

А. В. Третьяков
(ООО "ЭГИДА ПТВ"; e-mail: atret@inbox.ru)

НАДО ЛИ ЧТО-ТО МЕНЯТЬ В ГОСТ Р 53280.2-2010 "ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОДСЛОЙНОГО ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ"?

РЕЗЮМЕ

Введение. Системы подслоного пожаротушения резервуаров повсеместно используются для противопожарной защиты на объектах хранения и переработки нефти и нефтепродуктов. Данный способ пожаротушения является наиболее эффективным средством тушения пожаров в резервуарных парках. При этом подслоное тушение достаточно сложный процесс, реализация которого напрямую зависит от целого ряда параметров. Наиболее важным компонентом данных систем являются фторсинтетические плёнообразующие пенообразователи типа AFFF, от эффективности которых напрямую зависит успех тушения.

Цели и задачи. Цель данной публикации заключается в предложении новых способов определения эффективности современных пенообразователей, применяемых при подслоном пожаротушении и последующем внесении изменений в существующую нормативно-техническую документацию. Для этого были выполнены следующие задачи. Проведен обзор основных нормативно-технических документов, действующих и устанавливающих требования к пенообразователям для подслоного тушения пожаров на территории РФ. Сделан подробный анализ методов и оборудования, применяемого на сегодняшний день при проведении испытаний по определению основных тактико-технических характеристик данных пенообразователей. Также в статье описан международный опыт проведения подобных исследований. Рассмотрены современные тенденции развития подслоного пожаротушения в резервуарных парках и приведены ссылки на актуальные научно-исследовательские работы в этом направлении. Выявлены неточности и противоречия в методиках проведения испытаний

Результаты и их обсуждение. Даны предложения по усовершенствованию существующего стандарта и приведение его в соответствие с современными реалиями. Также обоснованы предложения по внесению изменений в методики проведения испытаний и методологической обработке полученных результатов, а также усовершенствованию испытательного и измерительного оборудования.

Заключение. Корректировка действующих стандартов с учётом тезисов, изложенных в данной статье, позволит повысить эффективность систем подслоного пожаротушения. Внесение изменений в методы и состав применяемого оборудования приведет к снижению погрешностей и увеличению повторяемости при оценке качества пенообразователей для тушения пожаров.

Ключевые слова: подслоное тушение, кратность пены, поверхностное натяжение, межфазное натяжение, пеногенератор, оксигенаты.

Для цитирования: Третьяков А. В. Надо ли что-то менять в ГОСТ Р 53280.2-2010 "Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах"? // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 1 (87). – 2020. – С. 8-24. DOI: 10.25257/TTS.2020.1.87.8-24.

В соответствии с положениями, изложенными в "Руководстве по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках"¹, основным средством тушения пожаров в резервуарах является пена средней и низкой кратности, подаваемая на поверхность горючей жидкости. Вместе с тем СНиП 2.11.03-93 "Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы"² допускает применение подслоного способа подачи пены ("Способ тушения пожара нефти и нефтепродуктов в резервуаре подачей низкократной пленкообразующей пены в основание резервуара, непосредственно в слой горючего"³), а также других способов и средств тушения пожаров в резервуарах, обоснованных результатами научно-исследовательских работ и согласованных в установленном порядке. Для тушения нефти и нефтепродуктов применяются отечественные и зарубежные пеногенераторы и пенообразователи, прошедшие сертификацию и имеющие рекомендации по их применению и хранению.

Основные регламентируемые параметры пенообразователей и рабочих водных растворов изложены в "Руководстве по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках":

- поверхностное натяжение рабочего раствора пенообразователя – не выше $18 \text{ мН} \cdot \text{м}^{-1}$;
- межфазное поверхностное натяжение на границе с гептаном – не менее $3,0 \text{ мН} \cdot \text{м}^{-1}$;
- вязкость концентрата пенообразователя при температуре 20°C – не более 100 сСт ;
- пенообразующая способность пенообразователя не должна зависеть от жесткости воды, применяемой для приготовления рабочего раствора;
- пенообразователь не должен содержать осадка и посторонних примесей;
- по токсичности пенообразователь должен соответствовать четвертому классу опасности⁴;
- температура замерзания – не ниже минус 15°C ;
- концентрация рабочего раствора 3 или 6 % (об.);
- срок хранения концентрата пенообразователя – не менее 10 лет.

Предпочтительным является применение биологически разлагаемых пенообразователей.

Вновь сертифицируемые пенообразователи для подачи в слой горючего в соответствии с информационным письмом ГУ ГПС № 20/2.3/1863 от 19 мая 2000 г. "Изменения и дополнения в Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках" должны соответствовать НПБ 203-98 "Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования. Методы испытаний".

¹ Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. М.: ГУГПС, ВНИИПО, МИПБ, 1999;

² СНиП 2.11.03-93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы;

³ НПБ 203-98. Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования. Методы испытаний;

⁴ ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

Нормы, установленные в НПБ 203-98, являются обязательными и распространяются на все виды испытаний пенообразователей для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах, а также применяются при оценке технического уровня и качества продукции в Системе сертификации в области пожарной безопасности, а также при разработке **нормативно-технической документации (НТД)**.

Основные показатели качества пенообразователей по НПБ 203-98 должны соответствовать значениям, приведённым в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества пенообразователей по НПБ 203-98

Наименование показателя	Значение показателя по НПБ 203-98	Методика испытаний
Внешний вид пенообразователя	Однородная жидкость без посторонних включений и осадка	По ГОСТ Р 50588
Плотность при 20 °С	Устанавливается в НТД	По ГОСТ 18995.1
Кинематическая вязкость концентрата пенообразователя при 20 °С, мм ² /с, не более	200	По ГОСТ 33
Водородный показатель рабочего раствора (рН)	6,5-9,0	По п. 20 НПБ
Поверхностное натяжение рабочего раствора пенообразователя, мН/м, не более	17,5	По п. 21 НПБ
Межфазное натяжение на границе раздела с гептаном, мН/м, не менее	2,5	По п. 21 НПБ
Кратность пены, не менее	6,0	По ГОСТ Р 50588 п. 3.4.3
Устойчивость пены, с	Устанавливается в НТД	По ГОСТ Р 50588 п. 3.4.3
Температура замерзания, °С, не более	Минус 15	По ГОСТ 18995.5
Время тушения при интенсивности подачи рабочего раствора (0,03±003) дм ³ /м ² ·с, не более, с	50	По п. 23 НПБ

Сравнение перечней регламентируемых показателей пенообразователей для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах, устанавливаемых в "Руководстве по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках" и в НПБ 203-98, показывает, что в НПБ 203-98 представлен более широкий перечень показателей за счёт введения показателей плотности, водородного показателя рабочего раствора (рН), кратности и устойчивости пены, а также времени тушения модельного очага (стендовая методика) при нормативной интенсивности подачи рабочего раствора непосредственно в слой горючего. Кроме того, в НПБ 203-98 установлены несколько иные значения показателей кинематической вязкости концентрата пенообразователя при 20 °С (не более 200 мм²/с против не более 100 сСт в "Руководстве ..."), поверхностного натяжения рабочего раствора пенообразователя

(не более 17,5 мН/м против не выше 18 мН/м в "Руководстве ..."), межфазного натяжения на границе раздела с гептаном (не менее 2,5 мН/м против не менее 3,0 мН/м в "Руководстве ...").

Отмечу, что, безусловно, главной задачей НПБ 203-98 было введение в практику стендовой методики определения огнетушащей способности пенообразователей при подаче рабочего раствора непосредственно в слой горючего для обеспечения возможности проведения испытаний пенообразователей, принимаемых на вооружение в соответствии с "Руководством по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках" и СНиП 2.11.03-93 и используемых для подслоного тушения. Так в п. 23 (Определение времени тушения) НПБ 203-98 подробно описаны аппаратура, материалы и реактивы, установка для определения времени тушения, процедура подготовки лабораторного стенда для огневых испытаний пенообразователей при подаче пены в слой горючего, проведение испытаний, обработка полученных результатов (на конкретном примере). В целом описанию подслоного тушения посвящено 40 % объёма НПБ 203-98.

В то же время, определению водородного показателя (рН) пенообразователя отведено 3 строки текста, а способу определения поверхностного и межфазного натяжения и того меньше – 2 строки в п. 21, дословно: "Измерение поверхностного и межфазного натяжения рабочего раствора пенообразователя проводится методом "отрыва кольца". То есть показатель (даже два – поверхностное и межфазное натяжение) есть, а процедура его определения начисто отсутствует.

Интересно отметить, что в разделе "Обработка полученных результатов (на конкретном примере)" при установленной нормативной интенсивности подачи рабочего раствора ($0,03 \pm 003$) $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ (допустимый интервал значений $0,027-0,033$ $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$) значение интенсивности подачи пены, взятое в расчёт, составляет $0,025$ $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. И значение интенсивности ниже нормы, и размерность интенсивности не соответствует размерности, приведённой в табл. 1. Да и нумерация пунктов в колонке "Методика испытаний" табл. 1 не соответствует нумерации пунктов в тексте НПБ 203-98.

В 2001 г. увидели свет НПБ 304-2001 "Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний"⁵. В дополнение к стендовой методике определения времени тушения при нормативной интенсивности подачи рабочего раствора в НПБ 203-98 в НПБ 304-2001 представлена полигонная методика определения времени тушения н-гептана (бензина по ГОСТ 2084-77⁶) подачей пены низкой кратности в слой горючей жидкости при интенсивности подачи ($0,040 \pm 002$) $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ (см. п. 8.8).

⁵ Нормы пожарной безопасности НПБ 304-2001 "Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний";

⁶ ГОСТ 2084-77. Бензины автомобильные. Технические условия

Испытания проводят на установке, в состав которой в частности входят:

- резервуар цилиндрический, с внутренним диаметром (1560 ± 20) мм, высотой (300 ± 10) мм, толщиной стенок $(2,0 \pm 0,5)$ мм;

- генератор пены низкой кратности (по п. 5.3 ГОСТ Р 50588-93⁷), расположенный на уровне верхнего края резервуара, имеющий на конце трубы резьбу, предназначенную для подсоединения к трубопроводу для подачи пены в нижний уровень стакана, позволяющий обеспечить подачу образующейся пены на поверхность углеводородной горючей жидкости при расходе раствора $(4,58 \pm 0,02)$ $\text{дм}^3 \cdot \text{мин}^{-1}$ при давлении перед генератором $(0,65 \pm 0,05)$ МПа;

Площадь цилиндрического резервуара с внутренним диаметром (1560 ± 20) мм составляет $1,91 \text{ м}^2$. Расход раствора $4,58 \text{ дм}^3 \cdot \text{мин}^{-1}$ соответствует расходу в секунду, равному $0,0763 \text{ дм}^3 \cdot \text{с}^{-1}$.

Между тем по ГОСТ Р 50588-93 предусмотрено использование пожарного ствола для пены низкой кратности, позволяющего обеспечить расход раствора $10 \text{ дм}^3 / \text{мин}$ при давлении на стволе $(0,58 \pm 0,02)$ МПа или $0,1667 \text{ дм}^3 \cdot \text{с}^{-1}$, без возможности регулирования расхода. В таком случае при площади цилиндрического резервуара $1,91 \text{ м}^2$ и расходе раствора $0,1667 \text{ дм}^3 \cdot \text{с}^{-1}$ интенсивность подачи составит $0,0873 \text{ дм}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{с}$, что более чем вдвое превышает нормативное значение $(0,040 \pm 0,002) \text{ дм}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{с}$, устанавливаемое в НПБ 304-2001. Ситуация кажется неразрешимой. Правда неизвестно, чтобы до настоящего времени эта методика широко использовалась на практике.

Логика развития привела к тому, что за 12 лет с 1998 г. статус документа, регламентирующего требования к пенообразователям для подслоного тушения, вырос от НПБ до ГОСТ. В 2010 г. сотрудниками кафедры общей и специальной химии Академии Государственной противопожарной службы МЧС России закончена разработка национального стандарта Российской Федерации – ГОСТ Р 53280.2-2010 "Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний"⁸. Стандарт распространяется на пенообразователи целевого назначения, предназначенные для получения с помощью специальной аппаратуры воздушно-механической пены, используемой для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах.

При разработке ГОСТ Р 53280.2-2010 НПБ 203-98 очистили от некоторых показателей, присутствующих в других нормативных документах на пенообразователи для тушения пожаров (внешний вид пенообразователя плотность, кинематическая вязкость концентрата пенообразователя, водородный показатель рабочего раствора (рН), кратность и устойчивость пены, температура замерзания), заострив внимание только на показателях ради которых, собственно, и были разработаны НПБ, и о чём было написано несколькими абзацами выше.

⁷ ГОСТ Р 50588-93. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний;

⁸ ГОСТ Р 53280.2-2010. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний

Так в ГОСТ Р 53280.2-2010 из НПБ 203-98 практически полностью перенесена методика определения времени тушения горючей жидкости подслоным способом с некоторыми уточнениями размеров разъемного герметичного контейнера для подачи пены в модельный очаг (горелку) с н-гептаном.

Кроме того, наконец-то подробно описана методика определения поверхностного и межфазного поверхностного натяжения (метод Дью Нуи), а также приведена формула для расчёта коэффициента растекания. Установлено, что поверхностное натяжение рабочего водного раствора пенообразователя должно быть не более 17,3 мН/м в отличие от нормы не более 17,5 мН/м в НПБ 203-98, а время тушения н-гептана (бензина Нормаль-80) подачей пены низкой кратности в слой горючего не более 43 с, тогда как в НПБ 203-98 верхнее значение времени тушения было 50 с. Как водится, в более поздних версиях нормативных документов показатели и методики их определения обычно только ужесточаются. Всего в ГОСТ Р 53280.2-2010 определяются 4 показателя, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели качества пенообразователей по ГОСТ Р 53280.2-2010

Наименование показателя	Значение показателя	Метод испытаний
Поверхностное натяжение рабочего водного раствора пенообразователя при температуре 20 °С, мН/м, не более	17,3	По п. 5.2.1 ГОСТ
Межфазное натяжение на границе раздела водного раствора пенообразователя с н-гептаном при температуре 20 °С, мН/м, не менее	2,5	По п. 5.2.1 ГОСТ
Коэффициент растекания водного раствора пенообразователя по поверхности н-гептана при температуре 20 °С, мН/м, не менее	0,3	По п. 5.2.2 ГОСТ
Время тушения н-гептана (бензина Нормаль-80), подачей пены низкой кратности в слой горючего с интенсивностью $(0,03 \pm 0,03) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, с, не более	43	По п. 5.3 ГОСТ

Для измерения поверхностного и межфазного натяжений методом отрыва кольца по ГОСТ Р 53280.2-2010 применяют торсионные весы. ГОСТ Р 53280.2-2010 не устанавливает предела взвешивания и цены деления торсионных весов. Нормативный документ, определяющий характеристики торсионных весов, в ГОСТ Р 53280.2-2010 также не указан. Тем не менее, внешний вид торсионных весов, представленный в ГОСТ Р 53280.2-2010 (п. 5.2.2, рис. 1), удивительным образом напоминает торсионные весы типа WT ("ВТ"), завод изготовитель "TECHNIPROT", экспортер ЛАБИМЭКС (labimex), предприятие внешней торговли, Польша. Эти весы были сняты с производства ещё в 1991 году, и сейчас те из них, которые не эксплуатируются, находятся на долговременной консервации. То есть самым "свежим" весам в текущем году исполняется 28 лет.

В условиях проведения испытаний указывается, что температура окружающего воздуха должна быть равна $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Однако в расчётной формуле для коэффициента растекания используется значение поверхностного натяжения н-гептана точно при 20 °С (20,29 мН/м) без указаний на возможность при-

ведения данной величины к другим значениям температуры. Следовательно, и остальные величины, используемые в расчётах, также должны быть измерены при 20 °С. Это принципиально невыполнимая задача. Дополнительно можно сослаться на требования ГОСТ 13718-68⁹, по п. 2.2 поверка проводится при температуре (20 ± 2) °С, а по п. 2.3 изменение температуры во время поверки должно быть не более $\pm 0,5$ °С. Отмечу, что такие температурные условия должны соблюдаться во время поверки, мероприятия заведомо более ответственного, чем рядовые измерения.

Также никаким образом не определяется ни материал, ни масса, ни геометрические размеры кольца, ни процедура его подготовки к проведению измерения поверхностного и межфазного натяжения. А в комплект поставки торсионных весов кольцо между тем не входит, и его нужно приобретать отдельно, не имея необходимых характеристик.

Параметры стакана для жидкости, объём наливаемой жидкости, геометрическое положение кольца в жидкости и необходимость поддержания её температуры во время измерения в ГОСТ Р 53280.2-2010 не отражены.

Поскольку, по меньшей мере, межфазное поверхностное натяжение – процесс равновесный, то требуется указывать и время выдержки растворов в состоянии покоя до проведения измерения. Например, в международных стандартах UL 162 (Foam Equipment and Liquid Concentrate)¹⁰ и ISO 7203-1 (Fire extinguishing media – Foam concentrates – Part 1: Specification for low-expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids)¹¹, время выдержки перед измерением нормируется и составляет 5 мин и (6 ± 1) мин соответственно.

Что касается методики определения времени тушения горючей жидкости подслоным способом, то необходимо отметить досадную опечатку в значении интенсивности подачи пены низкой кратности и её размерности в табл. 2 – $(0,03 \pm 0,03) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, тем более в описании проведения испытаний частично (численно) она устранена, и поплавков ротаметра предписывается устанавливать в положение, соответствующее интенсивности $(0,030 \pm 0,003) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Важной характеристикой, определяющей эффективность тушения, является качество пены из рабочего раствора, подаваемой непосредственно в слой горючего, по крайней мере – кратность. В ГОСТ Р 53280.2-2010 тем не менее, не уточняются ни скорость вращения вала электромеханического устройства для получения пены, ни диаметр пропеллера, ни температура испытуемого рабочего раствора. Все эти характеристики, однако, прямо и существенным образом влияют на кратность, устойчивость пены и её огнетушащую способность.

⁹ ГОСТ 13718-68. Весы крутильные (торсионные). Методы и средства поверки;

¹⁰ UL 162. Foam Equipment and Liquid Concentrate;

¹¹ ISO 7203-1. Fire extinguishing media – Foam concentrates – Part 1: Specification for low-expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids. Second edition 2011-06-01

Следует установить границы температуры н-гептана, заливаемого в модельный резервуар. В НПБ 203-98, например, допускалось использовать н-гептан с температурой от 20 до 30 °С. А в упоминавшихся уже стандартах UL 162 и ISO 7203-1 температура гептана как горючего для огневых испытаний должна быть не ниже 10 °С или лежать в пределах $(17,5 \pm 2,5)$ °С соответственно.

В ГОСТ Р 53280.2-2010 требуется обязательно возратить пункт "Обработка полученных результатов", как это было в НПБ 203-98. Существующая редакция не позволяет недвусмысленно и однозначно обработать полученные результаты. Так в рабочий журнал предлагается занести единственное значение массы разъемного герметичного контейнера без крышки с залитой в него пеной. Думается, что кроме этого необходимо дополнительно определить массу контейнера без крышки после тушения, а также массу пены, оставшейся в трубопроводе из эластичной трубки и в металлической трубке для подачи пены в основание модельного резервуара. Понятно, что эта пена вышла из контейнера, но в модельный резервуар не попала, в тушении участия не принимала и в расчёт приниматься не должна. С учётом внутреннего диаметра и длины эластичной трубки и металлической трубки, доля пены, остающейся в трубках после прекращения подачи, может составлять приблизительно от 10 % до 30 %. Совсем не пренебрежимо малая величина.

Наконец, если везде в расчётах используется масса пены, то интенсивность подачи пены должна иметь размерность $кг/(м^2 \cdot с)$, а не $дм^3/(м^2 \cdot с)$.

Стремительно в 2011 году разработано изменение № 1 в ГОСТ Р 53280.2-2010. Его разработка проводилась на основании Единого тематического плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России на 2011 г. в рамках опытно-конструкторской работы ОКР "Этил". Изменение № 1 в ГОСТ Р 53280.2-2010 утверждено приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 31-ст от 27 марта 2012 г. Стандарт направлен на обеспечение выполнения положений Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" и технического регламента "О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту". Технический регламент таможенного союза (ТР ТС 013/2011) утверждён решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. № 826. Главная цель разработки изменения № 1 заключалась во введении дополнительных требований к пенообразователям, используемым для подслоного тушения, в том числе высокооктановых бензинов, упоминаемых в ТР ТС 013/2011. Все нефтепродукты в изменении № 1 в ГОСТ Р 53280.2-2010 разделены на 3 типа в зависимости от массовой доли в них эфира и водорастворимой горючей жидкости: не более 1 %, не более 10 % и не более 15 %. В соответствии с этим значения поверхностного натяжения рабочего водного раствора пенообразователя при 20 °С должны быть не более 17,3 мН/м, не более 16,5 мН/м и не более 16,0 мН/м. При одинаковом нормируемом значении межфазного натяжения на границе раздела с н-гептаном водного раствора

пенообразователя при 20 °C (не менее 2,5 мН/м) это приводит к значениям коэффициента растекания по поверхности н-гептана водного раствора пенообразователя при 20 °C не менее 0,3 мН/м, не менее 1,0 мН/м и не менее 1,5 мН/м для трёх типов нефтепродуктов соответственно. С ростом содержания эфира и водорастворимой горючей жидкости в нефтепродуктах ужесточается и норма времени тушения н-гептана подачей в слой горючего пены низкой кратности – не более 43 с, не более 38 с и не более 33 с.

Попутно в изменении № 1 (ГОСТ Р 53280.2-2010) исправлены некоторые неточности первой редакции ГОСТ: определены температура н-гептана и рабочего раствора пенообразователя (20 ± 1) °C, установлено корректное численное значение интенсивности подачи пены и её размерность (0,030 ± 0,003) кг/(м²·с), убрано упоминание о возможности использования в качестве тестовой горючей жидкости бензина Нормаль-80.

Невероятно, но спустя всего год с небольшим, ГОСТ Р 53280.2-2010 с изменением № 1 снова "наполовину" устарел. Всё дело в том, что приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 66-ст от 14 мая 2012 г. утверждён Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 50588-2012 "Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний"¹², разработанный сотрудниками кафедры общей и специальной химии Академии ГПС МЧС России. Стандарт направлен на обеспечение выполнения положений Федерального закона "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". Его разработка проводилась на основании Единого тематического плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России на 2011 г., в рамках опытно-конструкторской работы ОКР "ОВ". В стандарте учтены результаты научно-исследовательской работы НИР "ОВ", выполнение которой происходило в период с 2008 г. по 2010 г. В п. 5.8 ГОСТ Р 50588-2012 приведена методика определения поверхностного и межфазного натяжения на границе с н-гептаном рабочего раствора пенообразователя или смачивателя методом "отрыва кольца" (метод Дью Нуи) с помощью тензиометра в автоматическом режиме. В этой методике устранены все недостатки методики определения поверхностного натяжения, которые имелись в ГОСТ Р 53280.2-2010 с изменением № 1. Кроме того, измерения проводятся на современном оборудовании прямым методом с автономным пятикратным повторением измерения и минимальным участием человека. На торсионных весах определение поверхностного натяжения проводится косвенным методом путём сравнения усилия отрыва кольца на границе раздела "водный раствор пенообразователя – воздух" или на границе раздела "водный раствор пенообразователя – н-гептан" с усилием отрыва кольца на границе раздела "н-гептан – воздух" (приводится в ГОСТ 53280.2-2010 с изменением № 1 при 20 °C – 20,29 мН/м) составлением несложной пропорции.

¹² ГОСТ Р 50588-2012 "Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний".

Следует отметить, что в тензиометре используются весы с ценой деления 0,1 мг, а торсионные весы имеют шкалу с ценой деления 2 мг, процедура измерения на них проводится вручную с трехкратным повторением, и значение показателя определяется визуально. Таким образом, методика определения поверхностного натяжения, изложенная в ГОСТ Р 50588-2012 намного превосходит методику в ГОСТ Р 53280.2-2010 с изменением № 1 как детальностью описания, так и аппаратным наполнением, поэтому в дальнейшем для проведения испытаний должна использоваться преимущественно она, а в случае возможных конфликтов при сравнении результатов измерений поверхностного натяжения именно её следует рассматривать в качестве основной.

Что касается введения норм по времени тушения подслоным способом в изм. №1 в ГОСТ Р 53280.2-2010 для нефтепродуктов в зависимости от массовой доли в них эфира и водорастворимой горючей жидкости (не более 1 %, не более 10 % и не более 15 %), то кажется немного "искусственным" равномерное снижение нормы времени на 5 с независимо от роста содержания присадок, увеличивающих октановое число. При этом эталонной жидкостью при определении поверхностного натяжения, межфазного поверхностного натяжения и проведении огневых испытаний остаётся н-гептан. Кажется, более обоснованным выбор эталона смесового топлива, или нескольких эталонов смесового топлива хотя бы для проведения огневых испытаний, а норму времени тушения сделать для всех эталонов одинаковой. В конце концов, именно огневые испытания подтверждают пригодность пенообразователя для тушения, а значения поверхностного натяжения и межфазного поверхностного натяжения лишь определяют некоторые границы, при соблюдении которых пенообразователь возможно (но не гарантированно) будет тушить горючую жидкость выбранным способом применения.

В последующие 5-6 лет после появления изменения № 1 в ГОСТ Р 53280.2-2010 появились десятки публикаций, посвящённых изучению влияния различных факторов (кратность пены, устойчивость пены, величины коэффициента растекания и т.д.) на эффективность тушения пленкообразующей пеной низкой кратности, подаваемой в основание резервуара непосредственно в слой горючего [1-15]. Важно отметить, что авторами этих публикаций в основном были либо непосредственно авторы НПБ 203-98 и ГОСТ Р 53280.2-2010, либо их сотрудники. Итогом этих всесторонних исследований можно считать пленарный доклад, сделанный Е. Н. Дегаевым в рамках VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Пожарная безопасность: проблемы и перспективы", Воронеж, 2015 [8] от коллектива авторов, включая Д. А. Корольченко и А. Ф. Шароварникова. Название доклада говорит само за себя – "Проект изменений в методику определения огнетушащей эффективности пенообразователей для подслоного тушения нефти и нефтепродуктов". Необходимость внесения изменений назрела давно. А вот как сами авторы обосновывают их причину: "Проведенные исследования и анализ сходи-

мости результатов между испытательными лабораториями выявил, что неконтролируемое изменение кратности пены приводит к сильному изменению контролируемых параметров процесса тушения. А в процессе сличительных межлабораторных испытаний, результаты могут отличаться на порядок, что приводит к необоснованному возникновению споров и конфликтов".

Весьма неприятный момент, если учесть, что каждая из лабораторий аккредитована на техническую компетентность и независимость, и каждая из сторон считает себя правой, не обращая внимания на то, что сходимость не обеспечивается самой методикой. Потребителю же в такой ситуации остается только догадываться, насколько эффективен и для чего пригоден приобретенный им пенообразователь.

В итоге предлагается жестко контролировать кратность получаемой пены (8 ± 1), для чего съёмный стакан должен быть снабжен сеткой с делениями через каждые 100 см^3 . При этом стоит отметить, что кратность пены, полученная на лучших образцах высоконапорных пеногенераторов, не превышает 4. Кроме того установить значение времени тушения н-гептана подачей пены низкой кратности в слой горючего с интенсивностью $(0,030 \pm 0,003) \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ не более 50 с. Замечу, что в НПБ 203-98 именно такая норма и была установлена.

Есть ещё одна возможность, реализованная в ГОСТ Р 50588-2012 (п. 5.5 и п. 5.6) при определении времени тушения модельного очага пеной средней кратности, а именно: ввести в действие две методики – одну стендовую (каковая сейчас и имеется в ГОСТ Р 53280.2-2010 с изм. №1), а другую полигонную по НПБ 304-2001 с внесением необходимых поправок, часть из которых выявлена ранее. В полигонной методике многие недостатки стендовой методики, как правило, нивелируются, так как она более приближена к реальным условиям. По крайней мере, в этом случае появляется ещё один способ сравнения огнетушащих свойств различных пенообразователей.

Наконец, и это чрезвычайно важно, соответствие пенообразователя всем требованиям ГОСТ Р 53280.2-2010 с изм. №1 вовсе не означает, что он пригоден для тушения высокооктановых топлив. Связано это с тем, что для тушения подслонным способом пена должна, как минимум, подняться на поверхность горючей жидкости через слой толщиной до 17 м (в реальном резервуаре). На это требуется 2-3 минуты. В стендовой методике, к примеру, подъем пены занимает всего 1-2 секунды [3], а слой горючей жидкости составляет всего 150 мм (0,15 м). В обоих случаях имеется примерно стократное масштабирование. Присутствующие в высокооктановом топливе водорастворимые эфирные и спиртовые составляющие активно взаимодействуют с пеной, вызывая её разрушение. В результате основная часть пены из "обычных" пленкообразующих пенообразователей, не предназначенных для тушения нефтепродуктов с высоким содержанием оксигенатов, разрушится ещё до того, как всплывет на поверхность. Происходит то, что каждый может увидеть, если попытается нанести пену, полученную из пленкообразующего пенообразователя типа *AFFF* на по-

верхность водорастворимой жидкости, например, ацетона или этанола. Она мгновенно разрушается. Причём это происходит независимо от того, какими бы прекрасными поверхностными свойствами (поверхностное натяжение пусть будет даже и $15,0 \text{ мН/м}$, а коэффициент растекания по н-гептану $2,5 \text{ мН/м}$) ни обладал водный раствор пенообразователя. Именно для решения этой проблемы в свое время были разработаны синтетические фторсодержащие пленкообразующие спиртоустойчивые пенообразователи целевого назначения для тушения водорастворимых и водонерастворимых горючих жидкостей типа *AFFF/AR*. Конечно, содержание водорастворимых оксигенатов в высокооктановых топливах не доходит до 100 %, как в приведенном выше примере, но и при наличии 10 % и, тем более, при 15 % их в нефтепродуктах процесс разрушения пены идет неотвратно. Разрушение усугубляется ещё и тем, что пена подаётся прямо в слой горючего и в процессе всплытия контактирует с ним всей своей поверхностью. Поэтому перед проведением огневых испытаний необходимо предварительно убедиться, что пена устойчива в среде высокооктанового топлива. Для этого можно в качестве базового использовать оборудование из НПБ 304-2001 п. 8.8, модифицировав его для проведения требуемых испытаний: нарастить цилиндрический стакан внутренним диаметром $(200 \pm 20) \text{ мм}$ с высоты $(900 \pm 20) \text{ мм}$ до нужной высоты, например, 10-15 м, и на вершине его герметично закрепить цилиндрический резервуар необходимого размера (площади поверхности). Установить границу нормы времени, необходимого для подъема пены на поверхность жидкости в резервуаре, а также время покрытия пеной поверхности резервуара. Разумеется, предварительно нужно стандартизировать состав смесового топлива, который будет использован для определения времени всплытия пены и времени тушения модельного очага на полигоне.

Выводы:

1. ГОСТ Р 53280.2-2010 с изм. № 1 нуждается в серьезной корректировке.
2. Определение поверхностного натяжения и межфазного поверхностного натяжения необходимо проводить только по методике, изложенной в ГОСТ Р 50588-2012 п. 5.8. Дополнить существующую методику указанием на время выдержки перед измерением межфазного поверхностного натяжения, например, 5-6 мин. Методику определения поверхностных свойств растворов и жидкостей с использованием торсионных весов исключить.
3. Отдельно рассмотреть целесообразность и принципиальную возможность использования н-гептана как стандартного вещества для установления нормативов значений поверхностного натяжения и межфазного поверхностного натяжения растворов применительно к пенообразователям, используемым для тушения нефтепродуктов с содержанием в них эфира и водорастворимой горючей жидкости не более 10 % и не более 15 %.

4. Ввести стандарт (стандарты) смесового топлива с нормированием процентного содержания, вида и количества присадок, увеличивающих его октановое число. Все огневые испытания пенообразователей, предназначенных для тушения нефтепродуктов с содержанием в них эфира и водорастворимой горючей жидкости не более 10 % и не более 15 %, проводить только с использованием стандарта (стандартов) смесового топлива.

5. Принять поправки, предлагаемые авторами НПБ 203-98 и ГОСТ Р 53280.2-2010 с изм. № 1 [8]: только кратность пены для подслойного тушения по стендовой методике установить в районе 4, чтобы максимально приблизить параметры проведения испытаний к реальным условиям и соответствовать требованиям ГОСТ Р 53290-2009, а значение времени тушения н-гептана подачей пены низкой кратности в слой горючего с интенсивностью $(0,030 \pm 0,003) \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ – установить для каждого типа смесового топлива.

6. В ГОСТ Р 53280.2-2010 с изм. № 1 вернуть пункт 5.3.4 "Обработка полученных результатов", как это было в НПБ 203-98. Подробно прописать процедуру расчёта интенсивности подачи пены с учётом "мёртвого" объёма пены, оставшейся в трубопроводе из эластичной трубки и в металлической трубке для подачи пены в основание модельного резервуара.

7. Вместо стендовой методики определения времени тушения н-гептана подачей пены низкой кратности в слой горючего или дополнительно к ней ввести полигонную методику по НПБ 304-2001 с внесением в неё необходимых дополнений, исправлений и уточнений. При арбитражном сравнении результатов испытаний результаты, полученные по полигонной методике считать приоритетными.

8. Ввести в ГОСТ Р 53280.2-2010 с изм. № 1 дополнительно методику определения времени всплытия пены низкой кратности при подаче в слой стандарта смесового топлива на высоту не менее 10 м и времени покрытия установленной площади поверхности смесового топлива после всплытия пены.

Литература

1. Воевода С. С., Молчанов В. П., Бастриков Д. Л., Крутов М. А. Применение различных пенообразователей для тушения пожаров горючих жидкостей // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 1. С. 70-72.

2. Воевода С. С., Шароварников А. Ф., Бастриков Д. Л., Крутов М. А. Влияние факторов пожара на огнетушащую эффективность пленкообразующих пенообразователей // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 10. С. 63-65.

3. Кокорин В. В., Хафизов Ф. Ш., Барбин Н. М., Сатюков Р. С. Влияние пены на время тушения пожаров в ёмкости при подаче её в слой горючей жидкости // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 10. С. 81-83.

4. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Основные параметры процесса тушения пламени нефтепродуктов пеной низкой кратности // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 7. С. 65-73.

5. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф., Дегаев Е. Н. Лабораторная методика определения изолирующих свойств пены на поверхности гептана // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 4. С. 72-76.

6. Шароварников С. А., Корольченко Д. А., Ляпин А. В. Тушение многокомпонентных смесевых топлив фторсинтетическими пенообразователями подслоинным способом // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 6. С. 76-80.

7. Хиль Е. А., Шароварников А. Ф., Бастриков Д. Л. О тушении пламени горящих нефтепродуктов подачей пены под слой и на их поверхность // Технологии техносферной безопасности. 2015. Вып. 6 (64). С. 103-109. <http://academygps.ru/ttb>.

8. Дегаев Е. Н., Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Проект изменений в методику определения огнетушащей эффективности пенообразователей для подслоинного тушения нефти и нефтепродуктов // Матер. VI всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием "Пожарная безопасность: проблемы и перспективы". Воронеж: ВИ ГПС МЧС России. 2015. С. 5-8.

9. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф., Дегаев Е. Н. Огнетушащая эффективность пены низкой кратности // Научное обозрение. 2015. № 8. С. 114-120.

10. Дегаев Е. Н., Корольченко Д. А. Зависимость огнетушащей эффективности пенообразователей для тушения пожаров от структуры коэффициента растекания рабочего раствора по углеводороду // Сб. науч. трудов междунар. науч.-техн. конф. "Безопасность и проектирование конструкций в машиностроении". Курск: ЮЗГУ. 2015. С. 53-56.

11. Дегаев Е. Н., Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Влияние кратности пен на основные параметры процесса тушения углеводородов // Сб. науч. трудов IV междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов "Проблемы техносферной безопасности – 2015". М.: Академия ГПС МЧС России. С. 24-28.

12. Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф., Дегаев Е. Н. Классификация пенообразователей для тушения пожаров нефтепродуктов по структуре коэффициента растекания рабочего раствора по углеводороду // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 8. С. 75-80.

13. Каттге А., Дегаев Е. Н. Влияние высоты подачи пены на оптимальную интенсивность подачи и минимальный удельный расход раствора пенообразователя // Пожаровзрывобезопасность. 2016. Т. 25. № 1. С. 68-72.

14. Дегаев Е. Н., Корольченко Д. А., Шароварников А. Ф. Проблемы низкой огнетушащей эффективности пенного пожаротушения нефти и нефтепродуктов // Сб. науч. трудов V междунар. науч.-практ. конф. "Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации". М.: Академия ГПС МЧС России. 2016. С. 250-252.

15. Дегаев Е. Н. Огнетушащая эффективность пен с различной структурой коэффициента растекания водных растворов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: МГСУ, 2016, 23 с.

Материал поступил в редакцию 12 ноября 2019 г.; принят к публикации 30 марта 2020 г.

A. V. Tretiakov

IS IT NECESSARY TO CHANGE SOMETHING IN GOST R 53280.2-2010 "FOAMING AGENTS FOR SUBSURFACE EXTINGUISHING OF OIL AND OIL PRODUCTS FIRES IN TANKS"

ABSTRACT

Introduction. Tank subsurface fire extinguishing systems are universally used for fire protection at oil and oil products storage and processing facilities. This fire extinguishing method is the most effective means of extinguishing fires in tank fields. At the same time, subsurface extinguishing is a rather complicated process, the implementation of which directly depends on a number of parameters. The most important component of these systems are fluorosynthetic film-forming foaming agents such as AFFF, and the success of extinguishing directly depends on them.

Goals and objectives. The purpose of this publication is to propose new methods for determining the effectiveness of modern foams used in subsurface fire extinguishing and the subsequent introduction of changes to the existing regulatory and technical documentation. For this, the following tasks were performed. The main regulatory and technical documents in force and establishing requirements for foaming agents for subsurface fire extinguishing in the Russian Federation were reviewed. A detailed analysis of the methods and equipment used today when conducting tests to determine the main tactical and technical characteristics of these foams is made. The article also describes the international experience of conducting such studies. Modern tendencies of the development of subsurface fire extinguishing in tank fields are considered and links to relevant research projects in this direction are provided. Inaccuracies and contradictions in the test methods were revealed.

Results and its discussion. Proposals were made to improve the existing standard and bring it into line with modern realities. Proposals for introducing changes to the testing methods and methodological processing of the results, as well as improving the testing and measuring equipment were also substantiated.

Conclusion. Correction of existing standards taking into account the points outlined in this article will improve the effectiveness of subsurface fire extinguishing systems. Making changes to the methods and composition of the equipment used will reduce errors and increase repeatability in assessing the quality of foams to extinguish fires.

Key words: subsurface extinguishing, foam expansion, surface tension, interfacial tension, foam nozzle, oxygenates.

For citation: Tretiakov A. V. Is it necessary to change something in GOST R 53280.2-2010 "Foaming agents for subsurface extinguishing of oil and oil products fires in tanks". *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 1 (87), 2020, pp. 8-24 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2020.1.87.8-24.

References

1. Voevoda S. S., Molchanov V. P., Bastrikov D. L., Krutov M. A. Application of different foaming agents for extinguishing of flammable liquids' fires. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 1, pp. 70-72 (in Russian).
2. Voevoda S.S. Sharovarnikov A.F. Bastrikov D.L. Krutov M.A. Impact of fire on the effectiveness of extinguishing film foam. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 10, pp. 63-65 (in Russian).
3. Kokorin V. V., Khafizov F. Sh., Barbin N. M., Satukov R. S. Foam effect on extinguishing time in tank by supplying foam to layer of combustible liquids. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2012, vol. 21, no. 10, pp. 81-83 (in Russian).
4. Korol'chenko 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 (in Russian).
5. Korol'chenko D. A., Sharovarnikov A. F., Degaev E. N. Laboratory standard technique for insulating properties of foam on heptane surface. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2014, vol. 23, no. 4, pp. 72-76 (in Russian).
6. Sharovarnikov S. A., Korol'chenko 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).
7. Khil E.I., Sharovarnikov A.F., Bastrikov D.L. Extinguishing the flames of burning oil and oil products by foam supplied under a layer and on its surface. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2015, vol. 6 (64), pp. 103-109. Available at: <http://academygps.ru/ttb> (in Russian).
8. Degaev E. N., Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. *Proekt izmeneniy v metodiku opredeleniya ognnetushaschey effektivnosti penoobrazovateley dlya podsloinogo tusheniya nefi i nefteproduktov* [Draft changes to the methodology for determining the fire extinguishing efficiency of foam for subsurface extinguishing of oil and oil products]. *Materialy VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencyi s mejdunarodnym uchastiem "Pojarnaya bezopasnost: problemy i perspektivy"* [Proceed. of VI All-Russian Scientific and Practical Conference with International participation "Fire safety: problems and prospects"], Voronezh, Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, 2015, pp. 5-8.
9. Korol'chenko D. A., Sharovarnikov A. F., Degaev E. N. Fire extinguishing effectiveness of low multiplicity foam. *Nauchnoe obozrenie / Scientific review*, 2015, vol. 8, pp. 114-120 (in Russian).
10. Korolchenko D. A., Degaev E. N. *Zavisimost ognnetushaschey effektivnosti penoobrazovateley dlya tusheniya pojarov ot struktury koeficienta rastekaniya rabocheho rastvora po uglevodorodu* [Dependence of the fire extinguishing efficiency of foams for extinguishing fires on the structure of the spreading coefficient of the aqueous solution for hydrocarbon]. *Sb. nauch. trudov mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Bezopasnost' i proektirovanie konstrukcij v mashinostroenii"* [Proceed. of International Scientific and Technical Conference "Safety and design of structures in mechanical engineering"], Kursk, Southwestern State University, 2015, pp. 53-56.
11. Degaev E. N., Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. *Vliyanie kratnosti pen na osnovnye parametry procesa tusheniya uglevodorodov* [The influence of the foam expansion on the main parameters of the process of extinguishing hydrocarbons]. *Sb. nauch. trudov IV mezhdunar. nauch.-prakt. konf. molodyh uchjonyh i specialistov "Problemy tekhnosfernoj bezopasnosti – 2015"* [Proceed. of IV International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists "Problems of technosphere safety – 2015"], Moscow, State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2015, pp. 24-28.

12. Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F., Degaev E. N. Classification of foaming agents for extinguishing of fires of oil products taking into account the structure of spreading coefficient of working solution over hydrocarbon. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 8, pp. 75-80 (in Russian).

13. Kattge A., Degaev E.N. Influence of total head of foam on optimum intensity and minimum particular expense solution size of foamer. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 1, pp. 68-72 (in Russian).

14. Degaev E. N., Korolchenko D. A., Sharovarnikov A. F. *Problemy nizkoy ognnetushaschey effektivnosti penogo pojarotusheniya nefti i nefteproduktov* [Problems of low fire extinguishing efficiency of foam fire extinguishing of oil and oil products]. *Sb. nauch. trudov V mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Pozharotushenie: problemy, tehnologii, innovacii"* [Proceed. of V International Scientific and Practical Conference "Firefighting: problems, technologies, innovations"], Moscow, State Fire Academy of EMERCOM of Russia, 2016, pp. 250-252.

15. Degaev E.N. *Ognnetushaschaya effektivnost pen s razlichnoy strukturoy koeficienta rastekaniya vodnyh rastvorov* [Fire extinguishing efficiency of foams with different structure of spreading coefficient of aqueous solutions]. Abstract of PhD in Tech. Sci. diss., Moscow, Moscow State University of Civil Engineering Publ., 2016, 23 p.

Received 15 November 2019; accepted 30 March 2020

Информация об авторе

Третьяков Алексей Владимирович
генеральный директор; ООО "ЭГИДА
ПТВ"; Российская Федерация, г. Москва,
ул. Клары Цеткин, д. 18Б, корп. 1,
пом. VI; ORCID ID: 0000-0002-1988-5238,
РИНЦ Author ID: 1049573; e-mail:
atret@inbox.ru

Information about the author

Tretiakov Alexey Vladimirovich
general manager; LLC "EGIDA PTV";
Russian Federation, Moscow, Klara Zetkin st.,
18B, bldg. 1, room VI; ORCID ID: 0000-
0002-1988-5238, РИНЦ Author ID: 1049573;
e-mail: atret@inbox.ru