

*В.Ю. Купка, зам. нач. курса, НУГЗУ,
А.А. Киреев, к.х.м., доцент, НУГЗУ,
К.В. Жерноклёв, к.х.м., доцент, НУГЗУ*

ВЫБОР НОСИТЕЛЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛАВУЧЕСТИ ГЕЛЕОБРАЗНОГО СЛОЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

(представлено д-ром хим. наук Калугиным В.Д.)

Для повышения эффективности тушения горючих жидкостей предложено применение гелеобразующих огнетушащих систем. Установлена возможность тушения пожаров класса «В» путем использования гелеобразующих составов. Для обеспечения плавучести гелеобразных слоёв на поверхности горючих жидкостей предложено использовать пористые неорганические материалы.

Ключевые слова: пожары класса В, гелеобразующие огнетушащие системы, стойкость глеевых слоёв, пористые неорганические материалы.

Постановка проблемы. Одной из важнейших проблем пожаротушения является разработка эффективных огнетушащих средств для тушения пожаров класса «В». Наиболее эффективными средствами тушения таких пожаров являются водопенные огнетушащие средства [1, 2]. Существенным недостатком огнетушащих пен является их низкая устойчивость. Так известно, что пены разрушаются при подаче, особенно на большие расстояния. Существенное разрушение пен происходит при их падении на поверхность горючей жидкости (жесткая подача). Также пены разрушаются под действием теплового излучения от факела пламени и при контакте с нагретыми элементами конструкции резервуаров, в которых хранятся горючие жидкости.

Существенным недостатком пен является их невысокая изолирующая способность. Так при тушении легковоспламеняющихся жидкостей для обеспечения надежной изоляции необходимо обеспечить нанесение по всей поверхности горячей жидкости пены толщиной ~10 см [3], а в ряде случаев до 50 см [4]. Ещё одним недостатком пен является их ограниченные возможности растекаться по поверхности горючей жидкости, для большинства пен этот показатель составляет (20–25) м. Эти недостатки пен приводят к тому, что пожары в резервуарах емкостью более 5000 м³ в большинстве случаев потушить не удаётся [2].

В значительной степени проблему малой устойчивости воздушно-механической пены и её невысоких изолирующих свойств решает применение низкократных пен на основе пленкообразующих пенооб-

разователей [1,2]. При использовании таких пенообразователей тушение происходит в основном за счет изоляции поверхности горючей жидкости пленкой водного раствора плёнообразующего пенообразователя. Такая пленка, несмотря на большую плотность, чем у горючей жидкости за счёт поверхностных эффектов приобретает способность удерживаться на поверхности жидкости.

К недостаткам плёнообразующих пенообразователей относится их высокая стоимость и токсичность продуктов термодеструкции. В целом можно заключить, что применение плёнообразующих пенообразователей позволило повысить эффективность пожаротушения горючих жидкостей. Однако опыт практического тушения пожаров класса «В» показывает, что в значительном числе случаев применение таких пенообразователей не в полной мере отвечает предъявляемым требованиям.

Анализ последних достижений и публикаций. Ряд недостатков существующих огнетушащих пен лишены гелеобразующие огнетушащие составы (ГОС) [5]. Гелеобразные слои, образующиеся на поверхности горючего материала, обладают высокой изолирующей способностью и устойчивостью к тепловому воздействию. Слой геля имеет достаточно высокую прочность и одновременно существенную эластичность. Однако прямая подача компонентов ГОС на поверхность большинства горючих жидкостей не приводит к образованию сплошного гелеобразного слоя. За счёт более высокой, чем у горючих жидкостей плотности большая часть геля быстро тонет.

Ранее были предприняты попытки совместить процесс гелеобразования и пенообразования путём использования пенообразующих систем с внешним пенообразованием (ПОС) [6-7]. Компоненты системы подбирались так, чтобы при их взаимодействии одновременно образовывался гель и выделялся газ. При этом предполагалось, что образуется газонаполненный гель, плотность которого будет меньше чем горючей жидкости. Таким способом удалось уменьшить долю тонущего геля. При большой интенсивности подачи компонентов огнетушащей системы удавалось получить слой геля на всей поверхности бензина. Однако после прекращения подачи компонентов огнетушащей системы слой геля постепенно разрушался и тонул.

Также была исследована возможность нанесения слоя геля на поверхность пены, поданной на поверхность горючей жидкости [8]. Для ряда систем целостность гелевого слоя сохранялась в течение (5-15) минут. В дальнейшем в отдельных местах слой геля постепенно погружался в слой пены, притапливался в слой горючей жидкости, после чего происходил его разрыв.

Постановка задачи и ее решение. Задачей работы является подбор носителя для гелеобразного слоя, который бы обеспечивал плавучесть такого слоя на поверхности горючих жидкостей.

В предыдущей работе были смоделированы условия плавучести слоя геля, нанесенного на слой гранул пенополистирола [9]. Эксперимент показал, что сплошной слой геля образуется уже при нанесении на воду полистирольных шариков в один слой, при этом небольшие зазоры между шариками надежно заполнялись гелевой композицией. Важным является также то, что, несмотря на небольшие отдельные разрывы между полистирольными шариками, плавающими на поверхности воды, практически полностью отсутствуют потери компонентов ГОС за счет затопления их в жидкости.

Для выбора легкого носителя для слоя геля применительно к жидким горючим жидкостям нужно принять во внимание ряд моментов. Плотность горючих жидкостей может составлять 700 кг/м^3 . Низкая проницаемость гелеобразного слоя обеспечивается при его толщине не менее 1 мм. Плотность гелевого слоя составляет (1050-1300) кг/м^3 .

Ранее [9] было получено соотношение:

$$h_r < \frac{h_{ш} \cdot (0,76 \cdot \rho_{ж} - 0,52 \cdot \rho_{ш} - 0,24 \cdot \rho_r)}{\rho_r - \rho_{ж}}, \quad (1)$$

где h_r , $h_{ш}$, $\rho_{ж}$, ρ_r , $\rho_{ш}$ – соответственно обозначают, толщину слоя геля, толщину слоя материала шариков, плотность жидкости, геля и материала шариков.

Из него легко получить выражение для максимальной плотности материала носителя:

$$\rho_{ш} < 1,92 \frac{h_r}{h_{ш}} (\rho_{ж} - \rho_r) + 1,46\rho_{ж} - 0,46\rho_r. \quad (2)$$

В случае если принять, что $h_r = 1,5 \text{ мм}$, $h_{ш} = 5 \text{ мм}$, $\rho_{ж} = 700 \text{ кг/м}^3$, $\rho_r = 1100 \text{ кг/м}^3$, то для плотности материала носителя получим: $\rho_{ш} < 286 \text{ кг/м}^3$.

Анализ соотношения (2) показывает, что в случае использования материала с большей плотностью необходимо увеличивать толщину слоя носителя ($h_{ш}$). Одновременно можно констатировать, что в случае если плотность горючей жидкости будет больше принятой, то можно брать и носитель с большей плотностью. Так при плотности горючей жидкости 900 кг/м^3 соответствующая плотность должна быть не более 693 кг/м^3 .

Из соотношения (2) можно получить зависимость максимальной плотности носителя для слоя огнетушащего геля, обеспечивающий плавучесть этого слоя при выбранных ранее параметрах ($h_r = 1,5 \text{ мм}$, $h_{ш} = 5 \text{ мм}$, $\rho_r = 1100 \text{ кг/м}^3$) от плотности горючей жидкости. Эта зависимость имеет линейный характер:

$$\rho_{\text{щ}} < 2,036\rho_{\text{ж}} - 1139,6 \quad (3)$$

Таким образом, можно заключить, что для легких нефтепродуктов (бензин) максимальная плотность носителя не должна превышать 286 кг/м^3 , а для тяжелых (масла, дизельное топливо, нефти) может составлять $\sim 700 \text{ кг/м}^3$. Очевидно, что этим требованиям не может удовлетворять ни одна из существующих жидкостей и ни одно из твердых веществ. Этим требованиям могут соответствовать только пористые тела и пены. Вопрос об использовании пен был рассмотрен ранее [8].

Из пористых материалов критерию по плотности материала соответствуют многие пенопласты. Однако все пенопласты или не стойки в большинстве горючих жидкостей или являются горючими материалами. Поэтому они не пригодны в качестве носителей для огнетушащих гелей. Негорючими являются многие неорганические пористые материалы: вспученные перлит и вермикулит, керамзит, газо и пенобетон, пемза, ракушечник, пеностекло, полые стеклянные микросферы. Они также стойки к действию горючих жидкостей. Ряд сортов этих пеноматериалов удовлетворяют и требованиям к плотности для носителей огнетушащих гелей.

Однако большинство этих материалов содержат открытые поры, которые могут заполняться жидкостью. Поэтому при выборе материалов с необходимой плавучестью воспользоваться соотношениями (1–3) можно только для материалов, не содержащих открытых пор. Способность этих материалов поглощать горючие жидкости в большинстве случаев неизвестна. Поэтому необходимо экспериментальное изучение их плавучести в горючих жидкостях.

Для экспериментальных исследований плавучести пористых материалов были отобраны сорта перечисленных выше материалов с наименьшей плотностью. Все образцы компактных материалов были раздроблены до размеров (0,5–1,0) см. После чего они были засыпаны в емкость с бензином А–76. Плотность бензина была определена ареометрическим методом. Она составила 715 кг/м^3 . Большинство испытуемых материалов утонуло за время не более 5 минут. Наилучшим образом в плане плавучести проявили себя гранулированный вспученный перлит и дроблёное пеностекло.

В ходе испытаний ни одна гранула пеностекла (размер $\sim 1 \text{ см}$) не утонула в течение семи суток. Плотность и насыпная плотность пеностекла были определены весовым методом, они составили 160 кг/м^3 и 57 кг/м^3 соответственно. Необходимо также отметить, что визуальные наблюдения позволили установить, что гранулы пеностекла были затоплены на 75 % своего объёма.

Иные результаты показали испытания гранулированного вспученного перлита (насыпная плотность 194 кг/м^3). При засыпании

вспученного перлита сразу утонуло 20 % этого материала. С течением времени доля утонувших гранул постепенно увеличивалась (Табл.).

Табл. 1 – Доля вспученного перлита (ω) утонувшего за время испытаний (τ)

τ , часов	0	0,1	0,2	0,5	1	2	4	6	8	24	48	72
ω , %	20	20	20	25	40	45	50	55	55	60	70	80

Испытания со вспученным перлитом проводились 10 суток. После четырёх суток испытаний, доля утонувшего перлита не менялась.

Как видно из приведенных результатов, за время до 4 часов большая часть вспученного перлита сохранила плавучесть. Так как процесс тушения не превышает этого времени можно заключить, что вспученный перлит можно использовать в качестве носителя для огнетушащего геля.

Также была изучена плавучесть раздробленного пеностекла и гранулированного вспученного перлита в горящем бензине. В этом случае испытание проводилось 10 минут – до момента полного выгорания слоя бензина. Раздробленное пеностекло, как и в предыдущих испытаниях, сохранило 100-процентную плавучесть. Доля утонувшего вспученного перлита в горящем бензине не превысила 25 %.

Таким образом, можно констатировать, что пеностекло и вспученный перлит можно использовать как носители огнетушащих гелей при тушении горючих жидкостей. Необходимо также отметить, что существует большое количество разновидностей пеностекла и вспученного перлита. Исходя из полученных результатов, дальнейшие исследования целесообразно проводить в направлении поиска выбранных носителей с большей плавучестью.

Выводы. Обоснована возможность применения при тушении бензина в качестве носителя для слоя огнетушащего геля гранулированного вспученного перлита с насыпной плотностью 194 кг/м^3 и дробленного пеностекла с плотностью 160 кг/м^3 .

ЛИТЕРАТУРА

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. Ковалишин В.В. Пінне гасіння /В.В. Ковалишин, О.Е. Васильева, Н.М. Козяр. Львів: СПОЛОМ, 2007.– 168 с.
3. Вогнегасні речовини : посібник / [Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П. та ін.]. – К. : Пожінформтехніка, 2004. – 176 с.
4. Абдурагимов И.М. О механизме огнетушащего действия средств пожаротушения. / И.М. Абдурагимов // Пожаровзрывобезо-

пасность.– 2012.– т.21, № 4 – С. 60-82.

5. 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.

6. Киреев А.А. Пути повышения эффективности пенного пожаротушения / Киреев А.А., Коленов А.Н. // Проблемы пожарной безопасности.– 2008.– вып.24.– С.50-53.

7. Киреев А.А. Исследование пенообразования в пенообразующих системах. / Киреев А.А., Коленов А.Н. // Проблемы пожарной безопасности.– 2009.– вып.25.– С.59-64.

8. 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.

9. 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.
puszu.edu.ua

В.Ю. Купка, О.О. Киреев, К.В. Жерноклёв

Вибір носія для забезпечення плавучості гелеподібного шару на поверхні горючих рідин

Обґрунтовано можливість застосування при гасінні бензину в якості носія для шару вогнегасного гелю гранульованого спученого перліту з насипної густиною 194 кг/м³ і подрібненого піноскла з густиною 160 кг/м³.

Ключові слова: пожежі класу В, гелеутворюючі вогнегасні системи, стійкість гелевих шарів, пористі неорганічні матеріали.

V.Y. Kupka, A.A. Kireev, K.V. Zhernoklov

The choice of media to provide buoyancy gelelike layer on the surface of flammable liquids

The opportunity of application in the volume of gasoline as a carrier for a layer of fire extinguishing gel granulated expanded perlite with bulk buzz-Noah 194 kg/m³ and crushed foamed glass with density of 160 kg/m³.

Keywords: fire class B, gelforming fire extinguishing systems, stand-bone gel layers, porous inorganic materials.