

А. И. МЕЛЬНИКОВ, 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)

УДК 614.84.664

ВЛИЯНИЕ МЕЖФАЗНОГО НАТЯЖЕНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОДАЧИ И УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ФТОРИРОВАННОГО ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ С ДОБАВКАМИ ХЛОРИДА АММОНИЯ

В результате экспериментальных исследований процесса тушения пламени горючих жидкостей определена качественно особая зависимость между поверхностным и межфазным натяжением и оптимальной интенсивностью подачи пены из водного раствора фторированного пенообразователя с добавками хлорида аммония. Выявлены зависимости удельного расхода пенообразователя и интенсивности подачи пены от коэффициента растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана и гептана по водно-солевому раствору пенообразователя с содержанием хлорида аммония. Определено влияние коэффициента растекания водно-солевого раствора на время тушения гептана. Представлена зависимость времени тушения пламени гептана от интенсивности подачи пены, полученной из водно-солевого раствора пенообразователя. Определена зависимость оптимальной интенсивности и минимального удельного расхода пенообразователя от величины коэффициента растекания водно-солевого раствора по поверхности гептана. Установлено влияние изменения концентрации электролита — хлорида аммония на поверхностное и межфазное натяжение и огнетушащую эффективность пены. 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, полученной из этого раствора.

Ключевые слова: огнетушащая эффективность; фторированный пенообразователь; коэффициент растекания; оптимальная интенсивность подачи; минимальный удельный расход.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.93-98

Введение

Водные растворы пенообразователя кристаллизуются при низкой температуре. Для эффективного понижения температуры замерзания водных растворов пенообразователя применяют противоморозные добавки. Одной из таких присадок является хлорид аммония, представляющий собой бесцветное кристаллическое вещество, растворимое в воде и обладающее небольшой гигроскопичностью [1].

Хлорид аммония обладает способностью понижать точку замерзания водного раствора пенообразователя. При этом температура замерзания раствора зависит от концентрации хлорида аммония. Увеличение его концентрации в водных растворах приводит к понижению температуры замерзания, что в свою очередь происходит в результате увеличения подвижности атомов водорода в молекулах воды. Благодаря этому раствор труднее перевести в твердое состояние.

Информация о применении хлорида аммония в качестве противоморозной добавки для водных

растворов пенообразователей, а также ее влияние на тушение горючих и легковоспламеняющихся жидкостей в литературе отсутствует. В связи с этим необходимо провести ряд экспериментов для исследования влияния добавок хлорида аммония на поверхностное и межфазное натяжение водного раствора, а также для получения оптимальной интенсивности подачи пены из водного раствора фторированного пенообразователя с добавками хлорида аммония для тушения пламени.

Хлорид аммония является сильным электролитом, т. е. электролитом, степень диссоциации которого в растворе равна единице (т. е. диссоциирует полностью) независимо от концентрации раствора.

При проведении экспериментальных исследований процесса тушения горючих жидкостей для определения зависимости времени тушения от оптимальной интенсивности подачи раствора пены огромное внимание стоит уделить влиянию на время тушения межфазного натяжения и коэффициента растекания [2–6].

Известно, что электролиты снижают межфазное натяжение водных растворов поверхностно-активных веществ, но при этом резко увеличивают поверхностное натяжение водного раствора на границе с воздухом [7–10]. Для данного исследования пенообразователь должен содержать фторированные стабилизаторы, которые обеспечивают поверхностное натяжение менее 20 мН/м. В качестве такой основы использовали смесь первичных алкилсульфатов с длиной углеродной цепи 8–12 атомов [11–15]. Состав содержал 0,05 % масс. перфторированного сульфобетайна с радикалом, содержащим 6–8 перфторированных атомов углерода. Конкретную формулу вещества производители пенообразователя держат в секрете, но общий вид молекулы описан в работах [16–18]. Производство этого компонента ограничено в связи с его отрицательным влиянием на окружающую среду [19, 20].

Целью настоящей работы является определение влияния межфазного натяжения на оптимальную интенсивность подачи и минимальный удельный расход водного раствора фторированного пенообразователя, содержащего добавки хлорида аммония. Для этого необходимо выявить зависимости поверхностного и межфазного натяжения на границе с гептаном от концентрации пенообразователя в водно-солевом растворе с содержанием хлорида аммония и времени тушения пламени гептана от интенсивности подачи пены, полученной из водно-солевого раствора пенообразователя с различной концентрацией хлорида аммония.

Методы исследования

В качестве пенообразователя использовали пленкообразующий пенообразователь “Шторм-М”, в качестве электролита — хлористый аммоний. Перед огневыми испытаниями была установлена зависимость поверхностного и межфазного натяжения 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.

Время тушения при подаче пены в слой горючей жидкости определяли следующим образом. Приготавливали рабочий раствор пенообразователя. Затем в горелку заливали горючее и зажигали его. Время свободного горения горючей жидкости составляло (60 ± 5) с. Полученный раствор пенообразователя заливали в миксер, где в течение 30 с происходило образование пены. После этого пену переливали в разъемный герметичный контейнер и взвешивали на весах. 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 принимали среднеарифметическое трех значений времени тушения.

Результаты и их обсуждение

Зависимость поверхностного и межфазного натяжения на границе с гептаном от концентрации пенообразователя в водно-солевом растворе, содержащем хлорид аммония, представлена на рис. 1.

Результаты измерений показали, что величина поверхностного и межфазного натяжения резко снижается с повышением концентрации хлорида аммония в растворе пенообразователя — с 40,0 до 15,0 мН/м и с 12,0 до 0,1 мН/м соответственно.

Результаты экспериментов показали также, что растворы пенообразователя с концентрацией 2,0 % масс. и выше приобретают положительный коэффициент растекания. Для дальнейших исследований возьмем 2 %-ный раствор пенообразователя с добавками хлорида аммония.

Результаты тушения пламени гептана подачей в основание резервуара пены, полученной из водно-

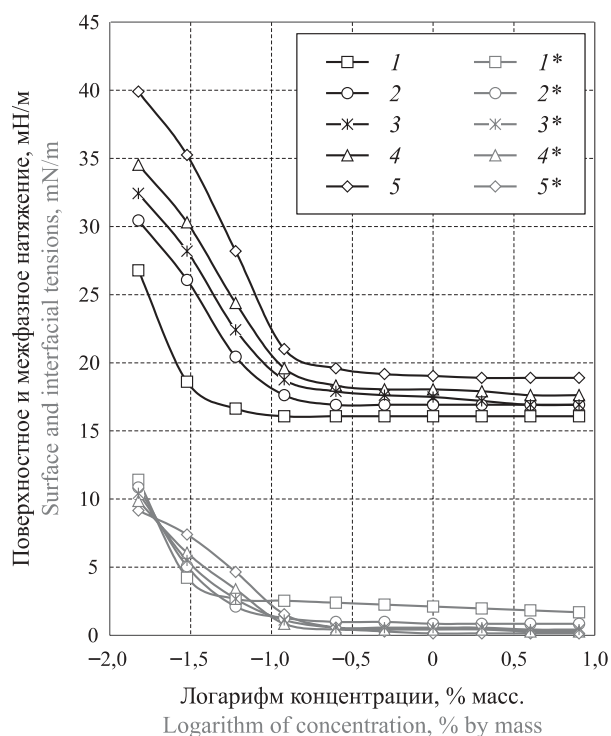


Рис. 1. Зависимость поверхностного (1–5) и межфазного (1*–5*) натяжения на границе с гептаном от концентрации пенообразователя в водно-солевом растворе при содержании хлорида аммония, % масс.: 1, 1* — 0; 2, 2* — 2,0; 3, 3* — 5,0; 4, 4* — 10,0; 5, 5* — 20,0

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, % by mass: 1, 1* — 0; 2, 2* — 2.0; 3, 3* — 5.0; 4, 4* — 10.0; 5, 5* — 20.0

солевого раствора пенообразователя с такими же концентрациями хлорида аммония, представлены на рис. 2.

Экспериментами установлено, что по мере увеличения концентрации электролита — хлорида аммония поверхностное и межфазное натяжение снижается, огнетушащая эффективность пены также уменьшается, что выражается в повышении удельного расхода пенообразующего раствора с 1,9 до 5,0 кг/м² и

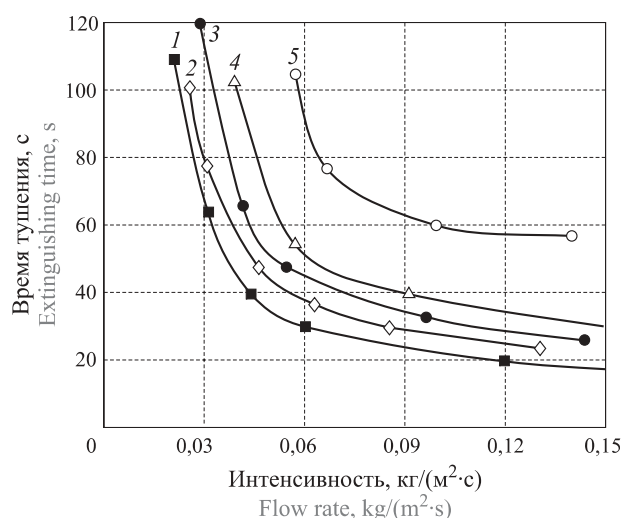


Рис. 2. Зависимость времени тушения пламени гептана от интенсивности подачи пены, полученной из 2 %-ного водно-солевого раствора пенообразователя с концентрацией хлорида аммония, % масс.: 1 — 0; 2 — 2,0; 3 — 5,0; 4 — 10,0; 5 — 20,0

Fig. 2. The dependence of time of extinguishing flame of heptane from the flow rate of foam obtained from 2 % aqueous-salt solution of foaming agent with a concentration of ammonium chloride, % by mass: 1 — 0; 2 — 2.0; 3 — 5.0; 4 — 10.0; 5 — 20.0

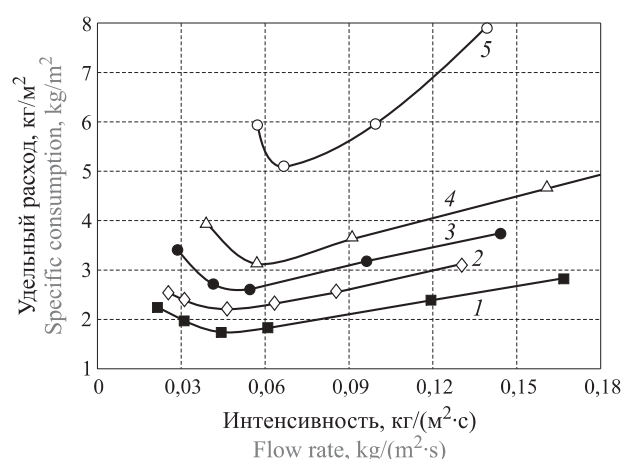


Рис. 3. Зависимость удельного расхода пенообразователя от интенсивности подачи пены, полученной из его водно-солевого раствора с концентрацией хлорида аммония, % масс.: 1 — 0; 2 — 2,0; 3 — 5,0; 4 — 10,0; 5 — 20,0

Fig. 3. Dependence of specific consumption from flow rate of foam supply obtained from the aqueous-salt solution of foaming agent with the concentration of ammonium chloride, % by mass: 1 — 0; 2 — 2.0; 3 — 5.0; 4 — 10.0; 5 — 20.0

оптимальной интенсивности подачи полученной из него пены с 0,045 до 7,0 кг/(м²·с) (рис. 3 и 4).

Как видно из рис. 4, кривые имеют явно выраженный минимум, который смещается с изменением межфазного натяжения. По мере снижения его величины возрастает минимальный расход пенообразователя и повышается оптимальная интенсивность подачи пены. Синхронно уменьшается и время тушения.

На рис. 5 представлена зависимость удельного расхода раствора пенообразователя и оптимальной интенсивности подачи пены от коэффициента растекания горючего по водному раствору. Величина коэффициента растекания горючего по раствору возрастает. Межфазное натяжение снижается резко — с 2,0 до 0,1 мН/м.

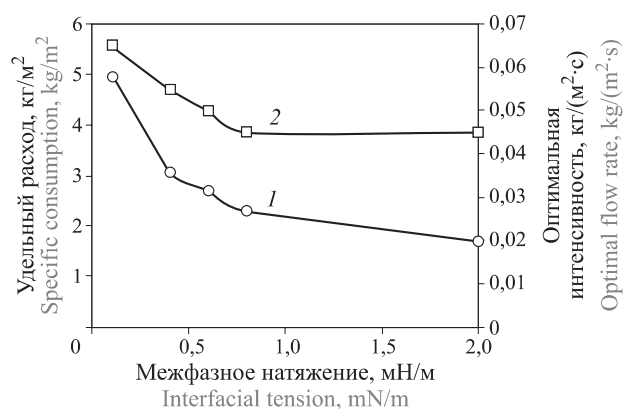


Рис. 4. Влияние межфазного натяжения на минимальный удельный расход (1) водного раствора пенообразователя, содержащего добавки хлорида аммония, и оптимальную интенсивность подачи (2) полученной из него пены

Fig. 4. The effect of interfacial tension on the minimum specific consumption (1) of an aqueous solution of a foaming agent containing ammonium chloride additives and the optimum intensity of the supply (2) of the foam obtained from it

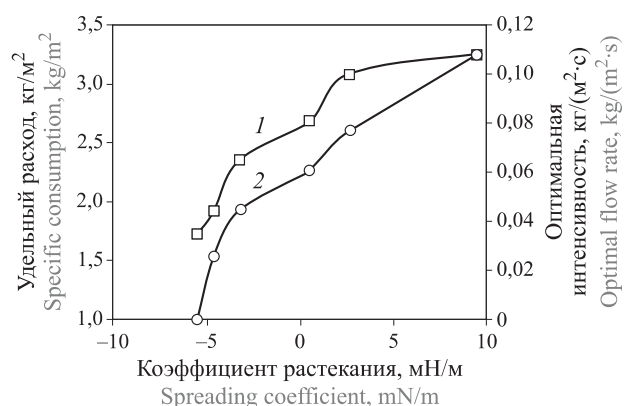


Рис. 5. Зависимость оптимальной интенсивности подачи пены (1) и минимального удельного расхода пенообразователя (2) от величины коэффициента растекания

Fig. 5. Dependence of the optimum flow rate (1) and the minimum specific consumption of the foam-generator (2) from the spreading coefficient

Как и ожидалось, 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 полученной из него пены.

Выводы

Результаты экспериментов показывают, что время перед повторным воспламенением гептана из-под слоя пены тесно связано с соотношением коэффи-

циентов растекания раствора по гептану и гептана по раствору. При применении противоморозной добавки хлорида аммония для уменьшения температуры кристаллизации пенообразователя снижается устойчивость пены, что приводит к снижению ее огнетушащей эффективности и увеличению времени тушения гептана. На основе проведенных исследований было установлено, что при увеличении концентрации электролита — хлорида аммония повышается оптимальная интенсивность подачи пены из пенообразующего раствора, при этом наблюдается увеличение его удельного расхода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федунев Р. Г., Рахимова О. С. Влияние межмолекулярных взаимодействий в водных растворах солей на их способность к замерзанию // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 1: Математика. Физика. — 2010. — Вып. 13. — С. 89–93.
2. Шароварников А. Ф., Мельников А. И. Экспериментальные исследования огнетушащей способности водных пленкообразующих растворов фторированных поверхностно-активных веществ // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2015. — Т. 24, № 9. — С. 74–81. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.74-81.
3. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Heat balance of extinguishing process of flammable liquid by sprayed water // Advanced Materials Research. — 2014. — Vol. 1070-1072. — P. 1794–1798. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.1070-1072.1794.
4. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Основные параметры процесса тушения пламени нефтепродуктов пенной низкой кратности // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2014. — Т. 23, № 7. — С. 65–73.
5. Шароварников А. Ф., Молчанов В. П., Воевода С. С., Шароварников С. А. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — М.: Изд. дом “Калан”, 2002. — 448 с.
6. Шрайбер Г., Порст П. Огнетушащие средства. Химико-физические процессы при горении и тушении. — М.: Стройиздат, 1975. — 240 с.
7. Korzeniewski S., Cortina T. Firefighting foams — Reebok redux // Industrial Fire Journal. — April 2008. — P. 18–20.
8. Cortina T. The safety & benefits of AFFF agents. Special analysis: Foam // Industrial Fire Journal. — June 2007. — P. 70–75.
9. 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.
10. 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.
11. Korolchenko D. A., Degaev E. N., Sharovarnikov A. F. Determination of the effectiveness of extinguishing foaming agents in the laboratory // 2nd International Conference on Material Engineering and Application (ICMEA 2015). — Wuhan, China: DEStech Publications, Inc., 2015. — P. 17–22.
12. Shaluf I. M., Abdullah S. A. Floating roof storage tank boilover // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2011. — Vol. 24, Issue 1. — P. 1–7. DOI: 10.1016/j.jlp.2010.06.007.
13. Huang Yinsheng, Wencheng Zhang, Dai Xiaojing, Zhao Yu. Study on water-based fire extinguishing agent formulations and properties // Procedia Engineering. — 2012. — Vol. 45. — P. 649–654. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.217.
14. 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. — P. 42541–42548.
15. Schaefer T. H., Dlugogorski B. Z., Kennedy E. M. Sealability properties of fluorine-free fire-fighting foams (FfreeF) // Fire Technology. — 2007. — Vol. 44, Issue 3. — P. 297–309. DOI: 10.1007/s10694-007-0030-8.
16. Дегеев Е. Н., Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Влияние кратности пен на основные параметры процесса тушения углеводородов // Проблемы техносферной безопасности—2015: матер. 4-й Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. — С. 24–28.

17. 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.
18. 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.
19. Zhang Qinglin, Wang Lu, Bi Yixing, Xu Dajun, Zhi Huiqiang, Qiu Peifang. Experimental investigation of foam spread and extinguishment of the large-scale methanol pool fire // *Journal of Hazardous Materials*. — 2015. — Vol. 287. — P. 87–92. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2015.01.017.
20. Шароварников С. А., Корольченко Д. А., Ляпин А. В. Тушение многокомпонентных смесевых топлив фторсинтетическими пенообразователями подслоным способом // *Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety*. — 2014. — Т. 23, № 6. — С. 76–80.

Материал поступил в редакцию 12 февраля 2018 г.

Для цитирования: Мельников А. И. Влияние межфазного натяжения на интенсивность подачи и удельный расход фторированного пенообразователя с добавками хлорида аммония // *Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety*. — 2018. — Т. 27, № 2-3. — С. 93–98. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.93-98.

English

INFLUENCE OF INTERFACIAL TENSION ON FLOW RATE AND SPECIFIC CONSUMPTION OF FLUORINATED FOAMING AGENT, CONTAINING ADDED AMMONIUM CHLORIDE

MELNIKOV A. I. Postgraduate Student of Department of Integrated Safety in Civil Engineering, National Research Moscow State University of Civil Engineering (Yaroslavskoe Shosse, 26, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: ICA_kbs@mgsu.ru)

ABSTRACT

In the work, the influence of surface and interfacial tension on the optimum flow rate of an aqueous solution of a fluorinated — foaming agent with the addition of ammonium chloride was determined. Also, the dependence of the time of extinguishing the flame of heptane from the flow rate of foam, obtained from aqueous-salt solution of foaming agent was discovered. Therefore, the dependence of the optimal flow rate and minimum specific foaming agent solution from the value of the coefficient of the spreading of water-salt solution on the surface of heptane's was defined. It was established that with increasing concentration of the electrolyte (ammonium chloride), surface and interfacial tension is reducing, the fire extinguishing efficiency of the foam is also declining, resulting in increasing of the optimal flow rate of foaming solution and also in increasing of the specific consumption. It is shown that as the interfacial tension decreases, the minimum consumption of the foaming agent and the optimum flow rate of the foam supply increases, and the quench time decreases synchronously. It is determined that with changing of the size of interfacial tension, the curves have a pronounced minimum, which is shifted. It is revealed that the decrease in the ability of the fuel to spread over a solution of foam films leads to an increase in the fire-extinguishing efficiency, which is manifested in a reduction in the minimum specific consumption and the optimum flow rate of supply of the foaming solution.

Keywords: fire extinguishing efficiency; fluorinated foaming agent; spreading coefficient; optimum flow rate; minimum specific consumption.

REFERENCES

1. Fedunov R. G., Rakhimova O. S. The influence of intermolecular interactions in water-salt solutions on their freez ability. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1: Matematika. Fizika / The Science Journal of Volgograd State University. Mathematics. Physics*, 2010, issue 13, pp. 89–93 (in Russian).

2. Sharovarnikov A. F., Melnikov A. I. Experimental studies of fire extinguishing capacity of the water film forming solutions containing fluorinated surfactants. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 74–81 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2015.24.09.74-81.
3. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Heat balance of extinguishing process of flammable liquid by sprayed water. *Advanced Materials Research*, 2014, vol. 1070-1072, pp. 1794–1798. DOI: 10.4028/www.scientific.net/amr.1070-1072.1794.
4. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. Main parameters of extinguishing of the oil flame by low expansion foam. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 7, pp. 65–73.
5. Sharovarnikov A. F., Molchanov V. P., Voevoda S. S., Sharovarnikov S. A. *Tusheniye pozharov nefi i nefteproduktov* [Fire extinguishing of oil and oil products]. Moscow, Kalan Publ., 2002. 448 p. (in Russian).
6. Schreiber G., Porst P. *Ognetushashchiye sredstva. Khimiko-fizicheskiye protsessy pri gorenii i tushenii* [Fire extinguishing agents. Chemical-physical processes during combustion and extinguishing]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1975. 240 p. (in Russian).
7. Korzeniowski S., Cortina T. Firefighting foams — Reebok redux. *Industrial Fire Journal*, April 2008, pp. 18–20.
8. Cortina T. The safety & benefits of AFFF agents. Special analysis: Foam. *Industrial Fire Journal*, June 2007, pp. 70–75.
9. 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.
10. 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.
11. Korolchenko D. A., Degaev E. N., Sharovarnikov A. F. Determination of the effectiveness of extinguishing foaming agents in the laboratory. In: *2nd International Conference on Material Engineering and Application* (ICMEA 2015). Wuhan, China, DEStech Publications, Inc., 2015, pp. 17–22.
12. Shaluf I. M., Abdullah S. A. Floating roof storage tank boilover. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 2011, vol. 24, issue 1, pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.jlp.2010.06.007.
13. Huang Yinsheng, Wencheng Zhang, Dai Xiaojing, Zhao Yu. Study on water-based fire extinguishing agent formulations and properties. *Procedia Engineering*, 2012, vol. 45, pp. 649–654. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.08.217.
14. 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.
15. Schaefer T. H., Dlugogorski B. Z., Kennedy E. M. Sealability properties of fluorine-free fire-fighting foams (FfreeF). *Fire Technology*, 2007, vol. 44, issue 3, pp. 297–309. DOI: 10.1007/s10694-007-0030-8.
16. 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 4th 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).
17. 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.col-surfa.2015.01.062.
18. 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).
19. Zhang Qinglin, Wang Lu, Bi Yixing, Xu Dajun, Zhi Huiqiang, Qiu Peifang. Experimental investigation of foam spread and extinguishment of the large-scale methanol pool fire. *Journal of Hazardous Materials*, 2015, vol. 287, pp. 87–92. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2015.01.017.
20. 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).

For citation: Melnikov A. I. Influence of interfacial tension on flow rate and specific consumption of fluorinated foaming agent, containing added ammonium chloride. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 2-3, pp. 93–98 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.93-98.