

*А.Н. Коленов, ст. преподаватель, НУГЗУ,  
А.А. Киреев, к.х.н., доцент, НУГЗУ,  
Р.Г. Мелещенко, преподаватель, НУГЗУ*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ И КИНЕТИКИ  
РАЗРУШЕНИЯ ПЕН, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ  
ПЕНООБРАЗУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ  $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$  С  
ДОБАВЛЕНИЕМ ПОВЕРХНОСТНО АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**  
(представлено д-ром хим. наук Калугиным В.Д.)

Исследовано пенообразование и кинетика разрушения пен, полученных при подслоном сливе компонентов пенообразующих систем, а так же при их подаче на поверхность бензина. Установлено влияние применяемого способа подачи на кратность и скорость разрушения пены. Исследования проведены для пенообразующей системы  $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$  в присутствии пенообразователей ТЭАС, ПО-6 ОСТ, Морпен, Tridol 6-10 С АFFF.

**Ключевые слова:** стойкость пен, пенообразующие системы, пенообразователи.

**Постановка проблемы.** Статистический анализ пожаров на объектах хранения, переработки и транспортировки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, проведенный за последних 20 лет, показал, что из 200 наиболее масштабных пожаров, которые привели к значительному материальному ущербу и разрушению, 92% произошли в наземных и транспортных резервуарах. Пожары в резервуарах больше чем в 60% случаев сопровождаются созданием «карманов», что существенно осложняет пожаротушение. Тушение таких пожаров возможно при подаче пены из вне – пенная атака, как правило, пеной средней кратности, при которой оборудование для создание пены подается к зоне горения при помощи автолестниц и тушение изнутри – с использованием стационарных установок пожаротушения.

Одним из них основных недостатков пожаротушения с использованием пены средней кратности, является невозможность подачи пены на большие высоты и ограниченной возможностью подачи на большие расстояния. Частично эту проблему удалось решить путем применения установки комплексного пожаротушения «Пурга». Однако способ подачи пены, реализуемый в установках данного типа, приводит к существенному разрушению пены в ходе ее подачи. Так же одним из механизмов разрушения пены в ходе подачи, является её деструкция от прямого воздействия факела пламени, а также интенсивного теплового излучения. Немаловажным недостатком вышеуказанного способа подачи пены, для эффективного пожаротушения, является

ся необходимость подачи большого избытка пены на небольшую площадь зеркала горячей жидкости [1, 2].

Стационарные автоматические установки, существующие в настоящее время, обладают целым рядом недостатков: сложность конструкции, и, как следствие ненадежность, сравнительно длительный период срабатывания, необходимость постоянного технического обслуживания, выход из строя, при деформации стенок и крыши резервуара.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Рядом отмеченных недостатков лишены предложенные ранее пенообразующие системы с внешним пенообразованием (ПОС). В качестве компонентов они содержат водные растворы неорганических веществ – кислотную и щелочную части, в которые добавлены пенообразователи [3]. В предложенном средстве пожаротушения компоненты подаются раздельно–одновременно в распыленном виде на поверхность горючей жидкости или под слой горючей жидкости.

Ранее были проведены исследования пенообразования и кинетики разрушения полученной пены при использовании ПОС с добавлением пенообразователей ТЭАС, ПО-6 ОСТ, Морпен, Tridol 6-10 C AFFF. Установлено, что зависимость объема пены от времени имеет характер близкий к линейному, при этом скорость разрушения пены при использовании пенообразователей ТЭАС и Морпен наименьшая [4]. Также установлено, что при подаче компонентов ПОС под слой бензина в течение 60–90 секунд наблюдается интенсивное пенообразование. В дальнейшем наблюдается близкое к линейному во времени уменьшение объема пены.

Из ранее изученных систем наивысшая кратность была получена для пен, полученных с использованием пенообразователей Морпен и ТЭАС. Наиболее стойкими оказались пены с пенообразователем Морпен [5]. Из предложенных ранее ПОС наименее изученной осталась система  $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$ , которая потенциально обладает наибольшей газообразующей способностью.

**Постановка задачи и ее решение.** Задачей работы является исследование пенообразования и кинетики разрушения пен, полученных при подаче компонентов ПОС на поверхность бензина, а так же при подслоном сливе с использованием состава  $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$  в присутствии пенообразователей, ПО-6 ОСТ, Морпен, Tridol 6-10 C AFFF.

Исследование пенообразования и кинетики разрушения пен, полученных при подслоном сливе на бензин, проводилось в соответствии с методиками [5]. При помощи мерных цилиндров отбирались по 5 мл компонентов системы  $Al_2(SO_4)_3$  (насыщ) +  $(NH_4)_2CO_3$  (насыщ), которые затем одновременно выливались в мерный цилиндр, емкостью 250 мл, содержащего 50 мл бензина. На дне происходила газообразующая реакция:



В присутствии пенообразователя образовывалась пена, которая поднималась сквозь слой бензина. На поверхности бензина образовывался сплошной слой пены, который блокировал испарение паров бензина. Визуально фиксировался объём пены и его изменение во времени. На основании этого определялась кратность пены (К):

$$K = V_{\text{пены}} / V_{\text{растворов}} \quad (1)$$

где  $V_{\text{пены}}$  – объём пены,  $V_{\text{растворов}}$  – суммарный объём компонентов ПОС.

Кратность пены для ПОС  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (насыщ) +  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (насыщ) в присутствии пенообразователей ТЭАС и Морпен в интервале их концентраций от 2 до 6 % оставалась одинаковой и составляла 11–13.

В качестве количественной характеристики стойкости пены было использовано время до разрушения половины объёма пены. Для последних двух систем стойкость пены составляла  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  минут, причём характер изменения объёма пены со временем близок к линейному.

Соответствующие результаты исследований для ПОС  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (насыщ) +  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (насыщ) с различными пенообразователями представлены в табл. 1. В таблице приведены средние значения кратности и стойкости пены по результатам трёх измерений.

**Таблица 1 – Кратность пен (К) и их стойкость (τ) для ПОС  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (насыщ) +  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  (насыщ) с разными пенообразователями**

Пенообразователь	Тип подачи	К	τ, мин
ПО-6	подслойная	11	1,5
Морпен	подслойная	12	4,5
Tridol 6-10 С АFFF	подслойная	8	5,5
ТЭАС	подслойная	12	2
ПО-6	на поверхность	6	4
Морпен	на поверхность	10	5
Tridol 6-10 С АFFF	на поверхность	3	3
ТЭАС	на поверхность	10	4

Отобранные компоненты подавались на дно мерного цилиндра. Образование пены происходило при помощи углекислого газа, выделившегося во время реакции. Происходило наблюдение за кратностью и скоростью разрушения образовавшейся пены. Показания фиксировались до момента разрушения объёма пены на 90 %.

В ходе проведенного эксперимента установлено, что при работе ПОС, с добавлением пенообразователей Морпен и ТЭАС, происходит интенсивное пенообразование. Кратность полученной пены равна 12. Характер разрушения пены имеет зависимость близкую к линейной.

При работе ПОС с добавлением пенообразователя ПО-6 ОСТ, происходит интенсивное пенообразование. Образуются большие пузырьки пены, которые приводят к ее скачкообразному росту, а так же ее быстрому разрушению, с образованием осадка. При работе ПОС с добавлением пенообразователя Tridol 6-10 C AFFF, происходит интенсивное пенообразование, при которых пена имеет кратность равную 7-9. Пенообразование характерно с выделением крупных пузырьков газа, за счет чего происходит интенсивное разрушение пены.

Полученные результаты исследования подтверждают результаты ранее проведенных исследований [5, 6].

Исследование пенообразования и кинетики разрушения пен, полученных при помощи слива пенообразующих систем на бензин, проводилось в соответствии с методиками [7, 8].

В качестве очага пожара был выбран модельный очаг 2В [9]. В виде горючего вещества использовался бензин А-76.

В противень заливалось 4 литра воды, при этом образовывалось гладкое зеркало. На слой воды наливалось 2 литра бензина.

Подача огнетушащего вещества проводилась с использованием распылителей, в которых ПОС находится под избыточным давлением – до 1,5 атм. Подача компонентов ПОС проводилась из двух распылителей, таким образом, чтобы распыленные струи пересекались, до попадания огнетушащего вещества на поверхность бензина.

Разрушение пены до 90% от образовавшегося объема, для этой системы наступает через 4-6 минут, что подтверждает результаты ранее проведенных исследований. Наблюдается более интенсивное пенообразование при смешении растворов ПОС на дне мерной емкости, за счет лучшего смешения компонентов.

Сравнительные характеристики образования пены (табл. 2) при разных способах слива показали, что кратность пены в начале пенообразования практически не отличается, по истечению 3-х минут наблюдается более интенсивное разрушение пены, поданной подслоино.

**Таблица 2 – Зависимость объема пены от времени для пенообразующей системы  $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$ , в присутствии пенообразователя Морпен, при подаче подслоино и на поверхность бензина**

Время, мин	К	
	тип подачи - подслоинная	тип подачи - на поверхность
1	12	8
2	14	10
3	11	9
4	8	9
5	6	8
6	3	7
7	2	4

**Выводы.** С учётом предыдущих работ, проведение анализа результатов по различным ПОС позволяет сделать ряд выводов:

1. Происходит интенсивное пенообразование в течении 60-90 секунд. Характер разрушения пены имеет зависимость близкую к линейной.

2. Меньшую скорость разрушения и наивысшую кратность пены позволяют получить пенообразователи Морпен и ТЭАС.

3. Наибольшее время разрушения пены показала пенообразующая система, с добавлением пенообразователя Морпен.

4. Концентрация пенообразователя, в пределах 2-6% раствора, мало влияет на кратность образующейся пены.

5. С увеличением концентрации пенообразователя, в пределах 2-6% раствора, растёт устойчивость пены.

6. Для получения пены с высокой стойкостью в системе  $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$  необходимо использовать  $Al_2(SO_4)_3$  с концентрацией 15%.

7. При подаче ПОС с добавлением пенообразователя Морпен, зависимость объема пены от времени практически не отличается, наблюдается более интенсивное разрушение пены, поданной подслоино, по истечению 4-5 минут.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.

2. Исследование огнетушащей способности пенообразующей системы  $Al_2(SO_4)_3 + NaHCO_3$  с добавлением пенообразователя ТЭАС. Проблемы пожарной безопасности - № 31 (88) – Харьков, НУГЗУ, 2012.

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

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

5. Киреев А.А. Исследование кинетики разрушения пен. / А.А. Киреев, А.Н. Коленов // Проблемы пожарной безопасности.– 2011.– вып.29.– С.66-69.

6. Киреев А.А. Исследование кинетики разрушения пен, полученных с помощью пенообразующих систем с внешним пенообразованием. / А.А. Киреев, А.Н. Коленов // Матеріали Х Всеукраїнської

Исследование пенообразования и кинетики разрушения пен, полученных при использовании пенообразующей системы  $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$  с добавлением поверхностно активных веществ 105

науково-практичної конференції «Пожежна безпека - 2011», Україна, Харків, 2011 р.

7. Боровиков В.О. Методологія оцінювання вогнегасної ефективності піни низької кратності під час гасіння горючих рідин. / В.О. Боровиков, А.В. Антонов, О.М. Слущька // Науковий вісник УкрНДіПБ. – 2008. – № 1 (17). – С. 146-154.

8. ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробування».

9. НПБ 67-98 «Установки порошкового пожаротушения автоматические. Методы испытания».  
nuczu.edu.ua

О.М. Колонов, О.О. Кіреєв, Р.Г. Мелешенко

**Дослідження піноутворення і кінетики руйнування пін отриманих при використанні піноутворюючої системи  $Al_2(SO_4)_3+(NH_4)_2CO_3$  з додаванням поверхнево активних речовин**

Досліджено піноутворення та кінетика руйнування пін, отриманих при підшаровому зливі піноутворюючої системи, а також при подачі на бензин. Встановлено вплив застосовуваного способу подачі піноутворюючої системи на швидкість руйнування піни. Дослідження проведені для піноутворюючої системи  $Al_2(SO_4)_3+(NH_4)_2CO_3$  в присутності піноутворювачів ТЕАС, ПО-6 ОСТ, Морпен, Tridol 6-10 C AFFF.

**Ключові слова:** стійкість пін, піноутворюючі системи, піноутворювачі.

A.N. Kolenov, A.A. Kireev, R.G. Meleschenko

**Study of foaming and fracture kinetics pen obtained from the use of blowing  $Al_2(SO_4)_3+(NH_4)_2CO_3$  with a surface-active substances**

Investigated the kinetics of foaming and foam destruction produced by subsurface drain blowing systems, as well as when applied to the surface of the fuel. The influence of the applied method of supplying foam-forming system at the rate of destruction of foam. Investigations were carried out for ne of the diversity of  $Al_2(SO_4)_3+(NH_4)_2CO_3$  in the presence of foam TEAC, ПО-6 OСТ, Морпен, Tridol 6-10 C AFFF.

**Keywords:** foamforming system, foamer, stability of foams.