

**УДК 614.84**

*Киреев А.А. , канд. хим. наук, доцент, НУГЗУ,  
Коленов А.Н, старший преподаватель, НУГЗУ*

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ РАЗРУШЕНИЯ ПЕН**

(представлено д-ром техн. наук Соболев А.Н.)

Исследована кинетика разрушения пен, полученных с помощью пенообразующих систем с внешним пенообразованием. Установлено влияние качественного и количественного состава пенообразующей системы на скорость разрушения пены. Исследования проведены для пенообразующих систем  $Al_2(SO_4)_3 + NaHCO_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$ ,  $Fe_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$ , в присутствии пенообразователей ТЭАС, ПО-6 ОСТ, Морпен, Tridol 6-10 С АFFF.

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

**Постановка проблемы.** Водопенные огнетушащие средства нашли широкое применение в практике пожаротушения. По частоте использования они уступают лишь жидкостным огнетушащим веществам. Доминирующим механизмом огнетушащего действия пен является их изолирующая способность. По этому показателю пены превосходят другие традиционные средства пожаротушения.

В настоящее время для тушения пожаров используют воздушно-механическую пену, которую получают и подают с помощью различного вида пеногенераторов. Существенным недостатком существующих водопенных огнетушащих средств является затруднение их подачи на большие расстояния. Поток пены, при подаче его с большой скоростью, быстро замедляется в воздухе. Ограничены также возможности его растекания на большие расстояния. Одним из существенных недостатков воздушно-механических пен является использование в качестве газа-наполнителя воздуха, который поддерживает горение.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Большинству этих недостатков лишены пенообразующие системы с внешним пенообразованием (ПОС) [1-2]. Эти системы представляют собой два раствора, отдельно хранящихся и отдельно, но одновременно подающихся в очаг пожара. Состав растворов подобран так, чтобы при их взаимодействии выделялся газ. При наличии в жидкостях пенообразователя образуется пена.

В предыдущих работах были рассмотрены в основном процессы пенообразования в ПОС [1-2]. Так, в частности, была определена кратность пен, полученных при использовании пенообразователей общего и специального назначения. Также была оценена стойкость образовавшихся пен. Для оценки стойкости пен обычно используют

время разрушения половины объёма пены [3]. Однако для количественных расчётов условий пожаротушения с помощью пен необходимо знать количественную зависимость объёма пены от времени. До настоящего времени такие исследования для ПОС не проводились.

**Постановка задачи и ее решение.** Задачей работы является исследование кинетики процесса разрушения пен, полученных с помощью ПОС. Для исследования выбраны ранее хорошо зарекомендовавшие кислотные компоненты  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . В качестве основных компонентов избраны  $\text{NaHCO}_3$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , которые обеспечивают получение газа не поддерживающего горения –  $\text{CO}_2$ . Для обеспечения получения стойких пен использовались пенообразователи общего и специального назначения – ТЭАС, ПО-6 ОСТ, Морпен, Tridol 6-10 С АFFF.

Экспериментальные исследования проводились в соответствии с лабораторными методиками [4]. С помощью мерных цилиндров на 10 мл отбирались одинаковые объёмы (по 5 или 10 мл) обоих компонентов. Они выливались в мерный цилиндр на 250 мл. В результате реакции выделялся углекислый газ, который обеспечивал образование пены. После достижения пеной максимального объёма проводилось наблюдение за разрушением пены с течением времени. Показания фиксировались до момента разрушения 90% объёма пены. Также фиксировался максимальный объём пены, с помощью которого рассчитывалась кратность пены.

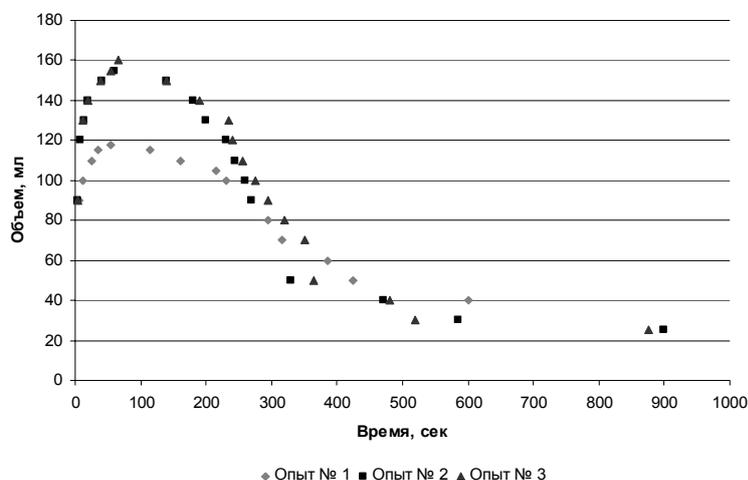
Исследования были проведены для систем  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , в присутствии пенообразователей ТЭАС, ПО-6 ОСТ, Морпен, Tridol 6-10 С АFFF.

В ходе проведения эксперимента было установлено, что результаты параллельных опытов могут отличаться на (20-25) %. По-видимому, это связано с трудностью точного воспроизведения условий смешения двух растворов. При сливании двух растворов в месте их контакта образуется гелеобразная прослойка, которая препятствует дальнейшему перемешиванию. Частично эту проблему решает интенсивное встряхивание в процессе смешения компонентов ПОС.

Ещё одной особенностью процесса разрушения пены является неравномерный характер процесса. Постепенно мелкие пузырьки газа объединяются в большие. При выходе наружу разрушение крупного пузырька даёт скачкообразное изменение объёма. На рисунках 1 и 2 приведены зависимости объёма пены от времени для двух ПОС. За начальное время принят момент сливания компонентов ПОС.

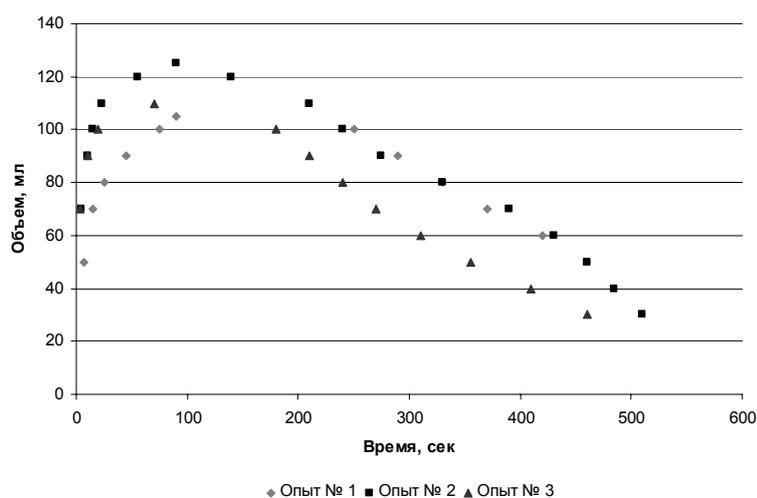
Начальный рост объёма пены определяется её образованием в результате протекания химических реакций с образованием углекислого газа [1]. Выделение газа легко фиксируется визуально. Постепенно скорость образования пены уменьшается и становится мень-

шей скорости её разрушения. Зависимость объёма пены от времени проходит через максимум. После прохождения максимума ещё некоторое время продолжается процесс образования пены. Этому этапу отвечает участок зависимости, который расположен сразу после максимума на соответствующей зависимости.



**Рис.1 – Зависимость объёма пены от времени для ПОС  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – 15 мас.% +  $\text{NaHCO}_3$  – 8,8 мас.% (пенообразователь ТЭАС(6 %)). (исходный суммарный объём компонентов ПОС – 20 мл)**

В дальнейшем идёт участок, которому соответствует уменьшение объёма пены по характеру близкое к линейному. Подобный характер зависимости наблюдается для большинства исследованных систем. Полное разрушение пены для большинства систем наступает через 20–30 минут. Это обусловлено образованием рыхлых осадков  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , которые опускаются в нижнюю часть цилиндра, и удерживают вокруг себя некоторую часть пены.



**Рис.2 – Зависимость объёма пены от времени для ПОС  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  – 40 мас.% +  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  – 50 мас.% (пенообразователь Морпен (6 %)). (исходный суммарный объём компонентов ПОС – 5 мл).**

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

**Выводы.** Зависимость объёма пены от времени имеет характер близкий к линейному для большинства систем. Меньшую скорость разрушения пены позволяет обеспечить использование ПОС  $Al_2(SO_4)_3+(NH_4)_2CO_3$ . Наилучшие результаты по устойчивости пен позволяют обеспечить пенообразователи ТЭАС, Морпен. Наибольшее время полного разрушения пены показала ПОС  $Al_2(SO_4)_3+NaHCO_3$ . Наибольшую кратность пены обеспечивают системы с избытком кислотного компонента. Преимущество среди кислотных компонентов имеет 55% раствор  $Fe_2(SO_4)_3$ , который позволяет обеспечивать кратность пены более 20.

## ЛИТЕРАТУРА

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

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

3. Шараварников А.С. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. / Шараварников А.С., Молчанов В.П., Воевода С.С., Шараварников С.А. – М.: Калан, 2002. – 448 с.

4. Айвазов Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции / Б.В. Айвазов. – М.: Высш. школа, 1973. – 208 с.

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

nuczu.edu.ua

О.О. Киреев, О.М. Коленов

### **Дослідження кінетики руйнування піни**

Наведені результати експериментальних визначень стійкості піни, що отримані за допомогою ціноутворюючих систем. Встановлено, що залежність об'єму піни від часу близька до лінійної. Найменшу швидкість руйнування піни забезпечило використання системи  $Al_2(SO_4)_3+(NH_4)_2CO_3$  з використанням в якості піноутворювача ТЭАС.

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

A.A. Kireev, A.N. Kolenov

### **Investigation the kinetics of foam destroying**

The results of experimental investigations the kinetics of foam destroying was present. A linear dependent of foam volume with time was ascertained. Smaller velocity of foam destroying guarantee the using of system  $Al_2(SO_4)_3+(NH_4)_2CO_3$  using as blowing agent ТЭАС.

**Key terms:** foamforming system, foamer, stability of foams.