

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ В РЕЗЕРВУАРАХ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛЕОБРАЗУЮЩИХ ОГNETУШАЩИХ СРЕДСТВ

**Дадашов И.Ф., Шаршанов А.Я., Киреев А.А., Национальный университет
гражданской защиты Украины, г. Харьков**

Тушение горючих жидкостей является одной из сложнейших проблем пожаротушения. Особенно большие трудности вызывает тушение углеводородных топлив, хранящихся в крупных резервуарах. В большинстве случаев такие пожары характеризуются повышенной длительностью, необходимостью привлечения большого количества сил и средств пожаротушения, большим материальным ущербом и нередко человеческими жертвами [1-4].

Для тушения горючих жидкостей используют распыленную воду, порошковые средства, хладоны, твёрдую и газообразную углекислоту. В этих случаях реализуются охлаждающий, ингибирующий и охлаждающе-разбавляющий механизмы прекращения горения. Эти средства пожаротушения дают положительный результат в основном в случае небольших площадей поверхности горения. В таких случаях удаётся создать аэрозольное облако воды или порошка над всей поверхностью горящей жидкости. Если над частью поверхности горючей жидкости не создаётся огнетушащая концентрация аэрозоля, то над этим участком горение продолжается. После рассеивания аэрозоля над поверхностями жидкости, где горение первоначально прекратилось, горение возобновляется снова. Для одновременного достижения огнетушащей концентрации аэрозоля над всей поверхностью горящей жидкости требуется обеспечение высокой интенсивности подачи огнетушащего вещества на протяжении некоторого времени. Последнее условие является трудно реализуемым для резервуаров большого размера.

Наилучшие результаты при тушении горючих жидкостей обеспечивают средства тушения, в которых реализуется изолирующий механизм прекращения горения. Таким средством тушения являются воздушно-механические пены. Однако они имеют ряд существенных недостатков. Среди таких недостатков можно выделить такие. Первый - малая устойчивость пен при действии интенсивных тепловых потоков от пламени горящей жидкости и от контакта пены с рядом горючих жидкостей, особенно полярных. Вторым существенным недостатком пен являются проблемы с их подачей на большие расстояния [5].

Одним из отрицательных моментов в пенном пожаротушении является использование экологически опасных веществ – пенообразователей. В состав пенообразователей входят поверхностноактивные вещества (ПАВ). Токсичности и экологической опасности ПАВ посвящено большое количество исследований [6-11].

В последнее время развитие огнетушащих средств тушения горючих жидкостей в основном велось в направлении совершенствования методов подслоного тушения. В этом методе используются плёнкообразующие фторсинтетические пенообразователи. По заявлениям западных фирм, поставляющих такие пенообразователи на рынки Украины, России и Белоруссии, эти пенообразователи не-

токсичны и «биологически мягкие». Однако проведённые в России исследования этих пенообразователей поставили под сомнение эти заявления. Так по данным работы [12] фторсинтетические пенообразователи оказались в 150 раз токсичнее «биологически жесткого» пенообразователя ПО-6К и в 2500 раз стабильнее к биодegradации в окружающей среде. Отмечается также, что поверхностно активные компоненты этих пенообразователей - перфтороктансульфокислоты легко аккумулируются в жировых тканях и серозных оболочках животных и человека.

Новыми экспериментальными исследованиями традиционных синтетических пенообразователей [13] также установлено, что ранее определённые характеристики их токсичности сильно занижены. В работе не отвергая факт токсичности пенообразователей, содержащих фторированные ПАВ, утверждается, что ещё большей токсичностью обладают пенообразователи, не содержащие фтор. С учётом известного факта низкой эффективности традиционных пенообразователей при тушении тушения горючих жидкостей в резервуарах [1-4] можно заключить, что существующие пенообразователи в значительной степени не удовлетворяют выдвигаемым к ним требованиям по эффективности и экологическим показателям.

Ещё один недостаток водопенных средств пожаротушения проявился с введением, новых спиртосодержащих топлив. Пены, полученные как с использованием традиционных, так и плёнообразующих пенообразователей, оказались нестойкими по отношению к спиртосодержащим «евротопливам». Так установлено, что при 5% содержании спирта в топливе в 2-3 раза уменьшается скорость растекания водной плёнки по поверхности, а при 10% содержании спирта в топливе плёнообразующее действие таких пен полностью прекращается [14].

Другие способы тушения горючих жидкостей, не основанные на механизме изоляции её поверхности в большинстве случаев являются трудно реализуемыми при тушении резервуаров больших размеров. Так распыленная вода может эффективно применяться только для тушения высококипящих горючих жидкостей, порошковые, газообразные и аэрозольные средства не обеспечивают охлаждения стенок резервуаров.

При тушении горючих жидкостей нужно обеспечить не только прекращение горения, но и создать условия, обеспечивающие длительное недопущение повторного воспламенения. В отличие от тушения большинства твердых горючих материалов создать такие условия только охлаждением поверхности жидкости до температуры окружающей среды практически невозможно, так как температуры воспламенения легкокипящих жидкостей часто оказываются ниже температуры окружающей среды. Поэтому такие жидкости легко повторно воспламеняются даже от малоэнергетических источников воспламенения, например от нагретой стенки потушенного резервуара. Поэтому наиболее рациональным способом создать условия длительного отсутствия воспламенения паров горючей жидкости является изоляция её поверхности. Для этого используют огне-тушащие пены. Однако пены являются термодинамически неустойчивыми системами. Они самопроизвольно разрушаются за счёт трёх основных процессов: утоньшения плёнок, диффузионного переноса газа из малых ячеек в более кру-

пные, стекания дисперсионной среды под действием силы тяжести. Самопроизвольное разрушение большинства современных огнетушащих пен процесс медленный, время разрушения половины объема пены во многих случаях составляет время порядка 1 часа.

Значительно быстрее пены разрушаются под действием таких факторов пожара: действия интенсивных тепловых потоков от пламени горячей жидкости, контакта с нагретой стенкой резервуара и от контакта с горючей жидкостью. Поэтому для успешного тушения необходимо обеспечивать такую интенсивность подачи пены, которая превышает скорость её разрушения. Причём подача пены должна продолжаться и после покрытия всей поверхности горячей жидкости, до тех пор, пока не будут созданы условия отсутствия повторного воспламенения.

Отсюда вытекает вывод, что для повышения эффективности тушения горючих жидкостей необходимо создать такое изолирующее средство, которое бы обеспечило длительную изоляцию поверхности горючей жидкости. Высокие изолирующие свойства и устойчивость к тепловым воздействиям обеспечивают гелеобразные слои, которые образуются при использовании гелеобразующих огнетушащих систем (ГОС). ГОС были ранее предложены для тушения твердых горючих материалов [15]. ГОС представляют собой бинарную систему, состоящую из двух отдельно хранимых и отдельно - одновременно подаваемых составов. Оба состава являются водными растворами, что облегчает хранение и подачу их в зону горения, а также одновременно высокое охлаждающее действие благодаря наличию в их составе воды – вещества с уникально высоким охлаждающим действием. Составы должны быть подобраны так, чтобы при их смешении на границе горючее вещество – воздух между компонентами происходило взаимодействие, приводящее к быстрому образованию нетекучего гелеобразного слоя.

Такие системы хорошо себя зарекомендовали при тушении твердых горючих материалов. Всего было изучено 35 гелеобразующих систем [16]. Наилучшие огнетушащие свойства показали ГОС с гелеобразователем полисиликатом натрия ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$). В качестве катализатора гелеобразования в таких системах были использованы аммонийные соли и соли двух и трёхвалентных металлов

Во всех системах в качестве гелеобразователя используется водный раствор полисиликата натрия ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$, жидкое стекло), который относится к III классу опасности. Жидкое стекло выпускается промышленностью в больших количествах.

Ранее были изучены прочностные свойства гелеобразных слоёв, полученных с использованием различных катализаторов гелеобразования [17]. По этой характеристике наилучшие результаты показали ГОС в которых в качестве катализаторов гелеобразования используются водные растворы солей кальция и магния CaCl_2 MgCl_2 MgSO_4 с концентрациями (3-4) масс.%. Характер среды этих катализаторов гелеобразования слабокислый ($\text{pH} \approx 5$), а сами соли относятся к 3 и 4 классам опасности.

Здесь также необходимо отметить, что все компоненты ГОС являются веществами нерастворимыми в углеводородных горючих жидкостях. Этот факт важен

для переработчиков нефти и нефтепродуктов, так как компоненты предложенной огнетушащей системы не загрязняют соответствующие жидкости, что облегчает их дальнейшую переработку и использование.

Однако непосредственно использовать ГОС для тушения горючих жидкостей невозможно, так как гель тонет в большинстве горючих жидкостей. Для решения проблемы положительной плавучести гелеобразных слоёв необходимо либо уменьшить плотность гелеобразного слоя, либо подобрать легкий носитель для слоя геля, на котором будет он формироваться.

Положительные результаты дали опыты по формированию слоя геля на поверхности сплошного слоя пористых гранулированных неорганических материалов, таких как вспученные перлит и вермикулит, пеностекло и керамзит. Причём в случае применения некоторых видов пеностекла и керамзита образовавшийся бинарный слой оставался стабильным на поверхности бензина более 10 суток. В результате этих опытов также установлено, что пеностекло имеет более высокую плавучесть в бензине. Поэтому дальнейшие опыты проводились с гранулированным или дроблённым пеностеклом.

Пеностекло дробилось до размеров (1–2) см, после чего наносилось сплошным слоем в металлическую ёмкость цилиндрической формы размером xxxх заполненную бензином. Выбранная ёмкость является воспроизведением модельного очага пожара класса «Б» (горение (тушение) горючих жидкостей) уменьшенных размеров. На поверхность пеностекла наносился слой геля толщиной (2-3) мм. В опытах использовалась ГОС $\text{CaCl}_2(4\%) + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2(4\%)$. Визуальные наблюдения показали, что слой геля оставался неизменным в течение 2 суток.

Выводы

Для тушения горючих жидкостей предложено использовать гелеобразующие огнетушащие системы, которые в качестве компонентов содержат экологически безопасные неорганические вещества. В предложенной системе реализуется в качестве доминирующего механизма прекращения горения - изоляция, а в качестве сопутствующего – охлаждение.

В качестве катализаторов гелеобразования ГОС предложено использовать хлориды кальция и магния, а также сульфат магния.

В качестве лёгкого носителя, обеспечивающего плавучесть огнетушащего слоя геля на поверхности горючей жидкости, предложено использовать пеностекло. Экспериментально подтверждена возможность образования на поверхности углеводородной жидкости бинарного слоя пеностекло – гель с высокими изолирующими свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шараварников А.С. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. / А.Ф. 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. Ковалишин В.В. Пінне гасіння / В.В. Ковалишин, О.Е. Васильєва, Н.М. Козяр. – Львів.: СПОЛОМ, 2007.- С. 137-138.
5. Кучер В.М. Влияние способа подачи пены на огнетушащую способность пены средней кратности / В.М. Кучер, В.А. Козлов, В.А. Меркулов, В.В. Жуков // Горючесть веществ и химические средства пожаротушения : Сб. науч. тр. -М.: ВНИИПО МВД СССР, 1983, Вып. 4. - С. 49-50.
6. Ivanković T. Surfactants in the environment / T. Ivanković, J. Hrenović // Arh. Hig. Rad. Toksikol. - 2010 – Vol. 61, № 1. – P. 95-110.
7. Olkowska E. Analytics of surfactants in the environment: problems and challenges / E. Olkowska, Ż. Polkowska, J. Namieśnik // Chem. Rev. – 2011. – Vol. 111, № 9. – P. 5667- 5700.
8. Scott M. J. The biodegradation of surfactants in the environment / M. J. Scott, M. N. Jones // Biochim. Biophys. Acta. - 2000 – Vol. 1508, № 1-2. – P. 235-251.
9. Ying G. G. Fate, behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment / G. G. Ying // Environ. Int. - 2006 – Vol. 32, № 3. – P.417-431.
10. Щербань Н.Г. Биохимические механизмы нарушений в организме теплокровных под воздействием химических соединений / Н.Г. Щербань // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Харьков: Технологический центр.- 2012 - 5/6 (59) - С.29-33.
11. Щербань Н.Г. Биохимические аспекты экологической патологии, связанной с химическим загрязнением поверхностных источников водоснабжения/Н.Г.Щербань, Жуков В.И., Мясоедов В.В.; под общ. ред. Н.Г.Щербаня: Харьков,2011.-175с.
12. Бочаров В.В. Использование перфторированных ПАВ в пенообразователях – «второе пришествие». Галогенорганика с наихудшим сценарием развития для обитателей земли / В.В. Бочаров, М.В. Раевская // Пожаровзрывобезопасность.- 2013.- Т.22.– №10.– С. 75-82.
13. Безродный И.Ф. Экология пожаротушения – пока это только слова // Пожаровзрывобезопасность.- 2013.- Т.22.– №6.– С. 85-90.
14. Воевода С.С. Плёнкообразующее действие фторсинтетической пены на поверхности углеводородных и углеводородно-спиртовых смесевых топлив / С.С. Воевода, С.А. Макаров, В.А. Маркеев, А.Ф. Шароварников // Пожаровзрывобезопасность.- 2006.- Т.15.– №6.– С. 55-57.
15. 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.
16. Абрамов Ю.А. Гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные средства повышенной эффективности применительно к пожарам класса А / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев. – Харьков.: НУГЗУ, 2015. – 254 с.

Заявка
Участника Международной заочной
научно практической конференции
«Предупреждение и ликвидация
чрезвычайных ситуаций: методы, технологии и
перспективы»

Киреев Александр Александрович
Национальный университет гражданской защиты Украины
г. Харьков 61115, ул. Библика, 2 «В», кв. 82
тел 057-94-71-11
E-mail: 53Kireev@gmail.com

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУШЕНИЯ ГОРЮЧИХ ЖИДКО-
СТЕЙ В РЕЗЕРВУАРАХ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛЕОБРАЗУЮ-
ЩИХ ОГNETУШАЩИХ СРЕДСТВ**