

*А.В. Савченко, к.т.н., с.н.с., зам. нач. каф., НУГЗУ,
О.А. Островерх, к.пед.н., доцент, нач. каф., НУГЗУ,
А.С. Холодный, курсант, НУГЗУ*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ СТЕНОК РЕЗЕРВУАРОВ И ЦИСТЕРН С УГЛЕВОДОРОДАМИ ОТ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЖАРА

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

В работе проведен анализ, который свидетельствует о перспективности использования гелеобразующих систем для охлаждения стенок резервуаров и цистерн с углеводородами от теплового воздействия пожара.

Ключевые слова: гелеобразующая система, резервуар, охлаждение.

Постановка проблемы. В настоящее время на территории бывшего СССР находится в эксплуатации более 40 тысяч вертикальных и горизонтальных цилиндрических резервуаров емкостью от 100 до 50000 м³ [1]. В период с 2000 по 2010 год на территории стран постсоветского пространства произошло более 6500 аварийных ситуаций при перевозке нефтепродуктов в вагонах-цистернах железнодорожным транспортом, из них – более 2700 было связано с утечками горючих жидкостей и их возгоранием вследствие повреждений котлов таких цистерн [2].

При ликвидации пожаров в резервуарных парках и на железной дороге оперативно-спасательными подразделениями, кроме тушения выполняется ряд работ, в состав которых обязательно входит защита аппаратуры и стенок соседних резервуаров от теплового излучения.

Следствиями теплового воздействия пожара на резервуар с нефтепродуктами являются:

- нагрев сухой стенки резервуара (части стенки, не соприкасающейся с нефтепродуктом);
- нагрев смоченной стенки резервуара (части стенки, соприкасающейся с нефтепродуктом).

Нагрев сухой стенки опасен тем, что достижение ею температуры самовоспламенения паров нефтепродукта может привести к взрыву резервуара или воспламенению паров, выходящих из нее.

Нагрев смоченной стенки может привести к кипению нефтепродукта в пристеночном слое и, следовательно, к повышению концентрации его паров как локально над областью кипения, так и во всем газовом пространстве резервуара. Это, в сочетании с нагревом сухой стен-

ки до температуры самовоспламенения, может способствовать взрыву или воспламенению паров нефтепродукта [3].

Это особенно актуально при организации тушения пожаров на подобных объектах при недостаточном количестве сил и средств. Пример пожара, когда охлаждение соседних резервуаров не осуществлялось из-за недостатка воды, приведен в работе [4]. В таком случае главной задачей аварийно-спасательных подразделений является сдерживание развития пожара до прибытия дополнительных сил. Решением этой проблемы может быть разработка новых огнетушащих веществ и тактических приемов, которые позволят уменьшить необходимое количество сил и средств для ликвидации пожара на объектах газо-нефтеперерабатывающего комплекса и транспортной инфраструктуры.

Анализ последних достижений и публикаций. Общие методики расчета сил и средств для тушения пожаров рассматриваются в [5]. Вопросы пожаротушения резервуарных парков нефтепродуктов регламентированы рядом нормативных документов, например [6]. Детальное описание процесса ликвидации пожаров нефти приведено в [7].

В работе [8] проведено физическое и математическое описание прогрева стенок не горящих резервуаров. Показано, что при горении в резервуаре вследствие низкой теплопроводности воздуха тепловой поток на сухую стенку резервуара за счет теплопроводности на несколько порядков меньше тепловых потоков, обусловленных лучистым и конвективным теплообменом.

Математические модели теплового воздействия пожара на горизонтальный резервуар и цистерну автомобиля с нефтепродуктом получены в работе [9].

В работе [10] было установлено, что существенно уменьшить потери огнетушащего вещества при тушении пожаров позволяет применение гелеобразующих систем (ГОС).

При тепловом воздействии на конструкции вода (даже с добавками ПАВ) не обеспечивает длительную защиту горючего материала. Увеличение количества воды подаваемой на защиту приводит лишь к дополнительным потерям и проливу. В отличие от жидкостных средств пожаротушения, ГОС практически на 100% остается на защищаемой поверхности. К тому же, толщину гелевой пленки при необходимости можно регулировать, увеличивая ее в особо опасных местах [11]. Представляется интересным подбор и анализ свойств известных ГОС для охлаждения стенок резервуаров с углеводородами от теплового воздействия пожара.

Постановка задачи и ее решение. Проведем анализ возможности применения ГОС для охлаждения стенок резервуаров и цистерн с углеводородами от теплового воздействия пожара.

В работе [12] приведены данные, что ГОС имеет хорошую адгезию к древесине, ДСП, ДВП, ПВХ. Согласно выводам работы наиболее перспективной огнетушащей и огнезащитной (для оперативной защиты конструкций) системой является ГОС $\text{CaCl}_2 - \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$.

Подтверждением возможности успешного нанесения ГОС на металлические поверхности, являются результаты работы [13], где в лабораторной установке использовалась металлическая пластина, на которую наносился слой геля.

Конструктивные толщины листов стенок резервуаров типа РВС (в зависимости от диаметра резервуара) составляют от 5 до 26 мм и более [14]. Котлы железнодорожных цистерн для перевозки нефтепродуктов модели 15-740 изготавливаются из листового проката стали марки Ст. 3 толщиной 8 мм, 9 мм и 11 мм.

Возможность использования геля для охлаждения стенок резервуаров также подтверждается результатами исследований по определению показателя коррозионной активности (ПКА) ГОС $\text{CaCl}_2 - \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ на стальные элементы резервуаров для нефтепродуктов.

Экспериментально были установлены ПКА:

ГОС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - 3,63\%$, $\text{CaCl}_2 - 7,79\% - 2,2823 \cdot 10^{-8} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$
или $720 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

концентрат пенообразователя ППЛВ (Универсал)-106м – $2,43777 \cdot 10^{-8} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ или $770 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

ГОС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - 16,56\%$, $\text{CaCl}_2 - 2,76\% - 2,78468 \cdot 10^{-8} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$
или $880 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$.

Значения ПКА ГОС и сертифицированного пенообразователя ППЛВ (Универсал)-106м оказались близки, следовательно, коррозионное влияние рассматриваемых ГОС на стальные элементы резервуаров для нефтепродуктов сопоставимы [15].

Другим положительным фактом, отмеченным во время испытаний ГОС при тушении пожаров объектов жилого сектора, относится свойство ксерогеля адсорбировать воду и при этом не терять своих адгезионных свойств. Проведенный через сутки обзор стены трансформаторной подстанции, которая охлаждалась с использованием ГОС, показал, что ксерогель был почти сухой и достаточно легко удалялся. Но при нанесении воды на поверхность ксерогеля, без добавки компонентов ГОС, отмечалась достаточно большая адсорбция воды и восстановление адгезионных свойств. Это свойство ксерогеля требует отдельного исследования, результатом которого может быть восстановление охлаждающих свойств гелевой пленки после ее высыхания. В дальнейшем это позволит разработать новые тактические приемы, ликвидации пожаров, в том числе и при организации тушения резервуаров с нефтепродуктами [16].

Выводы. Проведенный анализ свидетельствует о перспективности использования ГОС с целью охлаждения стенок резервуаров и цистерн с углеводородами от теплового воздействия пожара. Проведение дополнительных исследований, например, направленных на восстановление охлаждающих свойств ксерогеля, позволит разработать новые тактические приемы, которые сократят необходимое количество сил и средств при тушении резервуаров и цистерн с углеводородами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Свиридов В.А. Деякі проблемні питання системи протипожежного захисту нафтопереробних підприємств / В.А. Свиридов, В.В. Присяжнюк, С.Д. Кухарішин, М.Л. Якіменко // Надзвичайна ситуація, 2013. – №1. – С. 36-38.
2. Шостак Р.М. Ризики виникнення пожеж під час експлуатації залізничних цистерн з пошкодженнями типу "вмятина": автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.02 «Пожежна безпека» / Р.М. Шостак. – К., 2012. – 22 с.
3. Локализация пожаров нефтепродуктов на железнодорожном транспорте / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов, М.Р. Байтала. – Харьков: НУГЗУ, 2011. – 110 с.
4. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / [Шароварников А.Ф., Молчанов В.П., Воевода С.С., Шароварников С.А.]. – М.: «Калан», 2002. – 482 с.
5. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Ключ. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.
6. НАПБ 05.035-2004 Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою і нафтопродуктами.
7. Безродный И.Ф. Тушение нефти и нефтепродуктов: Пособие / И.Ф. Безродный, А.Н. Гилетич, В.А. Меркулов и др. – М.: ВНИИПО, 1996. – 216 с.
8. Абрамов Ю.А. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в резервуарных парках с нефтепродуктами / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов. – Харьков: АГЗУ, 2006. – 256 с.
9. Хабибулин Р.Ш. Устойчивость горизонтальных стальных наземных резервуаров к воздействию тепловых потоков пожара разлива нефтепродуктов / Р.Ш. Хабибулин, В.П. Сучков, С.А. Швырков // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – М.: 2009, № 4 – С. 39-42.
10. Киреев А.А. Перспективные направления снижения экономического и экологического ущерба при тушении пожаров в жилом секторе / А.А. Киреев, К.В. Жерноклёв, А.В. Савченко // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. праць. – Харків ХДТУБА, ХОТВ, АБУ, 2005. – Вип. 31. – С. 295-299.

11. Савченко О.В. / Дослідження часу займання зразків ДСП, оброблених гелеутворюючою системою $\text{CaCl}_2 - \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ / О.В. Савченко, О.О. Островерх, Т.М. Ковалевська, С.В. Волков // Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. – Харьков, 2011. – Вып. 30. – С. 209-215.

12. Савченко О.В. / Використання гелеутворюючих систем для оперативного захисту конструкцій та матеріалів при гасінні пожеж / О.В. Савченко, О.О. Островерх, О.М. Семків, С.В. Волков // Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. – Харьков, 2012. – Вып. 32. – С. 180-188.

13. Кіреєв О.О. Експериментальні лабораторні дослідження охолоджуючої дії гелеутворюючих вогнегасних систем та їх використання для захисту суміжних із аварійним об'єктів від теплової дії пожежі / О.О. Кіреєв, О.В. Бабенко // Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. – Харьков, 2004. – Вып. 16. – С. 35-39.

14. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа : ВБН В.2.2-58.2-94. – [Чинний від 1994-10-01]. К. : Держкомнафтогаз України, 1994. – 98 с. – (Національний стандарт України).

15. Савченко А.В. Определение показателя коррозионной активности гелеобразующей системы $\text{CaCl}_2 - \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ на стальные элементы резервуаров для нефтепродуктов / А.В. Савченко, А.А. Киреев, О.А. Островерх, А.С. Холодный // Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. – Харьков, 2014. – Вып. 36. – С. 199-207.

16. Савченко О.В. Результати натурного випробування оптимізованого кількісного складу гелеутворюючої системи у типових умовах пожежі житлового сектору // Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. УГЗ України. – Вып. 26 – Харьков: УГЗУ, 2009. – С. 121-125.

О.В. Савченко, О.О. Островерх, О.С. Холодный

Теоретичне обґрунтування використання гелеутворюючих систем для охолодження стінок резервуарів та цистерн з вуглеводнями від теплового впливу пожежі

А роботі проведено аналіз, який свідчить про перспективність використання гелеутворюючих систем для охолодження стінок резервуарів і цистерн з вуглеводнями від теплового впливу пожежі.

Ключові слова: гелеутворююча система, резервуар, охолодження.

A.V. Savchenko, O.A. Ostroverx, A.S. Kholodny

Theoretical basis gelling cooling systems tank walls and tanks hydrocarbons against heat fire

A work analysis, which indicates the prospects of using gelling systems for cooling degree-keet tanks and cisterns with hydrocarbons from the thermal action of a fire.

Keywords: gelling system, tank, cooling.