

УДК 614.843 (075.32)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.241120.69.700

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ В РЕЗЕРВУАРНИХ ПАРКАХ ЗБЕРІГАННЯ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ

ГУЛІДА Е. М.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
КОЗАК Я. Я.², ад'юнкт

^{1*} Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, 79007, Львів, Україна, тел. +38 (067) 371-96-58, e-mail: gulida24@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3881-7206

² Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, 79007, Львів, Україна, тел. +38 (097) 889-34-31, e-mail: yaruk.38@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8746-2185

Анотація. Постановка проблеми. Проектування резервуарних парків, забезпечення їх протипожежним захистом та дій пожежно-рятувальних підрозділів під час ліквідації пожеж або надзвичайних ситуацій на об'єктах регламентуються цілою низкою нормативних документів, проте, незважаючи на суворі протипожежні заходи на кількість пожеж у парках зберігання нафти та нафтопродуктів за останні десятки років залишається великою. **Мета дослідження** – розробити на основі модернізації існуючої системи протипожежного захисту резервуарних парків методологію автоматизованої системи подачі води для охолодження резервуарів та утворення за допомогою піногенератора на поверхні палаючої рідини вогнестійкої самозатяжної плівки для гасіння пожежі. **Висновок.** Запропонована система підшарового пожежогасіння забезпечує оперативне гасіння вогню шляхом утворення на поверхні нафтопродукту вогнестійкої самозатяжної плівки за рахунок спливання у верхню частину маленьких бульбашок піни низької кратності, що перекривають доступ кисню в зону горіння. Використання стаціонарно встановлених у верхньому поясі резервуара трубопроводів для інтенсивного охолодження водою його стінок у разі виникнення пожежі дозволяє в автоматичному режимі виконувати охолодження водою стінок резервуара без використання лафетних стовбурів. Застосування запропонованих заходів для локалізації пожежі дає можливість зменшити збитки від неї приблизно на 30...36 % порівнянно із загальноприйнятим підходом. Система гарантування пожежної безпеки об'єктів із наявністю нафтопродуктів обов'язково повинна містити комплекс заходів, що виключають можливість перевищення значень допустимого пожежного ризику і спрямованих на запобігання небезпеки у результаті пожежі та створення умов для успішного її гасіння.

Ключові слова: резервуарний парк; пожежа; протипожежний захист; оперативне гасіння пожежі; піногенератор

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКАХ ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

ГУЛИДА Э. Н.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
КОЗАК Я. Я.², ад'юнкт

^{1*} Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, ул. Клепаровская, 35, 79007, Львов, Украина, тел. +38 (067) 371-96-58, e-mail: gulida24@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3881-7206

² Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, ул. Клепаровская, 35, 79007, Львов, Украина, тел. +38 (097) 889-34-31, e-mail: yaruk.38@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8746-2185

Аннотация. Постановка проблемы. Проектирование резервуарных парков, обеспечения их противопожарной защитой и действий пожарно-спасательных подразделений при ликвидации пожаров или чрезвычайных ситуаций на таких объектах регламентируются целым рядом нормативных документов, при этом несмотря на строгие противопожарные меры на данных объектах, количество пожаров в парках хранения нефти и нефтепродуктов за последние десятилетия остается большим. **Цель исследования** – разработать на основе модернизации существующей системы противопожарной защиты резервуарных парков методологию автоматизированной системы подачи воды для охлаждения резервуаров и образования с помощью пеногенератора на поверхности пылающей жидкости огнестойкой самозатягивающейся пленки для тушения пожара. **Вывод.** Предложенная система подслоного пожаротушения обеспечивает оперативное тушение огня

путем образования на поверхности нефтепродукта огнестойкой самозатягивающейся пленки за счет всплытия в верхнюю часть маленьких пузырьков пены низкой кратности, перекрывающей доступ кислорода в зону горения. Использование стационарно установленных в верхнем поясе резервуара трубопроводов для интенсивного охлаждения водой его стенок при возникновении пожара позволяет в автоматическом режиме выполнять охлаждение водой стенок резервуара без использования лафетных стволов. Применение предложенных мер по локализации пожара дает возможность уменьшить потери от него примерно на 30...36 % по сравнению с общепринятым подходом. Система обеспечения пожарной безопасности объектов с наличием нефтепродуктов обязательно должна содержать комплекс мероприятий, исключающих возможность превышения значений допустимого пожарного риска и направленных на предотвращение опасности в результате пожара и создание условий для успешного его тушения.

Ключевые слова: резервуарный парк; пожар; противопожарная защита; оперативное тушение пожара; пеногенератор

FIRE SAFETY IN TANKS OF OIL AND OIL PRODUCTS STORAGE

GULIDA E.M.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
KOZAK Ya.Ya.², *adjunct*

^{1*} Head of the Department of Fire Tactics and Emergency Rescue, Lviv State University of Life Safety, 35, Kleparivska Str., 79007, Lviv, Ukraine, tel. +38 (067) 371-96-58, e-mail: gulida24@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3881-7206

² Department of Fire Tactics and Rescue, Lviv State University of Life Safety, 35, Kleparivska Str., 79007, Lviv, Ukraine, tel. +38 (097) 889-34-31, e-mail: yaruk.38@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8746-2185

Abstract. Formulation of the problem. The design of tank farms, providing them with fire protection and actions of fire and rescue units during fires or emergencies at such facilities are regulated by a number of regulations, despite the strict fire safety measures at these facilities, the number of fires in the parks storage of oil and oil products has remained unchanged for the last decades. **Purpose of the article** – is to develop on the basis of modernization of the existing system of fire protection of tank farms a methodology of automated water supply system for cooling tanks and formation of a fire-resistant self-tightening film for fire extinguishing with the help of a foam generator. **Conclusion.** The proposed sublayer fire extinguishing system provides rapid fire extinguishing by forming a fire-resistant self-tightening film on the surface of the oil product by floating in the upper part of small bubbles of low-density foam, blocking the access of oxygen to the combustion zone. The use of permanently installed in the upper belt of the tank pipelines for intensive water cooling of its walls in the event of a fire allows you to automatically perform water cooling of the tank walls without the use of gun barrels. The application of the proposed measures for fire localization makes it possible to reduce the damage from the fire by about 30... 36% compared to the generally accepted approach. The system of fire safety of facilities with the presence of petroleum products must contain a set of measures that exclude the possibility of not exceeding the values of the permissible fire risk and aimed at preventing the danger of fire and creating conditions for its successful extinguishing.

Keywords: tank farm; fire; fire protection; operative fire extinguishing; foam generator

Постановка проблеми. Основне місце зберігання нафти та нафтопродуктів під час їх транспортування та зберігання – це резервуарні парки [1]. Через велике скупчення легкозаймистих та займистих рідин на відносно невеликій площі та незначній відстані резервуарів один від одного створюється значна пожежна небезпека. У разі виникнення пожежі на одному резервуарі її тепловий вплив може спричинити займання або вибух сусідніх резервуарів.

Залежно від категорії об'єктів зберігання нафти і нафтопродуктів та місткості резервуарів впроваджують такі протипожежні заходи: стаціонарно

встановлюють піноотвірні пристрої (піногенератори) у верхньому поясі стінки резервуара під час гасіння на шар рідини; стаціонарні вводи пінопроводів у нижньому поясі стінки резервуара під час гасіння пожежі під шар рідини; стаціонарні установки охолодження; первинні засоби пожежогасіння; запас піноутворювача та протипожежне внутрішнє і зовнішнє водопостачання.

Крім цього, персоналу об'єкта необхідно постійно виконувати моніторинг території, обладнання, технологічних процесів, вогнебезпечних робіт, потенційних джерел займання, транспортних засобів тощо.

До основних причин виникнення пожеж у резервуарних парках зберігання нафти та нафтопродуктів можна віднести: прояв атмосферної електрики, іскри від електроустановок, самозаймання пароповітряних сумішей, механічні удари під час відбирання проб і вимірювання рівня рідини, під час ремонтних та профілактичних робіт, розряди статичної електрики.

Для попередження виникнення пожежі в цьому напрямку виконано значну роботу, але, незважаючи на суворі протипожежні заходи на таких об'єктах, кількість пожеж у парках зберігання нафти та нафтопродуктів за останні десяти роки залишається великою. Тому виникає проблема, яка полягає в удосконаленні методології гарантування пожежної безпеки резервуарних парків шляхом упровадження автоматизованої системи подачі води для охолодження резервуарів під час пожежі та утворення за допомогою піногенератора на поверхні рідини резервуара вогнестійкої самозатяжної плівки.

Аналіз публікацій. Горіння рідини в резервуарі являє собою дифузійне горіння струменя пари в повітрі [2]. Полум'я факела резервуара, який горить, має конічну форму. Експериментальним шляхом встановлено, що висота конуса H залежить від діаметра резервуара D :

для легкозаймистих рідин $H = 1,4D$;

для горючих рідин $H = 1,2D$ [3; 4].

Через горіння резервуару виникають такі небезпечні чинники:

- деформація сухої стінки резервуара;
- скипання нафтопродукту;
- викид палаючого нафтопродукту.

Вогнестійкість сухої верхньої частини стінки резервуара залежить від умов горіння і в більшості випадків вона низька. Результати аналізу різних пожеж показують, що втрата міцності сухої стінки настає вже через 15 хвилин після початку пожежі [5–7].

Результати досліджень [6] показують, що листові конструкції циліндричних резервуарів руйнуються внаслідок розриву вертикальних зварних швів, які отримують кільцеві зусилля розтягу.

Високі температури негативно впливають на плаваючий дах або понтон резервуара. Через певний час вони руйнуються і тонуть. У цьому випадку горіння нафтопродуктів триває вже не в кільцевому зазорі біля стінок, а по всій площі резервуара.

Скипання і викид нафтопродуктів у резервуарі викликає прогрітий верхній шар рідини [8; 9]. Ефективних заходів попередження скипання та викиду нафтопродуктів з резервуару під час пожежі немає. Тому оперативність пожежно-рятувальних підрозділів для гасіння пожежі має першочергове значення. Крім того, не можна допускати деформацію сухих стінок резервуара, які спричинюють утворення кишень. Сухою стінкою резервуара називається стінка, розташована вище рівня налитого в резервуар нафтопродукту. Отож необхідно своєчасно охолоджувати стінки резервуара, який горить. У разі горіння резервуара через випромінювання тепла воно передається на сусідні резервуари [10; 11]. Тому сухі стінки сусідніх резервуарів необхідно також своєчасно охолоджувати.

Мета дослідження – розробити на основі модернізації існуючої системи протипожежного захисту резервуарних парків методологію автоматизованої системи подачі води для охолодження резервуарів та утворення за допомогою піногенератора на поверхні палаючої рідини вогнестійкої самозатяжної плівки для гасіння пожежі.

Виклад матеріалу. Для гасіння пожеж на підприємствах нафтопереробної промисловості використовують піну [12–14]. В умовах резервуарних парків можливе застосування двох систем гасіння: 1) подача піни на поверхню нафтопродукту (надшарове гасіння); 2) подача піни низької кратності знизу. Система гасіння пожежі в резервуарі з подачею піни на поверхню нафтопродукту включає: центральну насосну станцію, магістральний розчинопровід зі встановленими на ньому гідрантами і контрольно-пусковими приладами, робочі розчинопроводи, пінокамери (для резервуарів із

стаціонарним дахом) або піногенератори ГПС-600 (для резервуарів із плаваючим дахом), пожежні сповіщувачі.

Але одного надшарового гасіння пожежі в резервуарі недостатньо. Це пояснюється тим, що через високу температуру піна, яка подається на поверхню нафтопродукту, руйнується. Крім цього, інтенсивний газообмін піни високої кратності, що знаходиться поряд із полум'ям, погіршує забір повітря піною. Необхідно також враховувати той факт, що у процесі розтікання піни по нафтопродукту, який горить, швидкість її руху зменшується у міру її віддалення від місця зливу. Це пояснюється руйнуванням піни за дії високої температури. Через деякий час кількість зруйнованої піни буде дорівнювати кількості піни, що надходить, і тоді ефективність цього способу дорівнюватиме нулю [15].

Враховуючи можливість часткової відмови надшарового гасіння пожежі, більш доцільно одночасно впроваджувати підшарове гасіння пожежі в резервуарі. Цей спосіб почали впроваджувати після розробки плівкотвірних піноутворювачів. Крім того, цей спосіб має переваги в тому, що на нього значно менше впливають вибухи та висока температура пожежі, а також природні чинники. Конструктивна схема підшарового гасіння пожежі на резервуарі зберігання нафтопродукту зображена на рисунку.

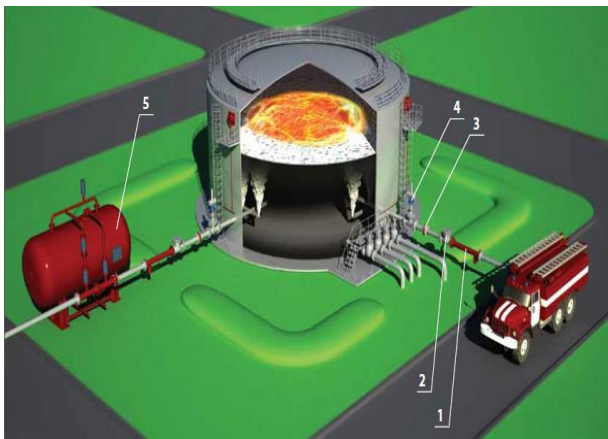


Рис. Конструктивна схема підшарового гасіння пожежі на резервуарі зберігання нафтопродукту: 1 – високонапірний піногенератор; 2 – зворотний клапан; 3 – запобіжна розривна мембрана; 4 – засувка; 5 – бак-дозатор

Подача води та піни від фторсинтетичного піноутворювача типу АFFF здійснюється від пожежного автомобіля та від центральної насосної станції з використанням бака-дозатора, в якому відбувається процентне змішування води і піни. Результати досліджень показали, що під час виникнення пожежі на резервуарі РВС 1 000 з нафтою через 14 хвилин горіння пожежа була ліквідована менше ніж за 8 хвилин.

Тепер розглянемо систему захисту резервуара від перегрівання під час пожежі. Основний засіб захисту полягає в охолодженні його стінок водою. Для цього можна використовувати:

- лафетні або ручні стовбури від пожежно-рятувальної техніки пожежно-рятувальних підрозділів;
- систему зрошення, яка може бути встановлена стаціонарно у верхній частині резервуара.

У результаті аналізу наукових праць [16–18] та на підставі цих даних отримано емпіричну залежність для визначення температури T сухої стінки резервуара $^{\circ}\text{C}$ від тривалості пожежі t у хвиликах і глибини стінки h в метрах від верха резервуара до рівня налитої рідини:

$$T = 155,34t^{0,5}h^{-0,4}, \quad (1)$$

де t змінюється в межах 1...10 хв; h – в межах 0,3...4 м.

За результатами публікації [19] встановлено, що для охолодження резервуарів використовується водяна плівка товщиною 3...5 мм, яка зливається по сухій стінці резервуара. Висота проливу плівки залежить від температури сухої стінки резервуара. Наприклад, за температури 300°C висота зливу плівки до закипання і повного випаровування складає 8 м. Виходячи із залежності (1) при $h = 4$ м температура сухої стінки змінюється за $t = 8$ хв від 700 до 620°C . Тоді висота зливу плівки до закипання і повного випаровування буде складати 4,5 м.

Виходячи із цих положень, необхідно підвищувати інтенсивність охолодження, що зумовить збільшення площі поверхні резервуара, на якій водяна плівка не закипатиме.

Для подачі охолоджувальної водяної плівки необхідно використовувати круговий трубопровід, який стаціонарно закріплюється у верхній частині резервуара на висоті 0,2 м від його верхньої кромки. Охолоджувальна система під'єднується до центральної насосної станції.

Наведені системи гасіння пожежі на резервуарах та їх охолодження працюють в автоматичному режимі. Для цього необхідне:

– установа на резервуарах РВС пожежних сповіщувачів полум'я згідно з ДСТУ EN 54-10, які на початковій стадії пожежі допускають виникнення відкритого полум'я або перегрітої поверхні понад 600°C [20];

– установа системи передачі інформації від пожежного сповіщувача на приймально-контрольний пристрій пожежної сигналізації, розташований в диспетчерському пункті об'єкта;

– розроблення системи формування сигналів управління з використанням контрольного пристрою пожежної сигналізації для систем протипожежного

захисту та іншого інженерного обладнання, задіяного для гасіння пожежі.

Висновки

1. Запропонована система підшарового пожежогасіння забезпечує оперативне гасіння пожежі шляхом утворення на поверхні нафтопродукту вогнестійкої самозатяжної плівки за рахунок спливання в верхню частину маленьких бульбашок піни низької кратності, що перекривають доступ кисню в зону горіння.

2. Використання стаціонарно встановлених у верхньому поясі резервуара трубопроводів для інтенсивного охолодження водою його стінок у разі виникнення пожежі дозволяє в автоматичному режимі виконувати охолодження водою стінок резервуара без лафетних стовбурів.

3. Застосування запропонованих заходів для локалізації пожежі дає можливість, як показали розрахунки, зменшити збитки від пожежі приблизно на 30...36 % порівнянно із загальноприйнятим підходом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 4454:2005 «Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання». Київ : Будстандарт, 2005. 36 с.
2. Виноградов В. П. Химические процессы при установившемся диффузионном горении в условиях пожара. *Вестник Санкт-Петербургского института государственной противопожарной службы*. 2003. № 2. С. 41–47.
3. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров. Москва : Стройиздат, 1990. 420 с.
4. Рябова І. Б., Сайгук І. В., Шаршанов А. Я. Термодинаміка і теплопередача у пожежній справі. Харків : АПБУ, 2002. 352 с.
5. Волков О. М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами. Москва : Недра, 1984. 151 с.
6. Мосалков И. Л., Плюснина Г. Ф., Фролов А. Ю. Огнестойкость строительных конструкций. Москва : Спецтехника, 2001. 496 с.
7. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарных парках. ГУГПС МВД России. Москва : ВНИИПО, 1999.
8. Иванов А. Н., Сучков В. П. Особенности пожарной опасности мазута и тушение пожаров в резервуарах с нефтепродуктами. *Известия Академии промышленной экологии*. 2005. № 1. С. 63–68.
9. Земцов А. Г. Повышение эффективности систем пожаротушения для резервуаров с мазутами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. С.-Петербургский институт государственной противопожарной службы МЧС России, 2004. 21 с.
10. Виноградов А. В., Бурлаченко А. Н. Методика розрахунку температури стінки резервуара для паливно-мастильних матеріалів під час пожежі. *Пожежна безпека*. 2002. № 6. С. 5–6.
11. Sacadura J. F. Radiative heat transfer in fire safety science. *J. Quant. Spectrosc. and Radiat. Transfer*. 2005. 93, № 1–3. Pp. 5–24.
12. Bikerman J. Foams. Verlag : Springer, 1973. 228 p.
13. Hoshino Makoto, Hayashi Koji. Extinguishing abilities of fire-fighting foams for petroleum tank fires. *Bulletin Japan Association Fire Science and Engineering*. 1990. 39, № 2. Pp. 9–17.
14. Басманов А. Е. Эффективность действий пожарных подразделений при локализации пожара в резервуарном парке. *Научный вестник будівництва*. Харків : ХДТУБА, 2006. Вип. 37. С. 121–126.

15. Баратов А. Н., Иванов Е. Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. Москва : Химия, 1979. 368 с.
16. Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. Оценка параметров распределения температуры сухой стенки резервуара при пожаре. *Научный вестник строительства*. Харьков : ХДТУБА, 2005. Вып. 34. С. 167–172.
17. Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. Экспериментальное определение тепловых параметров резервуара. *Вісник міжнародного слов'янського університету*. Харьков : ТОВ ПКФ „Яна”, 2005. Т. 8, № 1–2. С. 32–34.
18. Басманов А. Е. Моделирование нагрева стенки резервуара, соприкасающейся с нефтепродуктом. *Проблемы пожарной безопасности*. Харьков : Фолио, 2005. Вып. 17. С. 13–18.
19. Абрамов Ю. А., Басманов А. Е. Моделирование охлаждения нагревающегося резервуара с нефтепродуктом. *Автомобильный транспорт*. Харьков : ХНАДУ, 2005. Вып. 17. С. 96–98.
20. ДБН В.2.5-56:2014. Системы протипожежного захисту. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014.

REFERENCES

1. DSTU 4454:2005. *Nafta i naftoprodukty. Markuvannya, pakuvannya, transportuvannya ta zberihannya* [DSTU 4454: 2005. Oil and petroleum products. Marking, packaging, transportation and storage]. Kyiv: Budstandart Publ., 2005, 36 p. (in Ukrainian)
2. Vinogradov V.P. *Khimicheskiye protsessy pri ustanovivshemsya diffuzionnom gorenii v usloviyakh pozhara* [Chemical processes during steady-state diffusion combustion under fire conditions]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo institutata gosudarstvenoy protivopozharnoy sluzhby* [Bulletin of Saint-Petersburg Institute State Firefighting Service]. 2003, no. 2, pp. 41–47. (in Russian)
3. Drayzdeyl D. *Vvedeniye v dinamiku pozharov* [Introduction to the dynamics of fires]. Moscow : Stroyizdat Publ., 1990, 420 p. (in Russian)
4. Ryabova I.B., Sayhuk I.V. and Sharshanov A.Ya. *Termodynamika i teploperedacha u pozhezhiy spravi* [Thermodynamics and heat transfer in firefighting]. Kharkiv : APBU, 2002, 352 p. (in Ukrainian)
5. Volkov O.M. *Pozharnaya bezopasnost' rezervuarov s nefteproduktami* [Fire safety of tanks with oil products]. *Nedra* [Nedra]. Moscow, 1984, 151 p. (in Russian).
6. Mosalkov I.L., Plyusnina G.F. and Frolov A.Yu. *Ognestoykost' stroitel'nykh konstruksiy* [Fire resistance of building structures]. Moscow : Spetstekhnika Publ., 2001, 496 p. (in Russian)
7. *Rukovodstvo po tusheniyu nefi i nefteproduktov v rezervuarnykh parkakh* [Guidelines for extinguishing oil and oil products in tank farms]. GUGPS MVD Rossii [GUGPS Ministry of Internal Affairs of Russia]. Moscow : VNIPO, 1999. (in Russian)
8. Ivanov A.N. and Suchkov V.P. *Osobennosti pozharnoy opasnosti mazuta i tusheniye pozharov v rezervuarakh s nefteproduktami* [Features of the fire hazard of fuel oil and extinguishing fires in tanks with oil products]. *Izvestiya Akademii promyshlennoy ekologii* [Academy of Industrial Ecology]. 2005, no. 1, pp. 63–68. (in Russian)
9. Zemtsov A.G. *Povysheniye effektivnosti sistem pozharotusheniya dlya rezervuarov s mazutami : avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Improving the efficiency of fire extinguishing systems for tanks with fuel oil : author's abstract. dis. ... Cand. tech. sciences]. Saint-Petersburg Institute of the State Fire Service EMERCOM of Russia, 2004, 21 p. (in Russian)
10. Vynohradov A.V. and Burlachenko A.N. *Metodyka rozrakhunku temperatury stinky rezervuara dlya palyvno-mastylnykh materialiv pid chas pozhezhi* [Method of calculating the temperature of the tank wall for fuels and lubricants during a fire]. *Pozhezha bezpeka* [Fire safety]. 2002, no. 6, pp. 5–6. (in Ukrainian)
11. Sacadura J.F. Radiative heat transfer in fire safety science. *J. Quant. Spectrosc. and Radiat. Transfer*. 2005. 93, no. 1–3, pp. 5–24.
12. Bikerman J. *Foams*. Verlag : Springer, 1973, 228 p.
13. Hoshino Makoto and Hayashi Koji Extinguishing abilities of fire-fighting foams for petroleum tank fires. *Bulletin Japan Association Fire Science and Engineering*. 1990, 39, no. 2, pp. 9–17.
14. Basmanov A.E. *Éffektivnost' deystviy pozharnykh podrazdelenyy pry lokalyzatsyy pozhara v rezervuarom parke* [The effectiveness of fire units in the localization of fire in the tank farm]. *Naukovyy visnyk budivnytstva. Zbirnyk naukovykh prats* [Scientific Bulletin of Construction. Collection of scientific works]. Kharkiv : KhDTUBA, 2006, iss. 37, pp. 121–126. (in Russian)
15. Baratov A.N. and Ivanov Ye.N. *Pozharotusheniye na predpriyatiyakh khimicheskoy i neftepererabatyvayushchey promyshlennosti* [Fire extinguishing at chemical and oil refining industries]. Moscow : Chemistry, 1979, 368 p. (in Russian)
16. Abramov Yu.A. and Basmanov A.Ye. *Otsenka parametrov raspredeleniya temperatury sukhoy stenki rezervuara pri pozhare* [Estimation of the parameters of the temperature distribution of the dry wall of the tank in case of fire]. *Naukovyy visnyk budivnytstva* [Scientific Bulletin of Construction]. Iss. 34, Kharkiv : KhDTUBA, 2005, pp. 167–172. (in Russian)
17. Abramov Yu.A. and Basmanov A.Ye. *Éksperymental'noe opredelenye teplovykh parametrov rezervuara* [Experimental determination of thermal parameters of the tank] *Visnyk mizhnarodnoho slov'yans'koho universytetu*

TOV PKF „Yana” [Bulletin of the International Slavic University]. Kharkiv : LLC PKF "Yana", 2005, vol. 8, no. 1–2, pp. 32–34. (in Russian)

18. Basmanov A.Ye. *Modelirovaniye nagreva stenki rezervuara, soprikasayushcheysya s nefteproduktom* [Modeling the heating of the tank wall in contact with the oil product]. *Problemy pozharnoy bezopasnosti* [Problems of fire safety]. Kharkov : Folio, 2005, iss. 17, pp. 13–18. (in Russian)

19. Abramov Yu.A. and Basmanov A.Ye. *Modelirovaniye okhlazhdeniya nagrevayushchegosya rezervuara s nefteproduktom* [Simulation of cooling of a heating tank with oil product]. *Avtomobil'nyy transport* [Automobile transport]. Kharkov : KhNADU, 2005, iss. 17, pp. 96–98. (in Russian)

20. *DBN V.2.5-56:2014. Systemy protypozhezhnoho zakhystu* [DBN B.2.5-56: 2014. Fire protection systems]. Kyiv : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2014. (in Ukrainian)

Надійшла до редакції: 12.10.2020.