} , ρ_n – толщина слоя геля, толщина слоя лёгкого носителя, плотность жидкости, геля и материала легкого носителя соответственно.

Из соотношения (1) было получено следующее выражение, характеризующее плотность материала носителя

$$\rho_n < 1,92 \frac{h_z}{h_n} (\rho_{жс} - \rho_z) + 1,46 \rho_{жс} - 0,46 \rho_z. \quad (2)$$

При выборе определяющих параметров для системы «горючая жидкость – легкий носитель – гель», равных $h_{\Gamma} = 1,5$ мм, $h_n = 5$ мм, $\rho_{жс} = 700$ кг/м³, $\rho_{\Gamma} = 1100$ кг/м³, было установлено значение плотности материала легкого носителя $\rho_n < 286$ кг/м³.

С учётом того, что плотность горючих жидкостей может меняться в некоторых пределах на основании неравенства (2), получена взаимосвязь плотностей горючей жидкости и материала – носителя при выбранных ранее параметрах системы «горючая жидкость – легкий носитель – гель»

$$2,04\rho_{жс} - 1140 > \rho_n \quad (3)$$

Варьируя значения плотности горючих жидкостей в неравенстве (3), можно сделать вывод о том, что для легких нефтепродуктов, таких, как бензин, плотность носителя – геля должна быть меньше 286 кг/м³, а для тяжелых нефтепродуктов (например, дизельное топливо, нефть) значение плотности материала – носителя может достигать 600 ÷ 700 кг/м³.

Таким требованиям не удовлетворяет ни одна из негорючих жидкостей и ни один из твёрдых материалов. Однако этим требованиям могут отвечать пены и пористые твёрдые тела. Традиционно используемые в пожаротушении пены оказались нестабильными при нанесении на них слоя геля [7]. Из твёрдых пористых материалов, установленным требованиям по плотности, отвечают пенопласты на основе органических полимеров. Но они являются горючими материалами и поэтому не пригодны для использования в качестве носителя огнетушащего геля. Требованиям по критериям плотности и негорючести отвечают многие пористые неорганические материалы: вспученные перлит и вермикулит, пеностекло, пемза, керамзит, газо- и пенобетон, ракушечник, полые стеклянные микросферы. Некоторые из этих материалов содержат открытые поры, в которые может проникать горючая жидкость, что не позволит пористому материалу долго держаться на плаву для удержания огнетушащего гелевого слоя.

На сегодняшний день способность пористых неорганических материалов поглощать горючие жидкости в большинстве случаев неизвестна. В этой связи целесообразным явилось экспериментальное изучение плавучести некоторых из них на поверхности горючих жидкостей.

Ранее авторами проводились пилотные исследования в этом направлении [7]. Для эксперимента в качестве легкого носителя гелевого слоя были рассмотрены перлит, вермикулит и пеностекло (неизвестного состава) с размером гранул до 1 см (рис. 1). Гранулы этих материалов были засыпаны в емкость с бензином марки АИ–80, плотность которого составляла 715 кг/м^3 . Продолжительность испытания для всех материалов – 10 дней.



Вермикулит



Перлит



Пеностекло

Рис. 1. Силикатные материалы, используемые в качестве легкого носителя геля в пилотных исследованиях

Вермикулитовые гранулы продержались на поверхности бензина не более 5 минут. Перлит и пеностекло показали лучшую плавучесть. Гранулы пеностекла, кажущаяся плотность которого 160 кг/м^3 , держались на поверхности бензина 7 дней при своем частичном погружении в горючую жидкость (на 75 % своего объема). При засыпке вспученного перлита с кажущейся плотностью 194 кг/м^3 в емкость с бензином 20 % этого материала утонуло сразу. С течением времени доля утонувших гранул увеличивалась. К концу третьего дня эксперимента полностью погрузились в горючую жидкость уже 80 % перлита, после чего процент утонувших гранул не менялся. Следует отметить, что в течение 4-х часов около половины вспученного перлита сохраняла плавучесть. Поскольку длительность процесса тушения обычно не превышает этого промежутка времени, перлит можно использовать как носителя – геля при пожаротушении. Плавучесть пеностекла и вспученного перлита была изучена и в более жестких условиях, приближенных к реальным, а именно – в горящем бензине, где эти материалы показали такие же результаты, что позволит использовать их в качестве носителя гелевого слоя при тушении пожара.

В данной работе нами решалась задача поиска более эффективных материалов с целью их использования в качестве легкого носителя огнетушащего гелевого слоя для обеспечения плавучести системы «лёгкий носитель – гель» на поверхности горючих жидкостей при пожаротушении. Имело смысл более детальное изучение и усовершенствование известных пористых неорганических материалов. Для этого были рассмотрены разработанные нами ранее пористые стекла и керамзит, представленные на рис. 2 [8 – 9].



Керамзит



Пеностекло

Рис. 2. Вид и размеры исследуемых силикатных материалов

Известно, что керамзит это легкий пористый керамический материал, который характеризуется комплексом высоких показателей свойств. Так, он устойчив к любым погодным условиям, не подвержен гниению, морозостоек, достаточно прочен и долговечен и, что самое важное, обладает огнестойкими свойствами [10].

Пеностекло - это легкий пористый материал, представляющий собой затвердевшую стеклянную пену. Важным преимуществом пеностекла является его полностью неорганический химический состав, что обеспечивает пожаробезопасность, устойчивость к воздействию микроорганизмов, высокую влагуустойчивость. Пористое стекло, наряду с высокими физико-химическими свойствами, легко подвергается механической обработке, оно не горит, не гниет, может вспениваться в виде изделий различной формы [11 – 13]. Некоторые физико-химические и механические свойства предложенных для исследования материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Свойства исследуемых силикатных материалов

Материал носителя	Кажущаяся плотность, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Марка по прочности	Водопоглощение, %
Керамзит	450 ÷ 600	–	П50	10 ÷ 16
Пеностекло	117 ÷ 132	12 ÷ 14	–	35 ÷ 41

Как видно из таблицы, исследуемые силикатные материалы, керамзит и пеностекло, характеризуются такими показателями свойств, которые в полной мере позволяют их рассматривать в качестве легких носителей гелевого слоя при тушении пожара. Определяющим свойством таких материалов является кажущаяся плотность. Материал носителя должен иметь меньшее значение плотности, чем горючая жидкость. Плотность бензина марки АИ-80 составляет 715 кг/м³, что существенно выше, чем плотность исследуемых пористых материалов.

На рис. 3 представлены испытуемые материалы, которые были засыпаны в емкость с бензином упомянутой выше марки. Эксперимент длился в течение 10 дней. Фото были сделаны в конце 10-х суток. Из рисунка видно, что все гранулы пеностекла и керамзита не тонут и обладают хорошей плавучестью. Следует отметить, что пеностекло характеризуется открытопористой структурой, что никаким образом не повлияло на положительный результат данного эксперимента. Вероятно, это можно объяснить низкой плотностью пеностекла.



Керамзит в бензине марки АИ-80

Пеностекло в бензине марки АИ-80

Рис. 3. Экспериментальное исследование плавучести керамзита и пеностекла

Таким образом, по результатам исследований можно сделать вывод о том, что для обеспечения плавучести системы «лёгкий носитель – гель» на поверхности горючих жидкостей при пожаротушении могут быть применены керамзит и пеностекло. Эти силикатные материалы экспериментально доказали свою пригодность для их использования в качестве легкого носителя огнетушащего геля.

Перечень ссылок

1. Шараварников А.С. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / А.С. Шараварников, В.П. Молчанов, С.С. Воевода, С.А. Шараварников. – М.: Калан, 2002. – 448 с.
2. Вогнегасні речовини: посібник / [Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П. та ін.]. – К.: Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
3. Боровиков В. Гасіння пожеж у резервуарах для зберігання нафти та нафтопродуктів / В. Боровиков // Пожежна та техногенна безпека. – 2015. – №11(26). – С. 28 – 29.

4. 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.
5. Нигматуллин Э.Н. Обоснование механизма гелеобразования в растворах полисиликатов натрия при действии кислот / Э.Н. Нигматуллин, Х.И. Акчурин, Л.Е. Ленченкова // Нефтегазовое дело (Эл. научн. журнал). – 2012. – № 3. – С. 375 – 383.
6. 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.
7. Киреев А.А. Исследование стойкости гелевых слоёв на поверхностях горючих жидкостей / А.А. Киреев, В.Ю. Купка, К.В. Жерноклёв // Проблемы пожарной безопасности.– 2012.– вып.32.– С.84 – 88.
8. Щукіна Л.П. Технологічні параметри отримання легкого керамзиту методом експузії / [Л.П. Щукіна, М.І. Рищенко, Л.О. Міхєєнко та ін.] // Вісник НТУ «ХПІ». – 2015. – № 50. – С. 127 – 133.
9. Пат. 62750 Україна, МПК С03С 11/00. Скло для отримання піноматеріалу / Рищенко М.І., Міхєєнко Л.О., Щукіна Л.П., Федоренко О.Ю.; заявник та власник патенту НТУ «ХПІ». – № u 201102441; заявл. 01.03.2011; опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17. – 4 с.
10. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики: учебник / М.И. Роговой / Репринтное воспроизведение издания 1974 г. – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 315 с.
11. Яцишин Й.М. Технологія скла у трьох частинах / [Й.М. Яцишин, Я.І. Вахула, Т.Б. Жеплинський, О.І. Козій]; за ред. Й.М. Яцишина. – Львів: «Растр-7», 2011.
Ч. III: Технологія скляних виробів [підруч.]. – 2011. – 416 с.
12. Демидович Б.К. Пеностекло / Б.К. Демидович. – Минск: Наука и техника, 1975. – 248 с.
13. Орлов Д.Л. Пеностекло – теплоизоляционный материал XXI века / Д.Л. Орлов // Стекло мира, 2003. – № 2. – С. 69 – 70.