

Е. В. ГАЙНУЛЛИНА, канд. техн. наук, доцент, доцент, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: helen_vaytner@mail.ru)

А. А. КРЕКТУНОВ, преподаватель кафедры организации надзорной деятельности, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: alexkrek@mail.ru)

И. М. ФОМИНЫХ, канд. техн. наук, доцент, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; e-mail: fominyh.irina@mail.ru)

Т. В. ЯКУБОВА, канд. хим. наук, старший преподаватель, Уральский институт ГПС МЧС России (Россия, 620062, г. Екатеринбург, ул. Мира, 22)

УДК 614.842.615

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ КРАТНОСТИ ОГНЕТУШАЩИХ ПЕН НА ОСНОВЕ СТАНДАРТНЫХ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Исследована возможность повышения кратности и устойчивости пен на основе крупнотоннажных недефицитных поверхностно-активных веществ (ПАВ) путем использования модифицирующих добавок. Выполнена оценка пенообразующих свойств растворов с модифицирующими добавками по кратности и устойчивости пены согласно ГОСТ Р 50588–2012. Для выбора оптимального количества добавок определена зависимость кратности пены от концентрации модифицирующей добавки. Установлены наиболее перспективные составы для приготовления пенообразователей на основе промышленных ПАВ и модифицирующих добавок, а именно пенообразователи на основе додецилсульфата натрия с добавкой изопропилового спирта (5 % об.) и этиленгликоля (15 % об.), а также пенообразователь ПО-6ТС с добавкой изопропилового спирта (5 % об.). Показана возможность использования добавок изопропилового спирта и этиленгликоля для продления срока службы пенообразователей и улучшения пенообразующих свойств стандартных растворов ПАВ.

Ключевые слова: воздушно-механические пены; поверхностно-активные вещества; пенообразователи; критическая концентрация мицеллообразования; кратность; устойчивость.

DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.75-80

Пена является одним из наиболее эффективных и распространенных огнетушащих веществ. Получение пены с заданным комплексом свойств — чрезвычайно важная прикладная проблема. Для оценки ее свойств, а значит, и пригодности для тех или иных целей, существует множество общих и специальных характеристик. Основные показатели пены — кратность, дисперсность и устойчивость во времени. Во многих случаях важны структурно-механические свойства, а также электропроводность и теплопроводность пены [1–4]. Кроме того, при борьбе с пожарами пены используют не только для тушения, но и для создания на пути движения пожара противопожарных заградительных полос и опорных линий, позволяющих предотвратить его дальнейшее распространение и тем самым защитить от огня, например, лесные массивы и населенные пункты. При этом наиболее важными представляются такие свойства пен, как стабильность и огнестойкость, т. е. способность сохраняться длительное время без значительного разрушения. Эти качества определя-

ются составом пенообразователя, используемого для приготовления пены. Для создания противопожарных пен применяют комбинацию ПАВ, обладающих как пенообразующим, так и стабилизирующим действием. При этом выбор веществ до настоящего времени осуществляется опытным путем.

Стандартные пенообразователи, используемые для получения огнетушащих пен, представляют собой концентрированные (25–30 % масс. в пересчете на активное вещество) водные растворы поверхностно-активных веществ (ПАВ) с различными добавками, улучшающими свойства пены. Вид и качество пенообразователей, обеспечивающих необходимый технический уровень подразделений пожарной охраны при борьбе с пожарами, определяются государственными и международными документами [5–9]. Одним из важных свойств пенообразователей согласно данным стандартам является способность быстро разлагаться без вреда для окружающей среды [8, 10–12]. Основная задача современных исследований и производств — замена биологиче-

ски “жестких” пенообразователей на биологически “мягкие”, не загрязняющие окружающую среду. Стабильность при длительном хранении также является важным показателем качества пенообразователя. Согласно стандартам она должна быть не менее 5 лет, после чего пенообразователи теряют часть своих свойств, и кратность получаемых из них пен резко падает. Однако по данным ВНИИПО пришедшие в негодность пенообразователи или их растворы могут быть использованы повторно после восстановления их первоначальных свойств (регенерации) введением свежего пенообразователя или специальных добавок [1–4, 10]. В связи с этим проблема возможности улучшения свойств имеющихся пенообразователей, а также разработка альтернативных пенообразующих составов на основе биологически “мягких” ПАВ, позволяющих получить пену с более высокой кратностью и хорошей устойчивостью, а значит, с более высокой огнетушащей эффективностью, представляется весьма актуальной.

В качестве основы для пенообразующих растворов при проведении исследований были взяты стандартные биологически мягкие ПАВ различных классов, выпускаемые отечественной промышленностью [4–10]: анионоактивное — додецилсульфат натрия и катионоактивное — 1-гексадецилпиридинхлорид, а также пенообразователь ПО-6ТС. В качестве модифицирующих добавок на основании анализа имеющихся литературных данных и свойств веществ были выбраны следующие вещества: глицерин, этиленгликоль, этилацетат, бутилацетат, пропиловый спирт, изопропиловый спирт, бутиловый спирт, изобутиловый спирт, изоамиловый спирт, а также неорганические кислоты — соляная, серная и азотная. Все они массово производятся отечественной химической промышленностью и поэтому легкодоступны и имеют относительно невысокую стоимость. Пенообразующие составы на основе неорганических кислот хотя и обладают несколько более высокой коррозионной активностью, но широко используются в качестве специальных пенообразователей для тушения полярных горючих жидкостей, а также для тушения, изоляции и дегазации проливов токсичных веществ [2–4, 11–14].

Пенообразующие свойства растворов с модифицирующими добавками оценивались по кратности и устойчивости пены согласно ГОСТ Р 50588–2012 “Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний”. Лабораторные данные проверялись на стендовой установке “Термостенд–Пена” с применением пеногенератора [7, 9]. Рабочие растворы ПАВ были взяты в концентрациях, равных критической концентрации мицеллообразования (ККМ), которая предварительно была определена кондуктометрическим методом и для додецилсульфата натрия составила

0,01 моль/л (или 3 % масс.), а для 1-гексадецилпиридинхлорида — 0,05 моль/л (или 18 % масс.). Рекомендуемая в нормативно-технической литературе концентрация рабочих растворов пенообразователей чаще всего составляет 6 % масс. Проведенные исследования показали, что для пенообразователей на основе додецилсульфата натрия такая концентрация является чрезмерной для получения максимально возможного в данных условиях объема устойчивых пен, а в случае применения 1-гексадецилпиридинхлорида — недостаточной. В области концентраций, близких к ККМ, происходит завершение формирования адсорбционного слоя на межфазной границе *раствор – воздух*, и полученная из такого раствора пена будет обладать максимальной механической прочностью. При дальнейшем повышении концентрации ПАВ в растворе их пенообразующая способность будет снижаться, а вязкость среды — возрастать вплоть до потери текучести, поэтому необходимо определять ККМ для каждого конкретного пенообразователя.

На этапе первичной оценки из общего количества добавок для каждого ПАВ были выбраны вещества, наиболее эффективно повышающие кратность пены. Для выбора оптимального количества добавок была определена зависимость кратности пены от концентрации модифицирующей добавки.

При использовании в качестве пенообразователя додецилсульфата натрия наибольшее увеличение кратности пены наблюдается при добавлении в раствор глицерина, этиленгликоля, пропилового и изопропилового спиртов, этилацетата, а также соляной и азотной кислот (табл. 1). Остальные добавки повышают кратность пены незначительно по сравнению с контрольным вариантом, а добавление изоамилового спирта ведет даже к ее резкому снижению с 16,5 до 3,5. Пена, образованная из раствора с добавлением глицерина, неустойчива и разрушается в течение первых 2 мин. Следует также отметить, что пена, полученная из растворов с добавлением бутилацетата, изоамилового и бутилового спиртов, крайне быстро разрушается (в течение 1–3 мин), т. е. тоже является неустойчивой. Наиболее устойчивой оказалась пена, приготовленная с добавлением этилацетата и пропилового спирта. Добавление в пенообразующий раствор неорганических кислот также позволяет получить устойчивую пену.

Исследования влияния концентрации модифицирующих добавок на пенообразующую способность растворов ПАВ показали, что добавками, наиболее эффективно повышающими кратность и устойчивость пены на основе додецилсульфата натрия, являются пропиловый (5 % об.) и изопропиловый (1 % об.) спирты, этиленгликоль (15 % об.) и соляная кислота. Наиболее устойчивой является пена, полученная при добавлении этиленгликоля: в стеклянных цилиндрах

Таблица 1. Результаты определения кратности пенообразующих растворов с различными модифицирующими добавками

Добавка	Кратность пены $K_{п}$ из пенообразователя на основе		
	додецил-сульфата натрия	1-гексадецилпиридинхлорида	ПО-6
Контрольный вариант	16,5	11	16
Глицерин	27	12,3	27
Этиленгликоль	35	12,7	27
Этилацетат	25	13,3	25
Бутилацетат	22	1,9	6,3
Пропиловый спирт	33	14,7	26
Изопропиловый спирт	33	15,3	42
Бутиловый спирт	20	12,7	34
Изобутиловый спирт	19	9,3	21
Изоамиловый спирт	3,5	0,7	0
Соляная кислота	25	8,7	22
Серная кислота	18	8,7	19
Азотная кислота	28	2,7	19

она не разрушается более 30 мин. При добавлении азотной кислоты, этилацетата в любой концентрации и пропилового спирта в концентрации более 5 % об. пена разрушается в течение 5–7 мин, т. е. является неустойчивой и непригодной для нужд пожаротушения.

При использовании в качестве пенообразователя 1-гексадецилпиридинхлорида наибольшее увеличение кратности пены наблюдается при добавлении в раствор изопропилового и пропилового спиртов и этилацетата (см. табл. 1). Добавки бутилового спирта, глицерина и этиленгликоля мало меняют кратность пены по сравнению с контрольным вариантом. Добавление неорганических кислот, изоамилового и изобутилового спиртов значительно снижает кратность пены по сравнению с исходным раствором (с 12 до 9–2). В случае применения изоамилового спирта пена практически не образуется. Пена, образованная из раствора с добавлением бутилацетата и изоамилового спирта, является крайне неустойчивой, разрушаясь в течение первых 2 мин. Малоустойчивой также является пена, полученная из растворов с добавлением изопропилового и бутилового спиртов: она разрушается в течение первых 5 мин после получения. Добавление в пенообразующий раствор неорганических кислот, особенно азотной, также не позволяет получить устойчивую пену. Наиболее устойчива пена, приготовленная с добавлением этиленгликоля и глицерина, однако данные добавки мало меняют кратность пены. Довольно высокую устойчивость (более 10 мин) пока-

зали пены, приготовленные с добавлением этилацетата и пропилового спирта.

Сравнительный анализ кратности и устойчивости полученных пен показал, что наиболее устойчивой является пена, полученная с добавлением этиленгликоля: в стеклянных цилиндрах она не разрушается более 20 мин. Как показали исследования, такая пена при добавлении 5 % об. этиленгликоля обладает и самой высокой кратностью. Добавление глицерина в различных концентрациях позволяет получить устойчивую пену, но увеличивать ее кратность глицерин способен только в больших концентрациях (20 % об.), что приводит к значительному увеличению вязкости растворов пенообразователей и делает их непригодными для нужд пожаротушения [1, 2, 10–15]. При добавлении пропилового спирта и этилацетата получают пену с одинаковой максимальной кратностью (20) и практически одинаковой устойчивостью, однако концентрация добавки пропилового спирта ниже, чем этилацетата (1 и 5 % об. соответственно), поэтому для дальнейших испытаний был выбран пропиловый спирт.

При использовании в качестве рабочего раствора пенообразователя ПО-6ТС наибольшее увеличение кратности пены наблюдается при добавлении в раствор изопропилового и бутилового спиртов (42 и 34 соответственно). Добавка и глицерина, и этиленгликоля повышает кратность пены в меньшей степени (до 27), но полученная при этом пена характеризуется очень высокой устойчивостью (см. табл. 1).

При добавлении неорганических кислот кратность повышается в наибольшей степени в присутствии соляной кислоты ($K_{п} = 22$), однако по сравнению с контрольным вариантом ($K_{п} = 16$) кратность пены увеличивается не столь значительно, как при внесении органических добавок. Добавление бутилацетата снижает кратность пены. Полученная пена является крайне неустойчивой, разрушаясь в течение первых 2 мин. В случае применения изоамилового спирта пена вообще не образуется.

Сравнительный анализ кратности и устойчивости пен на основе ПО-6ТС показал, что самой высокой кратностью характеризуются пены, полученные из растворов с добавлением изопропилового и бутилового спиртов в 5 %-ной концентрации (110 и 105 соответственно). При добавлении изопропилового спирта в более высоких концентрациях кратность пены, а также ее устойчивость во времени резко падают, а при увеличении содержания бутилового спирта в растворе последний вообще теряет свою пенообразующую способность.

Самой устойчивой является пена, полученная с добавлением этиленгликоля в любой концентрации: наибольшая кратность такой пены (40) наблюдается при использовании раствора с 5 %-ной добавкой вещества. Добавление глицерина в различных кон-

Таблица 2. Результаты испытания пенообразующих составов на установке “Термостенд–Пена”

Добавка	Высота слоя пены, см	Масса пены, кг	Кратность пены	Устойчивость пены, мин
<i>Додецилсульфат натрия</i>				
Пропиловый спирт (5 % об.)	48	0,700	71	12
Изопропиловый спирт (5 % об.)	65	0,670	101	15
Этиленгликоль (15 % об.)	52	0,590	92	13
<i>1-гексадецилпиридинхлорид</i>				
Пропиловый спирт (1 % об.)	31	0,134	24	5
Этиленгликоль (5 % об.)	40	0,121	32	7
<i>Пенообразователь ПО-6ТС</i>				
Бутиловый спирт (5 % об.)	32	0,925	35	9
Изопропиловый спирт (5 % об.)	65	0,820	81	15
Этиленгликоль (5 % об.)	56	1,015	57	8

центрациях также позволяет получить устойчивую пену, но увеличивать ее кратность глицерин способен только в больших концентрациях (20 % об.), что затрудняет его применение в пенообразующих композициях. Проанализировав полученные результаты, для дальнейших испытаний растворов на основе ПО-6ТС использовали изопропиловый и бутиловый спирты, а также этиленгликоль в концентрации 5 % об.

Испытаниями на стендовой установке определена зависимость кратности пены от концентрации модифицирующей добавки. Наиболее высокие показатели получены для пенообразующих композиций на основе додецилсульфата натрия с добавкой изопропилового спирта (5 % об.) и этиленгликоля (15 % об.), а также для пенообразователя ПО-6ТС с добавкой изопропилового спирта (5 % об.) (табл. 2).

Из данных растворов в лабораторных условиях получены пены наиболее высокой кратности (≈ 100) и максимальной устойчивости (12–15 мин), кото-

рые не только не уступают стандартным пенообразователям, но и превосходят некоторые из них [5–9]. Однако использование этиленгликоля в такой большой концентрации может привести к увеличению вязкости раствора, особенно при низких температурах, поэтому применение его может быть весьма ограничено. Добавление пропилового спирта к додецилсульфату натрия также позволяет значительно повысить кратность пены. Использование 1-гексадецилпиридинхлорида в качестве основы для пенообразователей нецелесообразно, так как кратность пены, полученной из его растворов, значительно ниже, чем при использовании додецилсульфата натрия и ПО-6ТС (24–32 и 57–100 соответственно), а полученные из этих растворов пены малоустойчивы (разрушаются через 5–8 мин). Кроме того, данное вещество требует большой концентрации даже в рабочем растворе (порядка 18 %), что может затруднить приготовление концентрированных пенообразователей и является экономически невыгодным.

Выводы

Показана возможность повышения кратности и устойчивости пен на основе крупнотоннажных недефицитных ПАВ путем использования модифицирующих добавок. Исследованиями установлено, что наиболее перспективными являются пенообразователи на основе додецилсульфата натрия с добавкой изопропилового спирта (5 % об.) и этиленгликоля (15 % об.), а также пенообразователь ПО-6ТС с добавкой изопропилового спирта (5 % об.). Возможность применения в качестве основы для пенообразователя “биологически мягкого” ПАВ — додецилсульфата натрия, широко выпускаемого отечественной промышленностью, является перспективной альтернативой стандартным, трудно биохимически окисляемым пенообразователям, что соответствует общемировым тенденциям развития производства пенообразователей и смачивателей для нужд пожаротушения. Кроме того, показана возможность использования добавок изопропилового спирта и этиленгликоля для продления срока службы пенообразователей и улучшения пенообразующих свойств стандартных растворов ПАВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Залесов С. В. Обнаружение и тушение лесных пожаров : учеб. пособие. — Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. — 238 с.
2. Порядок применения пенообразователей для тушения пожаров : инструкция. — М. : ВНИИПО, 1996. — 59 с.
3. Андреев А. П., Герасимова И. Н. Пенообразующие составы для тушения, изоляции и дегазации проливов экологически опасных веществ // Пожаровзрывобезопасность. — 2005. — Т. 14, № 6. — С. 67–70.

4. Шароварников А. Ф., Салем Р. Р., Шароварников С. А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение. — М. : Изд. дом “Калан”, 2006. — 362 с.
5. ISO 7203-3:1998. Огнетушащие вещества. Пенообразователи. Требования к низкократным пенообразователям, применяемым для тушения водонерастворимых жидкостей подачей сверху. — М. : Изд-во стандартов, 1999. — 27 с.
6. EN 1568-4:2000. Огнетушащие вещества. Пенообразователи. Требования к низкократным пенообразователям, применяемым для подачи на поверхность водорастворимых горючих жидкостей. Часть 4. Технические требования к концентратам с низким вспениванием для поверхностного применения к жидкостям, смешиваемым с водой. — М. : Изд-во стандартов, 2000. — 34 с.
7. ГОСТ Р 50588-2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний. — Введ. 01.09.2012. — М. : Стандартиформ, 2012. — 29 с.
8. ГОСТ Р 50595-93. Вещества поверхностно-активные. Методы определения биоразлагаемости в водной среде. — Введ. 01.01.1995. — М. : Изд-во стандартов, 1994. — 42 с.
9. ГОСТ 4.99-83. Система показателей качества продукции. Пенообразователи для тушения пожаров. Номенклатура показателей. — Введ. 01.07.1984. — М. : Изд-во стандартов, 1984. — 11 с.
10. Ланге К. Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / Под науч. ред. Л. П. Зайченко. — СПб. : Профессия, 2007. — 240 с.
11. Demitri C., Giuri A., Raucci M. G., Giugliano D., Madaghiale M., Sannino A., Ambrosio L. Preparation and characterization of cellulose-based foams via microwave curing // Interface Focus. — 2014. — Vol. 4. — No. 1, art. ID 20130053. DOI: 10.1098/rsfs.2013.0053.
12. Лебедева Н. Ш., Малькова Е. А., Потемкина О. В., Мальй И. А. Термоокислительная деструкция пенообразователей на основе солей алкилсульфатов // Пожаровзрывобезопасность. — 2011. — Т. 20, № 4. — С. 54–60.
13. Murray B. S. Stabilization of bubbles and foams // Current Opinion in Colloid & Interface Science. — 2007. — Vol. 12, Issue 4–5. — P. 232–241. DOI: 10.1016/j.cocis.2007.07.009.
14. Test report comparing some of the FF foams with AFFF foams / John Olav Ottesen. — Sweden, Dafo Fomtec AB, 2008.
15. Шариков А. В. Современные технологии тушения пожаров // Безопасность труда в промышленности. — 2011. — № 8. — С. 51–53.

Материал поступил в редакцию 17 июля 2015 г.

Для цитирования: Гайнуллина Е. В., Кректунов А. А., Фоминых И. М., Якубова Т. В. Исследование возможности повышения кратности огнетушащих пен на основе стандартных пенообразователей путем использования различных модифицирующих добавок // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 10. — С. 75–80. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.75-80.

English

STUDYING THE POSSIBILITY OF INCREASING THE MULTIPLICITY OF FIRE EXTINGUISHING FOAMS USING STANDARD FOAMING AGENTS THROUGH THE USE OF VARIOUS MODIFYING ADDITIVES

GAYNULLINA E. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Chemistry and Processes of Burning, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: helen_vaytner@mail.ru)

KREKTUNOV A. A., Lecturer of Department of Supervisory Activities Organization, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: alexkrek@mail.ru)

FOMINYKH I. M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Chemistry and Processes of Burning, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation; e-mail address: fominyh.irina@mail.ru)

YAKUBOVA T. V., Senior Lecturer of Department of Chemistry and Processes of Burning, Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia (Mira St., 22, Yekaterinburg, 620062, Russian Federation)

ABSTRACT

The possibility of increasing of the multiplicity and stability of foams based on large non-deficient surfactants by use of modifying additives was investigated. Foaming properties of solutions with modifying additives were evaluated in terms of multiplicity and stability of the foam according

to National Standard of Russian Federation 50588–2012 “Foaming agents for fire extinguishing. General technical requirements and test methods”. To select the optimum amount of additives the dependence of the multiplicity of foam from the concentration of the modifying additive was determined. The most promising compounds for the preparation of foaming agents on the basis of industrial surfactants and modifying additives were identified. On the result of research, these are based on the surfactant sodium dodecyl sulfate with the addition of isopropyl alcohol (5 % vol.) and ethylene glycol (15 % vol.), as well as foaming agent PO-6K and isopropyl alcohol (5 % vol.). The possibility of using additives of isopropyl alcohol and ethylene glycol to prolong the life of the foam and improve the foaming properties of standard solutions of surfactants is shown.

Keywords: air-mechanical foams; surface-active substances; foaming agents; critical micelle concentration; multiplicity; stability.

REFERENCES

1. Zalesov S. V. *Obnaruzheniye i tusheniye lesnykh pozharov* [Detection and suppression of forest fires]. Yekaterinburg, Ural State Forest Engineering University Publ., 2011. 238 p.
2. *Poryadok primeneniya penoobrazovateley dlya tusheniya pozharov. Instruksiya* [The order of foaming agents application for fire fighting. Manual]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection Publ., 1996. 59 p.
3. Andreev A. P., Gerasimova I. N. Penoobrazuyushchiye sostavy dlya tusheniya, izolyatsii i degazatsii proshivov ekologicheski opasnykh veshchestv [Foam compounds for extinguishing, isolation and degassing of ecologically hazardous substances]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2005, vol. 14, no. 6, pp. 67–70.
4. Sharovarnikov A. F., Salem R. R., Sharovarnikov S. A. *Penoobrazovateli i peny dlya tusheniya pozharov. Sostav. Svoystva. Primeneniye* [Foam concentrates and fire extinguishing foams. Structure. Properties. Application]. Moscow, Kalan Publ. House, 2006. 362 p.
5. *Interstate standard ISO 7203-3:1998. Fire extinguishing media. Foam concentrates. Specification for low-expansion foam concentrates for top application to water-miscible liquids*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1999. 27 p. (in Russian).
6. *EN 1568-4:2000. Fire extinguishing media. Foam concentrates. Specification for low expansion foam concentrates for surface application to water-miscible liquids*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 2000. 34 p. (in Russian).
7. *National Standard of Russian Federation 50588–2012. Foaming agents for fire extinguishing. General technical requirements and test methods*. Moscow, Standartinform Publ., 2012. 29 p. (in Russian).
8. *State Standard of Russian Federation 50595–93. Surface active agents. Method for determination of biodegradability in aqueous medium*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1994. 42 p. (in Russian).
9. *State Standard of Union of SSR 4.99–83. System of product quality indexes. Foaming agents for fire extinguishing. Nomenclature of indexes*. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1984. 11 p. (in Russian).
10. Lange K. P. *Poverkhnostno-aktivnyye veshchestva: sintez, svoystva, analiz, primeneniye* [Surfactants: synthesis, properties, analysis, application]. Saint Petersburg, Professiya Publ., 2007. 240 p.
11. Demitri C., Giuri A., Raucci M. G., Giugliano D., Madaghiele M., Sannino A., Ambrosio L. Preparation and characterization of cellulose-based foams via microwave curing. *Interface Focus*, 2014, vol. 4, no. 1, art. ID 20130053. DOI: 10.1098/rsfs.2013.0053.
12. Lebedeva N. Sh., Mal'kova E. A., Potemkina O. V., Malyi I. A. Termookislitel'naya destruktivnaya penoobrazovateley na osnove soley alkilsulfatov [Thermooxidizing destruction of foamer based on salts of alkylsulfates]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2011, vol. 20, no. 4, pp. 54–60.
13. Murray B. S. Stabilization of bubbles and foams. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 2007, vol. 12, issue 4–5, pp. 232–241. DOI: 10.1016/j.cocis.2007.07.009.
14. John Olav Ottesen. *Test report comparing some of the FF foams with AFFF foams*. Sweden, Dafo Fomtec AB, 2008.
15. Sharikov A. V. *Sovremennyye tekhnologii tusheniya pozharov* [State of the art technologies for fire-fighting]. *Bezopasnost truda v promyshlennosti — Occupational Safety in Industry*, 2011, no. 8, pp. 51–53.

For citation: Gaynullina E. V., Krekturnov A. A., Fominykh I. M., Yakubova T. V. Issledovaniye vozmozhnosti povysheniya kratnosti ognetyushashchikh pen na osnove standartnykh penoobrazovateley putem ispolzovaniya razlichnykh modifitsiruyushchikh dobavok [Studying the possibility of increasing the multiplicity of fire extinguishing foams using standard foaming agents through the use of various modifying additives]. *Pozharovzryvobezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 10, pp. 75–80. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.10.75-80.