

И.Ф. Дадашов, докторант, НУГЗУ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПАРЕНИЯ БЕНЗИНА ЧЕРЕЗ СЛОЙ ГРАНУЛИРОВАННОГО ПЕНОСТЕКЛА

(представлено д.т.н. Киреевым А.А.)

Проведено экспериментальное исследование процесса испарения бензина через слой гранулированного пеностекла при температуре 20°C. Получена зависимость массовой скорости испарения бензина от толщины нанесенного слоя. Установлено, что массовая скорость испарения бензина при толщине слоя гранулированного пеностекла более 4,5 см быстро уменьшается с ростом толщины, нанесенного слоя.

Ключевые слова: массовая скорость испарения, бензин, пожары в резервуарах, гранулированное пеностекло, толщина слоя.

Постановка проблемы. Большинство пожаров на объектах хранения, переработки и транспортировки нефти и продуктов её переработки происходят на наземных резервуарах. 49 % из них происходит в резервуарах с бензином [1]. Проблема тушения бензина в резервуарах является одной из сложнейших в пожаротушении. Особенно большие трудности представляет тушение бензина в резервуарах больших размеров [1-2]. По мнению ряда авторов [3] в большинстве случаев не удастся потушить такие пожары даже в случае полного выполнения всех нормативных требований.

Основным огнетушащим средством тушения для тушения горючих жидкостей являются воздушно-механические пенные средства пожаротушения. В них в качестве доминирующего механизма прекращения горения реализуется изоляция паров горючей жидкости от зоны горения. Толстый слой пены замедляет проникновение паров жидкости в воздух. Однако пены как средство пожаротушения горючих жидкостей имеют ряд недостатков:

- проблемы с их подачей на большие расстояния;
- унос пены конвективными потоками продуктов горения;
- использование в качестве газа-наполнителя воздуха, который поддерживает горение;
- деструкция пен от прямого воздействия факела пламени, а также интенсивного теплового излучения;
- разрушение пен от контакта с горючими жидкостями, особенно содержащих полярные компоненты;
- токсичность поверхностно-активных веществ (ПАВ), входящих в состав пенообразователей.

Все вышеперечисленные факторы приводят к увеличению расхода огнетушащих веществ и нанесению ущерба окружающей среде. На основании этого можно заключить, что решение проблемы низкой эффективности существующих методов тушения горючих жидкостей в резервуарах требует разработки новых более эффективных огнетушащих средств.

Анализ последних исследований и публикаций. Для устранения

большинства из перечисленных недостатков воздушно-механических пен было предложено использовать гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные составы (ГОС) [4-5]. Они представляют собой два отдельно хранящихся и отдельно-одновременно подаваемых в очаг горения раствора. Компоненты раствора подобраны таким образом, чтобы при их смешении образовывался нетекучий слой геля. Этот слой обладает изолирующими свойствами, что обеспечивает тушение горючих жидкостей.

Для обеспечения плавучести слоя геля в горючих жидкостях было предложено использовать лёгкий негорючий носитель – гранулированное пеностекло [6]. Кроме выполнения функции обеспечения плавучести слоя геля, слой пеностекла обеспечивает замедление процесса испарения горючих жидкостей. В работе [7] было проведено математическое моделирование процесса испарения паров горючих жидкостей сквозь слой пористого покрытия, нанесённого на их поверхность. Показано, что процесс испарения замедляется с ростом толщины слоя гранулированного материала и уменьшением объёмной доли пустот в этом слое. Также была проведена оценка величины коэффициента уменьшения потока паров горючей жидкости слоем гранул. Однако соответствующих численных значений для бензина получено не было.

Постановка задачи и её решение. Целью работы является экспериментальное определение массовой скорости испарения бензина через слой гранулированного пеностекла. Эта характеристика горючих жидкостей является одним из важнейших параметров, определяющих скорость диффузионного горения. Количественно массовая скорость испарения жидкости (V) [8] определяется из соотношения:

$$V = \Delta m / (\tau \cdot S), \quad (1)$$

где Δm – изменение массы жидкости в результате её испарения, τ – время испарения жидкости, S – площадь поверхности жидкости.

Массовая скорость испарения жидкости является основным параметром определяющим скорость горения жидкости, так как стадия испарения является лимитирующей стадией для процесса горения жидкостей.

Первоначально была изучена скорость испарения бензина со свободной поверхности. Для этого 50 мл жидкости наливалась в тонкостенную металлическую цилиндрическую ёмкость со внутренним диаметром 11,2 см ($S=98,5 \text{ см}^2$). Далее заливался такой объём воды, чтобы поверхность бензина была ниже бортов цилиндра на 5 см. После этого гравиметрическим методом определялась потеря массы за время от 1 до 16 минут с интервалом 1 мин. Взвешивание осуществлялось с помощью электронных весов ТНВ – 600, обеспечивающих точность $\pm 0,01$ г. Измерения проводились при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$. В работе использовался автомобильный бензин А-92 (зимний), без добавок спиртов. Соответствующие значения массы испарившегося бензина (m), представлены на рис. 1 линия 1.

В предварительных опытах со стеклянным цилиндром такого же диаметра в результате визуальных наблюдений было установлено, что доля слоя пеностекла, находящегося над поверхностью бензина состав-

ляла (63 ± 3)% от общей толщины слоя. Кроме этого визуальные наблюдения показали, что поверхность гранул пеностекла на $\sim 1,5$ см смочена бензином. Причём высота смачивания существенно зависит от способа засыпки. В связи с этим, все данные приводятся для общей толщины слоя гранулированного пеностекла (l).

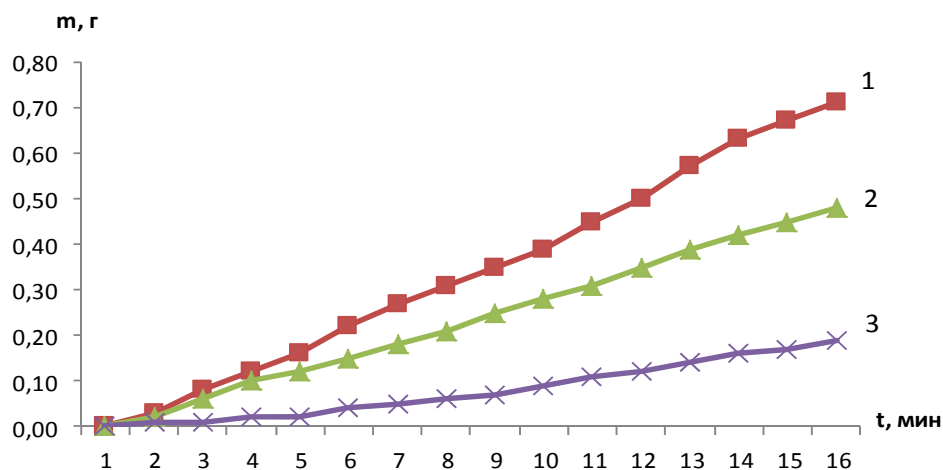


Рис. 1. Изменение массы бензина (m) со временем при разных толщинах слоя гранулированного пеностекла (1- 0 см, 2 – 6 см, 3 – 9 см)

В дальнейшем была исследована скорость испарения бензина через слой пеностекла. Толщина слоя варьировалась в интервале (1,5–13,5) см с интервалом 1,5 см. Эксперимент проводился также как и без нанесённого слоя за исключением того, что на поверхность бензина насыпалось гранулированное пеностекло, после чего добавлялся такой объём воды, чтобы верхняя часть слоя гранул была ниже бортов цилиндра на 5 см. Гранулы пеностекла имели неправильную форму, их наибольший размер не превышал 2 см. Соответствующие данные для толщины слоя пеностекла 6 см (кривая 2) и 9 см (кривая 3) представлены на рис.1. Как видно из приведенных зависимостей, характер изменения массы бензина со временем в течение 15 минут близок к линейному. Это означает, что массовая скорость испарения бензина за этот промежуток времени постоянна.

На основании этих данных по соотношению (1) были рассчитаны массовые скорости испарения бензина для разной толщины слоя пеностекла. Зависимости массовой скорости испарения бензина от толщины слоя пеностекла представлены на рис. 2.

Анализ приведенных результатов позволяет заключить:

- при толщине слоя пеностекла (1,5–3) см скорость испарения бензина больше, чем со свободной поверхности;
- начиная с толщины слоя пеностекла 4,5 мм скорость испарения бензина уменьшается по сравнению со скоростью испарения со свободной поверхности бензина;
- при общей толщине слоя пеностекла равному 13,5 см скорость испарения бензина уменьшается в 5,6 раза по сравнению с испарением со свободной поверхности.

Причину небольшого увеличения скорости испарения бензина при толщинах слоя гранулированного пеностекла 1,5 и 3 см можно объяснить

смачиванием бензином поверхности гранул и соответствующим увеличением поверхности испарения.

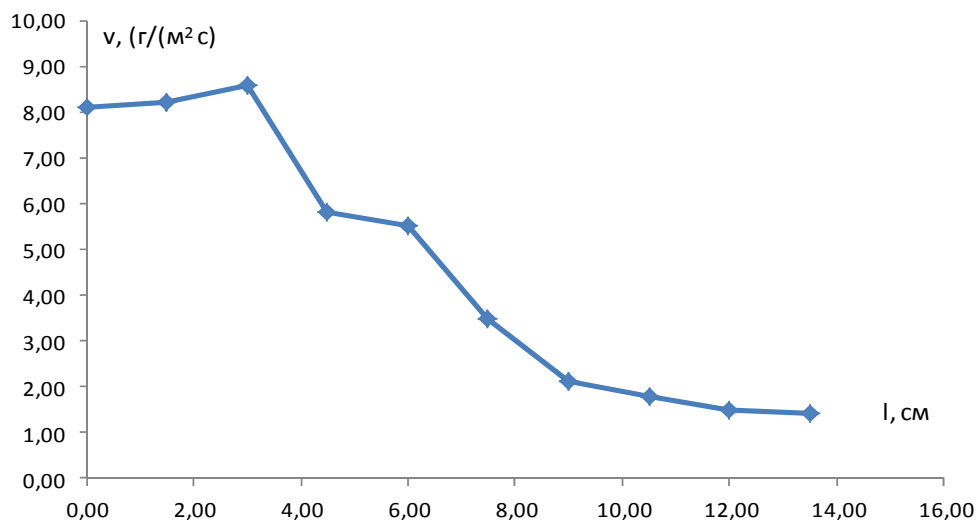


Рис. 2. Зависимость массовой скорости испарения бензина (v) от толщины слоя гранулированного пеностекла (l)

В работе [9] приведены результаты экспериментального исследования изолирующих свойств гелеобразных слоёв по отношению к парам органических жидкостей, среди которых был изучен и бензин. Установлено, что даже тонкие слои геля (толщиной (1-1,5) мм) замедляют испарение бензина в 25-30 раз. Предварительные опыты по нанесению геля на слой гранулированного пеностекла показали, что минимальная толщина такого слоя должна быть 5 см. Как видно из рис. 2. При такой толщине слоя пеностекла уже проявляется его замедляющее действие на испарение бензина. Для такой толщины слоя пеностекла этот вклад в замедление испарения составляет 1,5 раз. Более толстые слои гранулированного пеностекла могут замедлять испарение бензина более чем в 5 раз.

Выводы. Предложенный для обеспечения плавучести слоя геля в горючих жидкостях лёгкий негорючий носитель – гранулированное пеностекло замедляет скорость испарения бензина при толщине слоя 4,5 см в 1,4 раза с возрастанием слоя до 13,5 см. в 5,6 раза. Это означает, что кроме выполнения функции обеспечения плавучести слоя геля слой пеностекла вносит вклад в уменьшение скорости испарения бензина.

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. 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. 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.

6. 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.

7. Дадашов И.Ф. Моделирование изолирующих свойств гелеобразного слоя по отношению к парам горючих жидкостей / И.Ф. Дадашов, А.А. Киреев А.А., А.Я. Шаршанов, А.А. Чернуха // Проблемы пожарной безопасности. – 2016. – Вып. 40. – С. 78-83.

8. Бобков С.А. Физико-химические основы развития и тушения пожаров / С.А. Бобков, А.В. Бабурин, П.В. Комраков. – М.: Академия ГПС России, 2014. – 210 с.

9. Дадашов И.Ф. Экспериментальное исследование изолирующих свойств гелеобразных слоёв по отношению к парам органических токсичных жидкостей / И.Ф. Дадашов // Проблеми надзвичайних ситуацій. – 2017. – Вып. 25. – С. 22-27.

Получено редколлегией 9.10.2017

І.Ф. Дадашов

Експериментальне дослідження випаровування бензину через шар гранульованого піноскла

Запропоновано для забезпечення плавучості шару гелю в горючих рідинах використовувати легкий негорючий носій – гранульоване піноскло. Проведено експериментальні дослідження швидкості випаровування бензину через шар гранульованого піноскла. Встановлено, що такий шар уповільнює швидкість випаровування бензину при товщині шару 4,5 см в 1,4 рази. Зі зростанням товщини шару піноскла зменшується швидкість випарування бензину. При товщині такого шару 13,5 см швидкість випарування бензину зменшується в 5,6 разів. Це означає, що крім виконання функції забезпечення плавучості шару гелю шар піноскла вносить суттєвий внесок у зменшення швидкості випаровування бензину.

Ключові слова: масова швидкість випаровування, бензин, пожежі в резервуарах, гранульоване піноскло, товщина шару.

I. Dadashov

Experimental study of the evaporation of gasoline through a layer of granulate foam glass

Granulated foam glass was provided as easy media for keep floatage of gel layer in flammable liquids. Experimentaly study of the rate of evaporation of gasoline through a layer of granulated foam glass. It was established that such a layer slows the rate of evaporation of gasoline layer thickness in 4.5 cm to 1.4 times. With increasing thickness of the foam layer decreases the rate of evaporation of gasoline. When the thickness of the layer is 13.5 cm evaporation rate of gasoline decreased in 5.6 times. This means that in addition to the functions ensuring buoyancy foam glass layer of the gel layer makes a significant contribution to reducing the rate of evaporation of gasoline.

Keywords: mass rate of evaporation, benzene, petrol fire in tanks, granulated foam glass, thickness.