

**Н. А. ВЛАСОВ**, ассистент кафедры комплексной безопасности в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26; e-mail: ICA\_kbs@mgsu.ru)

**Т. Ю. ЕРЕМИНА**, д-р техн. наук, профессор, старший научный сотрудник Научно-образовательного комплекса организационно-управленческих проблем ГПС, Академия Государственной противопожарной службы МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: main@stopfire.ru)

УДК 614.84.664

## ОГNETУШАЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕНЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ

Приведены результаты, полученные в ходе систематических экспериментальных исследований процесса тушения пламени нефтепродуктов подачей пены, полученной из концентрированных солевых растворов, в основание резервуара. Определены зависимости коэффициента растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана и гептана по водно-солевому раствору пенообразователя с содержанием хлорида аммония. Выявлено, что с ростом концентрации хлорида аммония в растворе пенообразователя происходит увеличение минимального удельного расхода раствора фторированного пенообразователя более чем в 2 раза и оптимальной интенсивности подачи пены в 1,5 раза. Показана зависимость времени тушения пламени гептана от интенсивности подачи пены, полученной из водно-солевого раствора пенообразователя. Выявлено, что снижение способности горючего растекаться по раствору пенных пленок приводит к повышению огнетушащей эффективности, что выражается в снижении минимального удельного расхода раствора пенообразователя и оптимальной интенсивности подачи пены.

**Ключевые слова:** огнетушащая эффективность пены; коэффициент растекания; время тушения пламени; интенсивность подачи пены; водно-солевой раствор пенообразователя.

**DOI:** 10.18322/PVB.2017.26.12.52-58

### Введение

В последнее десятилетие значительно повысилась пожарная опасность различных производств. Это обусловлено тем, что в резервуарных парках хранятся тысячи тонн горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, на предприятиях органического синтеза обращаются сотни тонн горючих веществ, многие виды синтетических материалов в процессе их производства находятся в состоянии повышенной пожарной опасности, растут и объемы производства, транспортировки и хранения горючих жидкостей и газов. Пожары на таких объектах требуют все более эффективных способов тушения и применения новых огнетушащих средств. Тушение пламени нефти, нефтепродуктов и многих других горючих жидкостей без пен практически невозможно. Кроме того, пены используются и для тушения различных строительных материалов. Пены различной кратности применяются для вытеснения воздуха, дыма при объемном тушении или изоляции расположенных рядом с очагами объектов от воздействия тепловых потоков. Пены высокой кратности позволяют ликвидировать пожары горючих жидкостей на больших

площадах, а также эффективны при тушении пожаров органических растворителей, пожаров в кабельных тоннелях, библиотеках, архивах, шахтах и т. д.

В зависимости от условий горения жидкостей или твердых материалов пены должны отвечать определенным требованиям в отношении их свойств: обладать заданной кратностью, высокой структурно-механической прочностью и устойчивостью к тепловому воздействию, хорошей растекаемостью по твердым и жидким поверхностям.

Практика применения пенообразователей показывает, что для пожаротушения необходимы пенообразователи с заранее заданными свойствами. Введение в состав пенообразователей специальных добавок дает возможность повысить устойчивость огнетушащих пен к различным негативным воздействиям, препятствуя их разрушению.

Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов в зимнее время затруднено из-за низкой морозостойкости рабочих водных растворов, которые непосредственно используются для получения пены [1, 2]. Термин “морозостойчивый пенообразователь” относится к концентрированному раствору поверхностно-актив-

ных веществ, но не к рабочему водному раствору, в котором содержание пенообразователя, даже морозоустойчивого, не превышает 6,0 % об. Если период времени между приготовлением раствора и его использованием затягивается, то создается опасность частичной кристаллизации водного раствора при получении пены. При использовании водно-пенных огнетушителей вне отапливаемого помещения возникает вероятность замерзания водного рабочего раствора [3–5].

Повышение морозоустойчивости водных растворов может быть достигнуто за счет добавок этиленгликоля или неорганических солей [6–8]. При высоком содержании органических компонентов водные растворы становятся горючими, поэтому предпочтение отдается неорганическим солям. Наиболее доступными являются хлорид аммония и сульфаты алюминия. Если условия эксплуатации требуют оперативного применения пены, получаемой из пенообразователей, которые должны храниться в рабочих растворах (например, в огнетушителях), то водные растворы должны содержать до 25 % масс. неорганической соли, например такой, как хлористый аммоний [9].

Применение солевых растворов для получения пены часто ведет к снижению ее устойчивости, поэтому целью настоящей работы является установление огнетушащей эффективности пены, полученной из концентрированных водных растворов с добавками неорганической соли [10–11]. Для этого необходимо определить зависимости коэффициента растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана и гептана по водно-солевому раствору пенообразователя с содержанием хлорида аммония, а также определить зависимость времени тушения пламени гептана от интенсивности подачи пены, полученной из водно-солевого раствора пенообразователя.

### Методы исследования

В качестве пенообразователя использовали пленкообразующий пенообразователь “Shtamex AFFF”, в качестве электролита — хлористый аммоний.

Перед огневыми испытаниями была измерена зависимость поверхностного и межфазного натяжений от концентрации пенообразователей в водном растворе. Измерение поверхностного натяжения рабочего раствора пенообразователя и межфазного натяжения на границе рабочего раствора с н-гептаном проводилось с использованием метода Де-Нуи [12–14].

Методика определения коэффициента растекания на основе измерений поверхностного натяжения водных растворов и горючей жидкости, а также межфазного натяжения на границе раздела фаз была взята из работ [15–17].

Определение времени тушения при подаче пены в слой горючей жидкости проводилось на лабораторной установке, описание которой приведено в работах [18–20]. Сначала приготавливали рабочий раствор пенообразователя. Затем в горелку заливали горючее, после чего жидкость в горелке зажигали. Время свободного горения горючей жидкости составляло  $(60 \pm 5)$  с. Полученный раствор пенообразователя заливали в стакан электромеханического прибора (миксера), где в течение 30 с происходило образование пены. Полученную пену заливали в разъемный герметичный контейнер и взвешивали на весах, предварительно сняв крышку контейнера. Полученное значение массы заносили в журнал.

Под действием сжатого воздуха пена поступала через трубопровод в нижнюю часть горелки, непосредственно в горючую жидкость. Началом отсчета времени тушения служил момент, когда первая порция пены появлялась на поверхности горючего, а окончанием — полная ликвидация пламени, включая исчезновение его язычков вдоль борта. За результат измерения принималось среднеарифметическое трех значений времени тушения.

### Результаты и их обсуждение

Поскольку основное назначение растворов — получение пены для тушения пожаров нефтепродуктов, использовали фторсодержащие составы, которые после тушения пламени способны самопроизвольно формировать водные изолирующие пленки на поверхности углеводородов. Такая пена длительное время предотвращает повторное воспламенение нефтепродукта после тушения пламени.

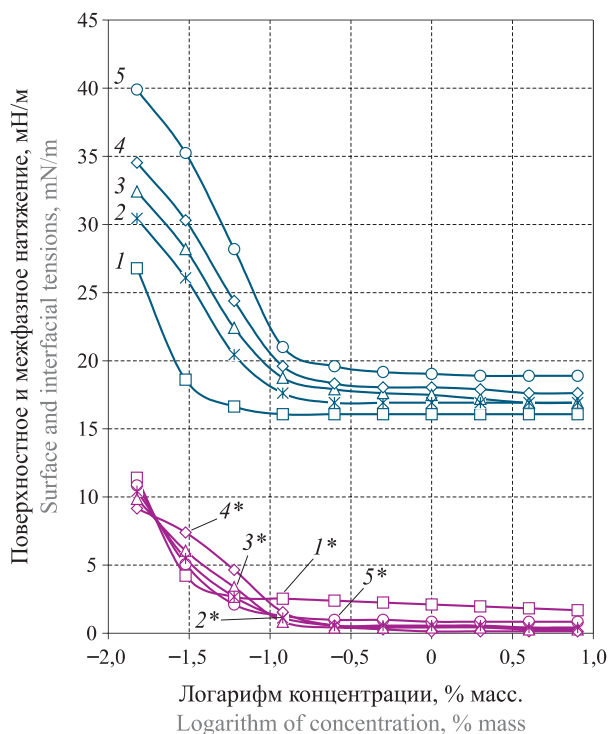
Необходимая морозоустойчивость составов с хлористым аммонием должна составлять минус 25 °С. По средневропейским требованиям температура замерзания пенообразователя должна быть не выше минус 15 °С.

Величины поверхностного и межфазного натяжения на границе с гептаном в водно-солевом растворе пенообразователя, содержащем хлорид аммония, представлены на рис. 1.

Результаты расчета коэффициента растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана и гептана по водно-солевому раствору пенообразователя при различном содержании хлорида аммония приведены на рис. 2.

Согласно полученным результатам измерений величина коэффициента растекания горючего по раствору возрастает, а межфазное натяжение резко снижается — с 2,0 до 0,1 мН/м.

Результаты экспериментов показали, что для растворов пенообразователя с концентрацией 1,0 % и выше коэффициент растекания приобретает положительные значения. При таком коэффициенте рас-



**Рис. 1.** Зависимость поверхностного (1–5) и межфазного (1\*–5\*) натяжения на границе с гептаном от концентрации пенообразователя в водно-солевом растворе при содержании хлорида аммония, % масс.: 1, 1\* — 0,0; 2, 2\* — 2,0; 3, 3\* — 5,0; 4, 4\* — 10,0; 5, 5\* — 20,0

**Fig. 1.** Dependence of surface (1–5) and interfacial (1\*–5\*) tensions on a border with heptane on concentration of foaming agent in aqueous salt solution containing ammonium chloride, % mass: 1, 1\* — 0.0; 2, 2\* — 2.0; 3, 3\* — 5.0; 4, 4\* — 10.0; 5, 5\* — 20.0

текания происходит самопроизвольное растекание водного раствора по поверхности гептана.

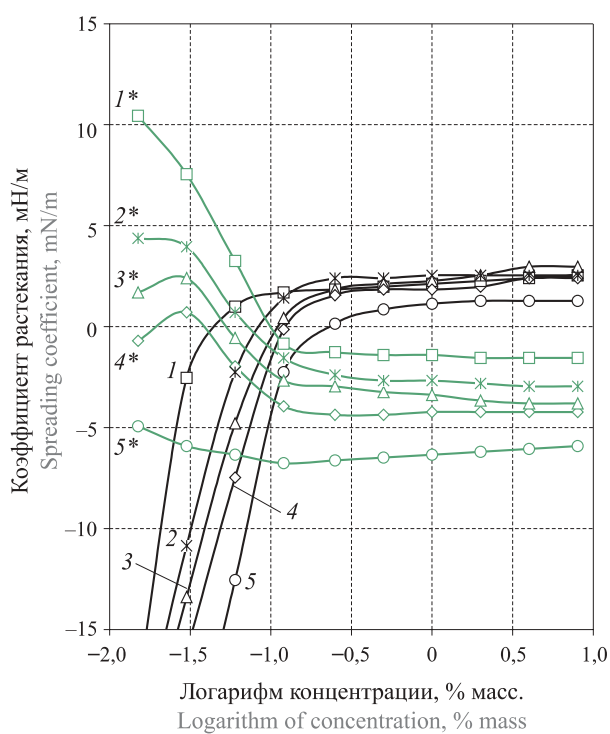
Для дальнейших исследований возьмем 2 %-ный раствор пенообразователя с добавками хлорида аммония.

Результаты тушения пламени гептана данным пенообразователем подачи пены в основание резервуара представлены на рис. 3.

Согласно полученным данным время тушения пламени и интенсивность подачи раствора пенообразователя растут с увеличением количества хлорида аммония в растворе.

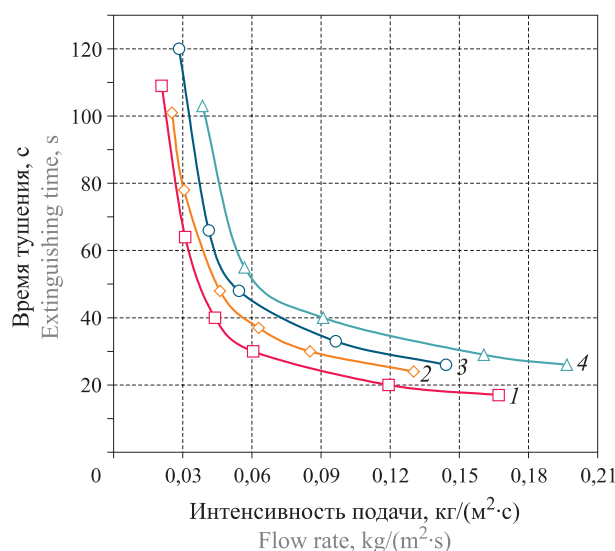
На рис. 4 представлены зависимости времени тушения пламени гептана и удельного расхода 2 %-ного раствора фторированного пенообразователя с электролитом NH<sub>4</sub>Cl от коэффициента растекания раствора пенообразователя по гептану.

С ростом величины коэффициента растекания раствора пенообразователя по гептану уменьшается время тушения пламени и удельный расход раствора пенообразователя. Причем уже со значения межфазного натяжения 0,7 мН/м резкого снижения времени тушения пламени и удельного расхода раствора пенообразователя не происходит.



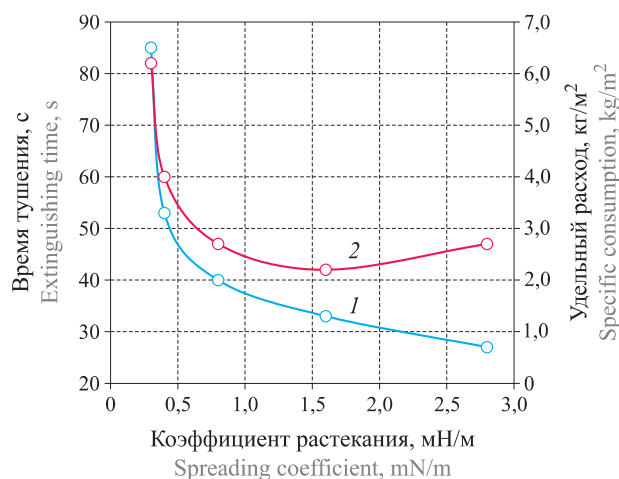
**Рис. 2.** Коэффициент растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана (1–5) и гептана по водно-солевому раствору пенообразователя (1\*–5\*) при содержании хлорида аммония, % масс.: 1, 1\* — 0,0; 2, 2\* — 2,0; 3, 3\* — 5,0; 4, 4\* — 10,0; 5, 5\* — 20,0

**Fig. 2.** Spreading coefficient of aqueous salt solution flowing over the surface of heptane (1–5) and of a heptane flowing over aqueous salt solution of foaming agent (1\*–5\*) if the content of ammonium chloride is equal to, % mass: 1, 1\* — 0.0; 2, 2\* — 2.0; 3, 3\* — 5.0; 4, 4\* — 10.0; 5, 5\* — 20.0



**Рис. 3.** Зависимость времени тушения пламени гептана от интенсивности подачи пены, полученной из водно-солевого раствора пенообразователя, с концентрацией хлорида аммония, % масс.: 1 — 0,0; 2 — 2,0; 3 — 5,0; 4 — 10,0

**Fig. 3.** Dependence of a heptane extinguishing time on flow rate of foam generated from aqueous salt solution with concentration of ammonium chloride, % mass: 1 — 0.0; 2 — 2.0; 3 — 5.0; 4 — 10.0

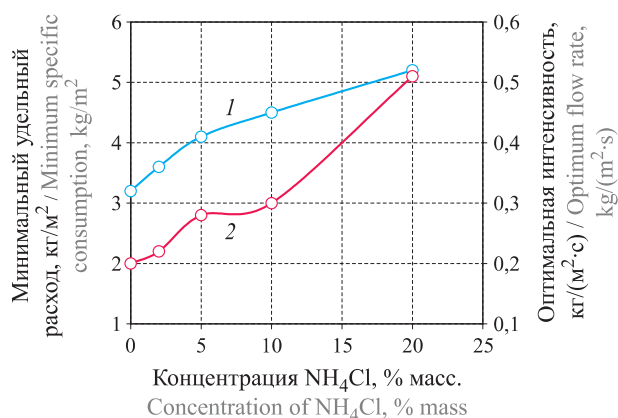


**Рис. 4.** Зависимость времени тушения пламени гептана (1) и удельного расхода 2 %-ного раствора фторированного пенообразователя с электролитом  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (2) от коэффициента растекания раствора пенообразователя по гептану

**Fig. 4.** Dependence of a heptane extinguishing time (1) and specific consumption of 2-percent solution of fluorinated foaming agent with electrolyte  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (2) on spreading coefficient of solution flowing over heptane

На рис. 5 представлены зависимости минимального удельного расхода и оптимальной интенсивности раствора фторированного пенообразователя от концентрации хлорида аммония.

С ростом концентрации хлорида аммония в растворе пенообразователя происходит увеличение минимального удельного расхода раствора фторированного пенообразователя с 2 до 5  $\text{kg/m}^2$ , т. е. более чем в 2 раза, и оптимальной интенсивности подачи пены — с 3,5 до 5,3  $\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ .



**Рис. 5.** Зависимость минимального удельного расхода (1) и оптимальной интенсивности (2) 2 %-ного раствора фторированного пенообразователя от концентрации хлорида аммония в пенообразователе

**Fig. 5.** Dependence of the minimum specific consumption (1) and the optimum flow rate (2) of 2-percent solution of fluorinated foaming agent on concentration of ammonium chloride

## Вывод

Как и ожидалось, по полученным в результате проведенных экспериментов данным можно сделать вывод, что снижение способности горячего растекаться по раствору пенных пленок приводит к повышению огнетушащей эффективности пены. Однако добавление хлорида аммония ведет к уменьшению температуры застывания раствора пенообразователя и увеличению времени тушения пламени гептана, что выражается в повышении минимального удельного расхода раствора пенообразователя и оптимальной интенсивности подачи пены.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lang Xu-qing, Liu Quan-zhen, Gong Hong. Study of fire fighting system to extinguish full surface fire of large scale floating roof tanks // *Procedia Engineering*. — 2011. — Vol. 11. — P. 189–195. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.04.646.
2. Pabon M., Corpart J. M. Fluorinated surfactants: synthesis, properties, effluent treatment // *Journal of Fluorine Chemistry*. — 2002. — Vol. 114, No. 2. — P. 149–156. DOI: 10.1016/S0022-1139(02)00038-6.
3. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Byakov A. V. The analysis of oil suppression by aqueous film forming foam through a gas-salt layer of water // *Advanced Materials Research*. — 2014. — Vol. 1073-1076. — P. 2353–2357. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.1073-1076.2353.
4. Korolchenko D. A., Degaev E. N., Sharovarnikov A. F. Determination of the effectiveness of extinguishing foaming agents in the laboratory // 2<sup>nd</sup> International Conference on Material Engineering and Application (ICMEA 2015). — Wuhan, China : DEStech Publications, Inc., 2015. — P. 17–22.
5. Nash P., Whittle J. Fighting fires in oil storage tanks using base injection of foam — Part I // *Fire Technology*. — 1978. — Vol. 14, Issue 1. — P. 15–27. DOI: 10.1007/bf01997258.
6. Bergeron V., Walstra P. Chapter 7. Foams // *Fundamentals of Interface and Colloid Science* / Lyklema J. (ed.). — Amsterdam : Elsevier Ltd., 2005. — Vol. 5. — P. 7.1–7.38. DOI: 10.1016/S1874-5679(05)80011-X.
7. Korolchenko D., Tushin A., Trushina S., Korolchenko A. Physical parameters of high expansion foam used for fire suppression in high-rise buildings // *International Journal of Applied Engineering Research*. — 2015. — Vol. 10, No. 21. — P. 42541–42548.
8. Lattimer B. Y., Trelles J. Foam spread over a liquid pool // *Fire Safety Journal*. — 2007. — Vol. 42, Issue 4. — P. 249–264. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.10.004.



9. Дегаев Е. Н., Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Влияние кратности пен на основные параметры процесса тушения углеводородов // Проблемы техносферной безопасности—2015 : материалы 4-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. — С. 24–28.
10. Kennedy M. J., Conroy M. W., Dougherty J. A., Otto N., Williams B. A., Ananth R., Fleming J. W. Bubble coarsening dynamics in fluorinated and non-fluorinated firefighting foams // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. — 2015. — Vol. 470. — P. 268–279. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2015.01.062.
11. Хиль Е. И., Воевода С. С., Шароварников А. Ф., Макарова И. П. Экспериментальное определение минимального удельного расхода и оптимальной интенсивности подачи пенообразователя при тушении пламени нефтепродуктов // Пожарная безопасность. — 2015. — № 4. — С. 76–81.
12. Корольченко Д. А., Дегаев Е. Н., Шароварников А. Ф. Горение гептана в модельном резервуаре // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2015. — Т. 24, № 2. — С. 67–70.
13. Хиль Е. И., Макарова И. П., Шароварников А. Ф. Влияние кратности пены на эффективность тушения пламени нефтепродуктов подачей пены в основание резервуара // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. — 2016. — № 1. — С. 48–50.
14. Абдурагимов И. М., Говоров В. Ю., Макаров В. Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. — М. : ВИПТШ МВД СССР, 1980. — 256 с.
15. Lyapun A., Korolchenko A., Meshalkin E. Analysis of causes of combustible mixture explosions inside production floor areas // MATEC Web of Conferences. — 2016. — Vol. 86, Art. No. 04030. DOI: 10.1051/mateconf/20168604030.
16. Nurimoto N. Fire extinguishing installations for oil storages injecting foam under the layer of oil product // Kasay. — 1977. — Vol. 27, No. 3. — P. 11–19.
17. Cherepanov D. A., Ermakov A. S., Gozalova M. R., Korolchenko A. Ya. Formation of normative-methodical maintenance of quality and safety of campsites // MATEC Web of Conferences. — 2016. — Vol. 86, Art. No. 04037. DOI: 10.1051/mateconf/20168604037.
18. Покровская Е. Н., Портнов Ф. А., Кобелев А. А., Корольченко Д. А. Дымообразующая способность и токсичность продуктов сгорания древесных материалов при поверхностном модифицировании элементоорганическими соединениями // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2013. — Т. 22, № 10. — С. 40–45.
19. Шароварников С. А., Корольченко Д. А., Ляпин А. В. Тушение многокомпонентных смесевых топлив фторсинтетическими пенообразователями подслоиным способом // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2014. — Т. 23, № 6. — С. 76–80.
20. Kovalchuk N. M., Trybala A., Starov V., Matar O., Ivanova N. Fluoro- vs hydrocarbon surfactants: Why do they differ in wetting performance? // Advances in Colloid and Interface Science. — 2014. — Vol. 210. — P. 65–71. DOI: 10.1016/j.cis.2014.04.003.

*Материал поступил в редакцию 20 ноября 2017 г.*

**Для цитирования:** Власов Н. А., Еремина Т. Ю. Огнетушащая эффективность пены, полученной из концентрированных солевых растворов // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 12. — С. 52–58. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.52-58.

## FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY OF THE FOAM GENERATED FROM CONCENTRATED AQUEOUS SALT SOLUTIONS

**VLASOV N. A.**, Assistant of Department of Integrated Safety in Civil Engineering, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoye Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: ICA\_kbs@mgsu.ru)

**EREMINA T. Yu.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Research Scientist of Management Issues Academic Organization, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: main@stopfire.ru)

## ABSTRACT

Practice of application has shown that foaming agents should have predetermined properties. Introduction of special additives to composition of foaming agents allows increasing resistance of fire extinguishing foams to various negative impacts, preventing their destruction. Extinguishing fires of oil and oil products in winter time is difficult due to the low frost resistance of aqueous work solutions, which are directly used to generate the foam.

Increasing of frost resistance of aqueous solutions can be reached at the expense of additives of ethylene glycol or inorganic salts. The high content of organic components makes aqueous solutions combustible therefore preference is given to inorganic salts. The most affordable salts are ammonium chloride and aluminium sulphates. If operating conditions require expeditious application of foam generated from work solutions have to be stored in any containers (for example, in fire extinguishers) then aqueous solutions should contain up to 25 % mass of inorganic salt. Dependence of spreading coefficient of aqueous salt solution flowing over the surface of heptane on concentration of foaming agent with ammonium chloride has determined in this article. According to obtained results of measurements, the value of spreading coefficient of fuel flowing over solution increases and the interfacial tension sharply decreases from 2.0 to 0.1 mN/m. The results of experiments have shown that spreading coefficient of foaming agent has the positive values for solutions with concentration of 1.0 % and higher. At such values spreading of aqueous solution over the surface of heptane become spontaneous. The results of systematic experimental studies of flame suppression process in the course of oil extinguishing, by feeding the foam into the bottom of tank, are given. Dependence of extinguishing time of the heptane on flow rate of the foam generated from aqueous salt solution is defined. It has been ascertained that addition of ammonium chloride decreases solidifying temperature of foaming agent solution and increases extinguishing time that leads to increased value of the minimum specific consumption of work solution and the optimum flow rate of foam.

**Keywords:** extinguishing efficiency; spreading coefficient; extinguishing time; flow rate; aqueous salt solution of foaming agent.

## REFERENCES

1. Lang Xu-qing, Liu Quan-zhen, Gong Hong. Study of fire fighting system to extinguish full surface fire of large scale floating roof tanks. *Procedia Engineering*, 2011, vol. 11, pp. 189–195. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.04.646.
2. Pabon M., Corpart J. M. Fluorinated surfactants: synthesis, properties, effluent treatment. *Journal of Fluorine Chemistry*, 2002, vol. 114, no. 2, pp. 149–156. DOI: 10.1016/s0022-1139(02)00038-6.
3. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Byakov A. V. The analysis of oil suppression by aqueous film forming foam through a gas-salt layer of water. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 1073-1076, pp. 2353–2357. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.1073-1076.2353.
4. Korolchenko D. A., Degaev E. N., Sharovarnikov A. F. Determination of the effectiveness of extinguishing foaming agents in the laboratory. In: *Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Conference on Material Engineering and Application (ICMEA 2015)*. Wuhan, China, DEStech Publications, Inc., 2015, pp. 17–22.
5. Nash P., Whittle J. Fighting fires in oil storage tanks using base injection of foam — Part I. *Fire Technology*, 1978, vol. 14, issue 1, pp. 15–27. DOI: 10.1007/bf01997258.
6. Bergeron V., Walstra P. Chapter 7. Foams. In: Lyklema J. (ed.). *Fundamentals of Interface and Colloid Science*. Amsterdam, Elsevier Ltd., 2005, vol. 5, pp. 7.1–7.38. DOI: 10.1016/S1874-5679(05)80011-X.
7. Korolchenko D., Tusnin A., Trushina S., Korolchenko A. Physical parameters of high expansion foam used for fire suppression in high-rise buildings. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2015, vol. 10, no. 21, pp. 42541–42548.
8. Lattimer B. Y., Trelles J. Foam spread over a liquid pool. *Fire Safety Journal*, 2007, vol. 42, issue 4, pp. 249–264. DOI: 10.1016/j.firesaf.2006.10.004.
9. Degaev E. N., Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Effect of the multiplicity of foams on the main parameters of the hydrocarbon quenching process. In: *Problemy tekhnosfernoy bezopasnosti–2015. Materialy 4-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov [Problems of Technospheric Security–2015. Proceedings of 4<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists]*. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2015, pp. 24–28 (in Russian).

10. Kennedy M. J., Conroy M. W., Dougherty J. A., Otto N., Williams B. A., Ananth R., Fleming J. W. Bubble coarsening dynamics in fluorinated and non-fluorinated firefighting foams. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2015, vol. 470, pp. 268–279. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2015.01.062.
11. Hil' E. I., Voevoda S. S., Sharovarnikov A. F., Makarova I. P. Experimental determination of minimum discharge intensity and optimum rate of foaming agent input during suppression of oil products flame. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire Safety*, 2015, no. 4, pp. 76–81 (in Russian).
12. Korolchenko D. A., Degaev E. N., Sharovarnikov A. F. Combustion of heptane in a model tank. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 2, pp. 67–70 (in Russian).
13. Khil E. I., Makarova I. P., Sharovarnikov A. F. The influence of the multiplicity of foam on the efficiency of extinguishing the flames of oil products supply foam to the base of the tank. *Upravleniye kachestvom v neftegazovom komplekse / Quality Management in Oil and Gas Industry*, 2016, no. 1, pp. 48–50 (in Russian).
14. Abduragimov I. M., Govorov V. Yu., Makarov V. E. *Fiziko-khimicheskiye osnovy razvitiya i tusheniya pozharov* [Physico-chemical basis of development and extinguishing of fires]. Moscow, High Engineering Fire Technical School of Ministry of the Interior of USSR, 1980. 255 p. (in Russian).
15. Lyapin A., Korolchenko A., Meshalkin E. Analysis of causes of combustible mixture explosions inside production floor areas. *MATEC Web of Conferences*, 2016, vol. 86, art. no. 04030. DOI: 10.1051/mateconf/20168604030.
16. Nurimoto N. Fire extinguishing installations for oil storages injecting foam under the layer of oil product. *Kasay*, 1977, vol. 27, no. 3, pp. 11–19.
17. Cherepanov D. A., Ermakov A. S., Gozalova M. R., Korolchenko A. Ya. Formation of normative-methodical maintenance of quality and safety of campsites. *MATEC Web of Conferences*, 2016, vol. 86, art. no. 04037. DOI:10.1051/mateconf/20168604037.
18. Pokrovskaya E. N., Portnov F. A., Kobelev A. A., Korolchenko D. A. The smoke generation property and combustion products toxicity of wood which was modified by organoelemental compounds. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 10, pp. 40–45 (in Russian).
19. Sharovarnikov S. A., Korolchenko D. A., Lyapin A. V. Extinguishing of the multicomponent composite fuels by aqueous film forming foam by sublayer way. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 6, pp. 76–80 (in Russian).
20. Kovalchuk N. M., Trybala A., Starov V., Matar O., Ivanova N. Fluoro- vs hydrocarbon surfactants: Why do they differ in wetting performance? *Advances in Colloid and Interface Science*, 2014, vol. 210, pp. 65–71. DOI: 10.1016/j.cis.2014.04.003.

**For citation:** Vlasov N. A., Eremina T. Yu. Fire extinguishing efficiency of the foam generated from concentrated aqueous salt solutions. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 12, pp. 52–58 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.12.52-58.