

опасности, о чем свидетельствуют происходящие на них пожары, необходимо проведение дальнейших научно-исследовательских работ, направленных на усовершенствование и оптимизацию системы обеспечения пожарной безопасности резервуаров с плавающей крышей.

#### Литература

1. ГОСТ 31385-2008 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия
2. Фатхиев Н.М. Эксплуатация резервуаров с плавающей крышей. Обзорная информация. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1991. № 4. Р.1-88
3. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009г. № 404 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах"
4. Особенности пожарной опасности нефтяных резервуаров с плавающей крышей / Рубцов Д.Н., Рубцов В.В., Клубань В.С. и др. // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 9. С. 56-61.
5. Статистические данные об эксплуатации резервуаров с плавающей крышей на территории Российской Федерации / Рубцов В.В., Сучков В.П., Рубцов Д.Н., Герасимов В.А. // Вестник Академии ГПС МЧС России. – 2006. – №5. С. 44-48.

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

*Савченко А.В.*

E-mail: npd@nuczu.edu.ua

Национальный университет гражданской защиты Украины

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.

## **THEORETICAL BASIS GELLING COOLING SYSTEMS TANK WALLS AND TANKS HYDROCARBONS AGAINST HEAT FIRE**

*Savchenko A.V.*

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

Key words: gelling system, tank, cooling.

В настоящее время на территории бывшего СССР находится в эксплуатации более 40 тысяч вертикальных и горизонтальных цилиндрических резервуаров емкостью от 100 до 50000 м<sup>3</sup> [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 стенки 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.

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.

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% –  $2,2823 \cdot 10^{-8}$  кг/(м<sup>2</sup>·с) или 720 г/(м<sup>2</sup>·год);

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

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

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., Присяжнюк В.В., Кухарішин С.Д., Якіменко М.Л. Деякі проблеми питання системи протипожежного захисту нафтопереробних підприємств. 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... канд. техн. наук: 21.06.02 «Пожежна безпека». К., 2012. – 22 с.
3. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е., Байтала М.Р. Локализация пожаров нефтепродуктов на железнодорожном транспорте. Харьков: НУГЗУ, 2011. 110 с.
4. Шароварников А.Ф., Молчанов В.П., Воевода С.С. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. М.: «Калан», 2002. 482 с.
5. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. М.: Стройиздат, 1987. 288 с.
6. НАПБ 05.035-2004 Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою і нафтопродуктами.
7. Безродный И.Ф., Гилетич А.Н., Меркулов В.А. и др. Тушение нефти и нефтепродуктов: Пособие. М.: ВНИИПО, 1996. 216 с.
8. Абрамов Ю.А., Басманов А.Е. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в резервуарных парках с нефтепродуктами Харьков: АГЗУ, 2006. 256 с.
9. Хабибулин Р.Ш., Сучков В.П., Швырков С.А. Устойчивость горизонтальных стальных наземных резервуаров к воздействию тепловых потоков пожара разлива нефтепродуктов. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. М.: 2009, № 4 С. 39-42.
10. Киреев А.А., Жерноклёв К.В., Савченко А.В. Перспективные направления снижения экономического и экологического ущерба при тушении пожаров в жилом секторе. Науковий вісник будівництва: Зб. наук. праць. Харків ХДТУБА, ХОТВ, АБУ, 2005. Вип. 31 С. 295–299.
11. Савченко О.В., Островерх О.О., Ковалевська Т.М., Волков С.В. Дослідження часу займання зразків ДСП, оброблених гелеутворюючою системою  $\text{CaCl}_2 - \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ . Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. Харьков, 2011. Вып. 30. С.209 – 215.
12. Савченко О.В., Островерх О.О., Семків О.М., Волков С.В. Використання гелеутворюючих систем для оперативного захисту конструкцій та матеріалів при гасінні пожеж. Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. Харьков, 2012. Вып. 32. С.180 – 188.
13. Киреев О.О., Бабенко О.В. Експериментальні лабораторні дослідження охолоджуючої дії гелеутворюючих вогнегасних систем та їх використання для захисту суміжних із аварійним об'єктів від теплової дії пожежі. Проблеми пожежної безпеки: Сб. науч. тр. Харьков, 2004. Вып. 16. С. 35 – 39.
14. ВБН В.2.2-58.2-94. Резервуари вертикальні сталеві для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа: К. : Держкомнафтогаз України, 1994. – 98 с.
15. Савченко А.В., Киреев А.А., Островерх О.А., Холодный А.С. 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. 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.