

А. Д. ГРОШЕВ, канд. пед. наук, действительный член ВАНКБ, профессор кафедры пожарной и промышленной безопасности, Воронежский государственный технический университет (Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84; e-mail: pogexpert-ad@yandex.ru)

И. И. ПЕРЕСЛАВЦЕВА, ст. преподаватель кафедры пожарной и промышленной безопасности, Воронежский государственный технический университет (Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84; e-mail: innapb@mail.ru)

УДК 614.844.4

ПРЕИМУЩЕСТВА УСТАНОВОК ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ГОРЕНИЯ В РЕЗЕРВУАРАХ С НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Изучена возможность применения диоксида углерода для тушения нефти и нефтепродуктов в вертикальных стальных резервуарах. Представлены результаты натурных испытаний, подтверждающие эффективность работы установки газового пожаротушения на базе модуля пожаротушения изотермического с диоксидом углерода МПИ "АТАКА-М". Подтверждена более высокая эффективность распределительного трубопровода при его размещении в верхнем положении в сравнении с нижним. Показано, что одновременно с тушением пожара происходит эффективное охлаждение стенок резервуаров, чего невозможно было достичь другими системами. Доказана высокая эффективность использования дополнительно резервного количества огнетушащего вещества после первого пуска и возможность перезаправки от передвижной изотермической емкости.

Ключевые слова: вертикальный стальной резервуар; нефтепродукт; огнетушащее вещество; газовое пожаротушение; время тушения; охлаждение стенок резервуара.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.69-75

Применение воздушно-механической пены для тушения нефти и нефтепродуктов в вертикальных стальных резервуарах (РВС), как правило, малоэффективно и требует большого количества огнетушащего вещества (ОТВ) и значительной численности личного состава.

Применение для подачи ОТВ в РВС автомеханических лестниц и подъемников не позволяет обеспечить ликвидацию пожара на начальной стадии его развития, она достигается только после разрушения резервуаров (рис. 1).

Основной причиной низкой эффективности воздушно-механической пены при тушении резервуаров является невозможность изолировать источник возгорания от среды, в результате чего раскаленные стенки резервуара становятся хорошим источником воспламенения нагретых паров легковоспламеняющейся жидкости, распространяющихся через быстро разрушающийся слой пены [1, 2].

Наглядным подтверждением этому являются пожары в резервуарах с нефтепродуктами, происшедшие в Киеве, Дагестане, на нефтепромысле Ханты-Мансийского автономного округа, которые удалось ликвидировать только после разрушения резервуаров (рис. 2).

Применение огнетушащих газов может обеспечить тушение всех видов нефти и нефтепродуктов и существенно повысить быстродействие автоматических установок пожаротушения [3–5]. В настоящее время газовое пожаротушение на базе изотермического модуля для жидкого диоксида углерода СО₂ (МИЖУ) получило довольно широкое распространение в различных областях противопожарной



Рис. 1. Применение автомеханической лестницы для тушения пожара в РВС



Рис. 2. Тушение пожара после разрушения РВС

защиты. Однако применение диоксида углерода для тушения РВС в настоящее время до конца не изучено.

Принципиальная возможность применения изотермических модулей для защиты резервуарных парков рассматривалась лишь в отдельных работах [6, 7]. В 2007 г. впервые был проведен ряд успешных натурных огневых испытаний по тушению вертикального стального резервуара РВС вместимостью 2000 м³ и горизонтального резервуара — 60 м³ [8, 9]. В качестве горючего использовалось дизельное топливо. Испытания позволили сформулировать требования к расчету массы диоксида углерода для ликвидации пожара на таких объектах [10]. В ходе огневых испытаний автоматической установки газового пожаротушения МИЖУ [11–14] были получены данные, необходимые для выбора конструктивных особенностей устройства.

Данная система принципиально отличается от традиционной системы пенного пожаротушения, которой оснащено большинство резервуаров предприятий нефтедобычи и нефтепереработки.

В состав изотермического модуля пожаротушения (МПИ) входит:

- горизонтально расположенная емкость для углекислоты вместимостью от 3000 до 32000 м³, оснащенная весовыми устройствами, испарительной установкой и блоком охлаждения (рис. 3). Ее отличительной особенностью является конструкция с двойной оболочкой: внутренний сосуд наполнен жидким диоксидом углерода, а между ним и внешней оболочкой находится полость — вакуумная теплоизоляция;
- распределительные устройства и распределительный трубопровод (коллектор), которые в зависимости от цели применения могут иметь пневматический ручной или электрический привод;
- комплект соединительных элементов между емкостью и вспомогательными системами; опорная металлическая конструкция и другие крепежные приспособления;



Рис. 3. Общий вид МИЖУ

- шкаф для хранения двух баллонов (основного и резервного) с азотом, необходимых для активации клапанов на коллекторе;
- комплект арматуры для контроля заполнения, распределения и переполнения емкости; предохранительные клапаны;
- шкаф управления;
- холодильные агрегаты (основной и резервный), поддерживающие температуру углекислоты на уровне минус 18 °С.

Шкаф управления регулирует автономную работу изотермического модуля, обеспечивая следующие функции:

- ручное и автоматическое управление холодильными агрегатами;
- контроль массы CO₂ в резервуаре;
- контроль давления в резервуаре и поддержание его в заданных пределах;
- сигнализацию состояния оборудования и отклонения параметров от нормы на панели шкафа управления;
- сигнализацию о наличии напряжения питания в цепях шкафа управления;
- выдачу аварийных сигналов системы взвешивания, давления в резервуаре и общей неисправности холодильных агрегатов.

Установка активируется от системы пожаротушения.

Основными отличиями данной установки являются время срабатывания и комплексный метод тушения — одновременное исключение окислителя и источника воспламенения (раскаленных стенок резервуара). Время подачи раствора пены в резервуар составляет около 5 мин после срабатывания сигнала о возгорании, а углекислота заполняет внутреннее пространство резервуара за 30 с.

Эффективность работы установки газового пожаротушения (УГП) на базе модуля пожаротушения изотермического с диоксидом углерода МПИ “АТАКА-М-3-3,32” подтверждена натурными испытаниями.

Анализ результатов испытаний проводится в рамках выполнения “Типовой программы-методики исследования огнетушащих веществ и технологий

пожаротушения с целью оценки эффективности их применения для тушения пожаров нефти и нефтепродуктов на объектах организации системы ОСТ», утвержденной 24.04.2015 г. и согласованной с ООО «Технос-М+» 25.05.2015 г.

Целями испытаний являются:

1) анализ эффективности работы установки газового пожаротушения на базе модуля пожаротушения изотермического с диоксидом углерода МПИ «АТАКА-М-3-3,32» производства ЗАО «Технос-М+» при ликвидации пожара на резервуарах с нефтью или нефтепродуктами;

2) установление общих требований к огнетушащим веществам и технологиям пожаротушения;

3) определение возможности охлаждения стенок резервуаров одновременно с тушением;

4) проверка эффективности технологии пожаротушения.

Описание экспериментальной части

Испытания проводились на макете вертикального резервуара РВС-1000 диаметром 10 м. Горизонтальная площадь макета резервуара РВС-1000 составляла 78,5 м². Расчетное количество ГОТВ — 1021 кг. Испытания проводились в три этапа:

- испытание № 1: выпуск основного расчетного количества ГОТВ;
- испытание № 2: выпуск резервного запаса ГОТВ через 15 мин после второго планового поджига нефтепродукта прежнего состава. Проводится проверка готовности модуля к повторному пуску (резерв);
- испытание № 3: применение запаса ГОТВ со склада после перезарядки от передвижной изотермической емкости при максимальном увеличении времени свободного горения. Проводится проверка системы охлаждения стенок резервуара.

Натурные огневые испытания проводились на базе полигона «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез» в Нижегородской области. Для проведения испытаний был выбран резервуар с размерами, установленными утвержденной методикой испытания.

Конструкция резервуара типа РВС представляла собой цельносварную стандартную емкость без стационарной крыши диаметром 10 м и высотой 2 м, без теплоизоляции.

Метеоусловия испытания указаны в сводной таблице.

Сводные данные результатов испытаний

№ п/п	Определяемый параметр	Номер испытания		
		1	2	3
1	Температура окружающей среды, °С	33	34	34
2	Атмосферное давление, мм рт. ст.	751	752	753
3	Относительная влажность воздуха, %	59	43	49
4	Скорость ветра на высоте 2 м, м/с	3–6	4–7	2–5
5	Диаметр резервуара, м	10	10	10
6	Уровень горючей жидкости в резервуаре перед началом испытаний, мм	1100	1095	1089
7	Температура стенок резервуара с нефтепродуктом перед испытанием, °С	48	50	51
8	Суммарная площадь пожара, м ²	78,5	78,5	78,5
9	Количество насадков для тушения	8	8	8
10	Количество насадков для охлаждения	8	8	8
11	Давление в МПИ в начале опыта, МПа	3,2	2,3	1,9
12	Количество жидкого диоксида углерода в МПИ перед испытанием, кг	2850	1450	2850
13	Время свободного горения нефтепродуктов в резервуаре, с	95	80	135
14	Время ликвидации горения нефтепродуктов в резервуаре, с	19	17	27
15	Время охлаждения стенки резервуара после ликвидации горения, с	37	33	84
16	Инерционность открытия ЗПУ МПИ, с	3	3	3
17	Время открытого состояния ЗПУ МПИ, с	56	50	111
18	Инерционность подачи CO ₂ , с	5	6	5
19	Масса выпущенного ГОТВ, кг	1400	1450	1950
20	Повторное воспламенение	Отсутствует		
21	Температура стенки резервуара после тушения, °С	273	177	264
22	Давление в МПИ в конце испытания, МПа	2,3	1,6	1,4

Испытание № 1

В качестве горючего применялась смесь мазута (99 % общей массы нефтепродукта) и бензина (до 1 % общей массы) общей массой 86000 кг. Смесь находилась в верхнем уровне взлива на расстоянии 900 мм от верхней кромки резервуара; толщина слоя смеси 1100 мм, ее температура 33 °С. Время свободного горения 95 с (рис. 4).

Расчетное количество диоксида углерода подавалось с помощью 8 насадков, направленных к центру резервуара, и 8 насадков, предназначенных для охлаждения стенок резервуаров. Время тушения 19 с.

Охлаждение стенок резервуара происходило с момента тушения и продолжалось и после прекращения горения до температур, исключающих повторное воспламенение нефтепродукта. Для этого этапа характерна стабильность и устойчивость работы системы по давлению (рис. 5).

Вывод. Опыт подтвердил эффективность технологии пожаротушения и охлаждения стенок резервуара. После выпуска расчетного количества ГОТВ горение было ликвидировано. УГП обеспечила тушение товарного мазута расчетным количеством ГОТВ за расчетное время.



Рис. 4. Горение нефтепродукта в резервуаре при испытании № 1

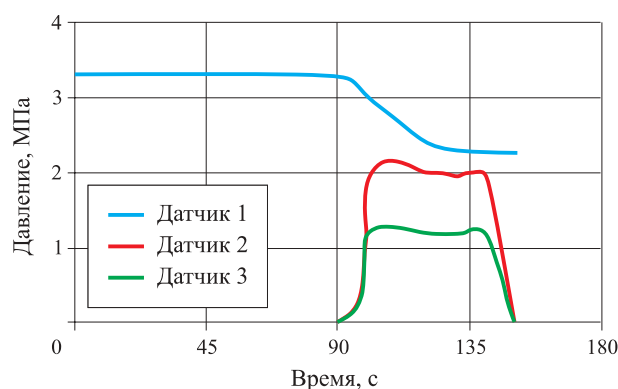


Рис. 5. Изменение давления в системе при испытании № 1

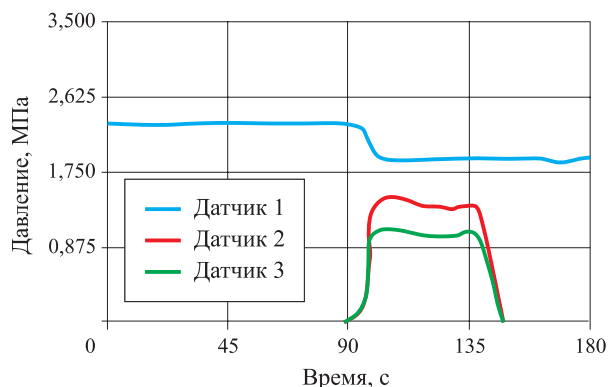


Рис. 6. Изменение давления в системе при испытании № 2

Испытание № 2

Нефтепродукт массой 85957 кг находился в верхнем уровне взлива на расстоянии 900 мм от верхней кромки резервуара; толщина слоя 1095 мм, температура 34 °С. Время свободного горения 80 с.

Расчетное количество диоксида углерода подавалось с применением 8 насадков, направленных к центру резервуара, и 8 насадков, предназначенных для охлаждения стенок резервуаров. Время тушения 17 с.

Охлаждение стенок резервуара происходило с момента тушения и продолжалось и после прекращения горения до температур, исключающих повторное воспламенение нефтепродукта. Работа системы по давлению представлена на рис. 6.

Вывод. Опыт подтвердил эффективность тушения пожара и охлаждения стенок резервуара резервным запасом ГОТВ.

Испытание № 3

Целью 3-го испытания являлась проверка возможности установки ликвидации горения при максимально допустимом, граничащем с возможным разрушением стенок РВС, времени свободного горения нефтепродукта.

Смесь мазута и бензина массой 85486 кг находилась в верхнем уровне взлива при температуре 34 °С. Время свободного горения не менее 135 с.

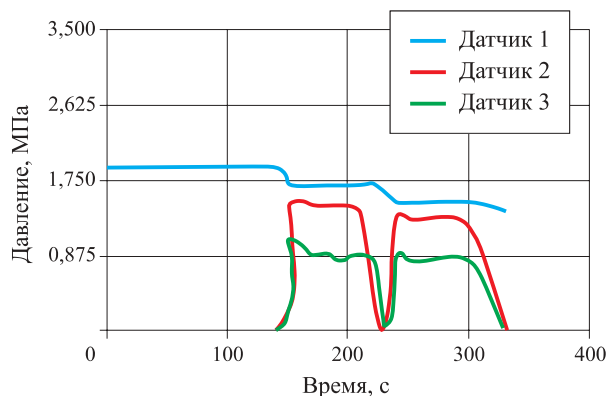


Рис. 7. Изменение давления в системе при испытании № 3

Пуск ГОТВ производился при появлении признаков начала потери целостности стенок РВС, при пониженном давлении в модуле — 1,9 МПа.

Время тушения составило 27 с. Работа системы по давлению представлена на рис. 7.

Выводы и рекомендации по результатам проведенных натурных испытаний

1. Стационарная установка газового пожаротушения на базе МПИ «АТАКА» эффективна для ликвидации пожаров в вертикальных резервуарах с нефтью и нефтепродуктами.

2. Одновременно с тушением происходит эффективное охлаждение стенок резервуаров, которого раньше нельзя было достичь не только установками газового пожаротушения, но и другими системами. При этом из классической формулы горения (среда, окислитель и источник) система исключает одновременно два фактора — окислитель (кислород воздуха) и источник (раскаленные стенки резервуара). Такой эффект не может быть достигнут при применении систем пенного пожаротушения.

3. Диоксид углерода хранится в изотермической емкости при температуре около минус 20 °С. При выходе из насадков происходит быстрый переход его из жидкого состояния в парообразное с дополнительным охлаждением до минус 50 °С и ниже.

В результате образуется плотное облако на расстоянии, превышающем два диаметра резервуара. Благодаря этому значительно понижается содержание кислорода в зоне горения и температура соседних резервуаров, что исключает возможность распространения пожара на соседние резервуары.

4. Ликвидация пожара происходит менее чем за 60 с.

5. Подтверждена более высокая эффективность распределительного трубопровода при его размещении в верхнем положении по сравнению с нижним.

6. Данная технология пожаротушения резервуара соответствует требованиям СП 155.13130.2014 [15] и дополняет их в части охлаждения стенок резервуаров при пожаротушении.

7. Нарботаны фактические материалы по улучшению конструкций насадков для резервуаров; определены параметры надежности установок газового пожаротушения на базе МПИ «АТАКА».

8. Подтверждена эффективность технологии пожаротушения при использовании основного расчетного количества ГОТВ (испытание № 1), резервного количества ГОТВ после первого пуска (испытание № 2), запаса ГОТВ со склада после перезаправки от передвижной изотермической емкости (испытание № 3).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пузач С. В., Колодяжный С. А., Колосова Н. В. Модифицированная зонная модель расчета термодинамики пожара в помещении, учитывающая форму конвективной колонки // Пожаровзрывобезопасность. — 2015. — Т. 24, № 12. — С. 33–39. DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.33-39.
2. Колодяжный С. А., Переславцева И. И. Математическое моделирование динамики основных опасных факторов в начальной стадии пожара // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. — 2014. — № 4. — С. 403–412.
3. Меркулов А. В., Меркулов В. А. Установки газового пожаротушения // Пожаровзрывобезопасность. — 2002. — Т. 11, № 6. — С. 75–78.
4. Creitz E. C. Inhibition of diffusion flames by methyl bromide and trifluoromethyl bromide applied to fuel and oxygen sides of the reaction zone // Journal of Research of the National Bureau of Standards. Section A: Physics and Chemistry. — 1961. — Vol. 65A, No. 4. — P. 389–396. DOI: 10.6028/jres.065a.039.
5. Burke R., van Tiggelen A. Kinetics of laminar premixed methane–oxygen–nitrogen flames // Bulletin des Sociétés Chimiques Belges. — 1965. — Vol. 74, No. 9-10. — P. 426–449. DOI: 10.1002/bscb.19650740907.
6. Бабуров В. П., Бабуринов В. В., Фомин В. И., Смирнов В. И. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 2. Автоматические установки пожаротушения. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2007. — 298 с.
7. Старков Н. Н. Тушение пожаров нефтепродуктов и полярных жидкостей диоксидом углерода твердым гранулированным: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2009. — 191 с.
8. Шаронов С. В., Боблак В. А. Экспериментальные исследования по применению жидкой двуокиси углерода для тушения пожаров в резервуарных парках хранения нефти и нефтепродуктов // Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. — 2012. — № 2. — С. 52–57.
9. Шаронов С. В., Боблак В. А. Применение жидкой двуокиси углерода для тушения пожаров в резервуарных парках хранения нефти и нефтепродуктов // Проблемы управления рисками в технике. — 2012. — Т. 22, № 2. — С. 60–67.

10. Меркулов В. А., Кузьменко К. П., Глухов В. И. Ретроспектива одной из инноваций // Территория Нефтегаз. — 2016. — № 2. — С. 16–17.
11. Меркулов В. А., Кузьменко К. П., Кирсанов А. И. Тушение диоксидом углерода пожаров в вертикальных стальных резервуарах с нефтью и нефтепродуктами // Пожаровзрывобезопасность. — 2013. — Т. 22, № 3. — С. 58–61.
12. Кирсанов А. И. Противопожарная защита резервуарных парков для хранения нефтепродуктов // Актуальные проблемы пожарной безопасности : Материалы XXV Междунар. науч.-практ. конф. — М. : ВНИИПО, 2013. — С. 464–472.
13. Кирсанов А. И., Сонечкин В. М., Алешков А. М. Определение оптимальной конструкции устройства подачи двуокиси углерода при тушении стальных резервуаров с нефтью и нефтепродуктами // Актуальные проблемы пожарной безопасности : Материалы XXVII Междунар. науч.-практ. конф. — М. : ВНИИПО, 2015. — С. 45–56.
14. Murphy R. F. Guidelines optimize foam fire fighting system // Oil and Gas Journal. — 1982. — No. 4. — P. 229–232.
15. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности. — Введ. 01.01.2014. — М. : МЧС России, 2014.

Материал поступил в редакцию 22 июня 2016 г.

Для цитирования: Грошев А. Д., Переславцева И. И. Преимущества установок пожаротушения диоксидом углерода при ликвидации горения в резервуарах с нефтепродуктами // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 12. — С. 69–75. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.69-75.

English

ADVANTAGES OF THE FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS CARBON DIOXIDE WITH THE ELIMINATION OF BURNING TANKS WITH PETROLEUM PRODUCTS

GROSHEV A. D., Candidate of Pedagogical Sciences, Full Member of the World Academy of Sciences for Complex Security, Professor of Department of Fire and Industrial Safety, Voronezh State Technical University (20-letiya Oktyabrya St., 84, Voronezh, 394006, Russian Federation; e-mail address: pogexpert-ad@yandex.ru)

PERESLAVTSEVA I. I., Senior Lecturer of Department of Fire and Industrial Safety, Voronezh State Technical University (20-letiya Oktyabrya St., 84, Voronezh, 394006, Russian Federation; e-mail address: innapb@mail.ru)

ABSTRACT

Introduction. At the moment for extinguishing oil and petroleum products in vertical steel tanks widely used air-mechanical foam. The main reason for its poor performance is the inability to isolate the source of fire on the environment. This red-hot tank walls are a good source to ignite heated vapors of a flammable liquid that spread quickly through the crumbling foam layer. The use of carbon dioxide to extinguish a vertical steel tanks is a new, highly effective. The main prevailing differences of this installation are the response time and integrated quenching method — simultaneous exclusion oxidizer and an ignition source (hot tank walls). Supplying foam solution tank time is approximately 5 minutes after the operation of the ignition signal, and carbon dioxide fills the interior of the tank in 30 seconds.

Description of experimental studies. The efficiency of the installation of gas fire extinguishing based on isothermal with carbon dioxide module is confirmed by field trials. Tests were conducted on a model of the vertical tank RVS-1000 10 m in diameter. The mixture was used as fuel oil (99 % by weight of oil) and gasoline (up to 1 % by weight). Estimated number of gas extinguishing agent is 1021 kg. Tests were carried out in three stages: the main issue of the calculated amount of extinguishing agent; release of a reserve stock of the fire extinguishing agent 15 minutes after the second planned arson former oil composition; the use of stock to cope with the extinguishing agent after the smuggled from mobile isothermal containers while maximizing the free burning time.

Results and conclusions. Permanent installation of gas fire extinguishing module based on isothermal with carbon dioxide has proven effective for fire suppression vertical steel tanks with oil and oil products. Fire suppression time is less than 60 seconds. Upper accommodation efficiency of

the distribution manifold as compared to the lower placing is confirmed. Besides, simultaneously with fire extinguishing it's occurred efficient cooling of tank walls that previously could not be achieved by other systems. A significant result of the experiment is also a high performance fire-fighting technology using additional reserve amount of extinguishing agent after the first start-up and the ability to recharge from the mobile isothermal containers.

Keywords: vertical steel tank; petroleum; fire extinguishing agent; gas fire fighting; extinguishing time; tank walls cooling.

REFERENCES

1. Puzach S. V., Kolodyazhnyy S. A., Kolosova N. V. Modified zonal model for calculating of the fire gas dynamics in the room taking into account the form of convective column. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2015, vol. 24, no. 12, pp. 33–39 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2015.24.12.33-39.
2. Kolodyazhnyy S. A., Pereslavytseva I. I. Mathematical modeling of the dynamics of the main hazards in the initial stage of fire. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta (Kazan State University of Architecture and Engineering News)*, 2014, no. 4, pp. 403–412 (in Russian).
3. Merkulov A. V., Merkulov V. A. Installations for gaseous fire extinguishment. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2002, vol. 11, no. 6, pp. 75–78 (in Russian).
4. Creitz E. C. Inhibition of diffusion flames by methyl bromide and trifluoromethyl bromide applied to fuel and oxygen sides of the reaction zone. *Journal of Research of the National Bureau of Standards. Section A: Physics and Chemistry*, 1961, vol. 65A, no. 4, pp. 389–396. DOI: 10.6028/jres.065a.039.
5. Burke R., van Tiggelen A. Kinetics of laminar premixed methane–oxygen–nitrogen flames. *Bulletin des Sociétés Chimiques Belges*, 1965, vol. 74, no. 9-10, pp. 426–449. DOI: 10.1002/bscb.19650740907.
6. Baburov V. P., Baburin V. V., Fomin V. I., Smirnov V. I. *Production and fire automatics. Part 2. Automatic fire suppression system*. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2007. 298 p. (in Russian).
7. Starkov N. N. *Extinguishing fires and polar liquid petroleum carbon dioxide granular solid*. Cand. tech. sci. diss. Moscow, 2009. 191 p. (in Russian).
8. Sharapov S. V., Boblak V. A. Experimental studies on the use of liquid carbon dioxide to extinguish fires in the tank farms oil storage. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoy protivopozharnoy sluzhby MChS Rossii (Herald of St. Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia)*, 2012, no. 2, pp. 52–57 (in Russian).
9. Sharapov S. V., Boblak V. A. The use of liquid carbon dioxide to extinguish fires in the tank farms oil storage. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere (Problems of Technosphere Risk Management)*, 2012, vol. 22, no. 2, pp. 60–67 (in Russian).
10. Merkulov V. A., Kuzmenko K. P., Glukhov V. I. Retrospective of one innovation. *Territoriya Neftegaz (Oil and Gas Territory)*, 2016, no. 2, pp. 16–17 (in Russian).
11. Merkulov V. A., Kuzmenko K. P., Kirsanov A. I. Carbon dioxide extinguishing of fire in vertical steel tanks with oil and oil products. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2013, vol. 22, no. 3, pp. 58–61 (in Russian).
12. Kirsanov A. I. Fire protection of tank farms for the storage of petroleum products. *Aktualnyye problemy pozharnoy bezopasnosti. Materialy XXV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Actual Problems of Fire Safety. Proceedings of XXV International Scientific and Practical Conference)*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2013, pp. 464–472 (in Russian).
13. Kirsanov A. I., Sonechkin V. M., Aleshkov A. M. Determination of the optimal design of supply of carbon dioxide to extinguish the device steel tanks with oil and oil products. *Materialy XXVII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Actual Problems of Fire Safety. Proceedings of XXVII International Scientific and Practical Conference)*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2015, pp. 45–56 (in Russian).
14. Murphy R. F. Guidelines optimize foam fire fighting system. *Oil and Gas Journal*, 1982, no. 4, pp. 229–232.
15. *Set of rules 155.13130.2014. Warehouses of oil and oil products. Fire safety requirements*. Moscow, Emercom of Russia Publ., 2014 (in Russian).

For citation: Groshev A. D., Pereslavytseva I. I. Advantages of the fire extinguishing systems carbon dioxide with the elimination of burning tanks with petroleum products. *Pozharovzryvbezopasnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 12, pp. 69–75. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.12.69-75.