



МАТЕРІАЛИ ДРУКУЮТЬСЯ УКРАЇНСЬКОЮ,
АНГЛІЙСЬКОЮ, НІМЕЦЬКОЮ
ТА ПОЛЬСЬКОЮ
МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

ЛДУ БЖД

№ 32, 2018

заснований у 2002 році

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

д-р пед. наук **Козяр М.М.** – головний редактор

д-р с-г. наук **Кузик А.Д.** – заступник головного редактора

д-р техн. наук **Ковалишин В.В.** – науковий редактор

д-р техн. наук **Антонов А.В.**

д-р інж. **Єжи Волянін**

д-р інж. **Даріуш Врублевський**

д-р техн. наук **Гащук П.М.**

д-р техн. наук **Гуліда Е.М.**

д-р техн. наук **Демчина Б.Г.**

д-р техн. наук **Костенко В.К.**

д-р техн. наук **Круковський П.Г.**

д-р хім. наук **Михалічко Б.М.**

д-р техн. наук **Пашковський П.С.**

д-р фіз.-мат. наук **Тацій Р.М.**

канд. техн. наук **Баланюк В.М.**

канд. пед. наук **Коваль М.С.**

канд. техн. наук **Лозинський Р.Я.**

ISSN 2078-6662

ЗАСНОВНИК ТА ВИКОНАВЕЦЬ Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД)

ЗАРЕЄСТРОВАНО Державною реєстраційною службою України
14. 07. 2014 р. Серія KB №20916-10716 ПР

ВНЕСЕНО ДО ПЕРЕЛІКУ НАУКОВИХ ФАХОВИХ ВИДАНЬ УКРАЇНИ
Наказ МОН України від 06.11. 2014 року № 1279)

ВНЕСЕНО ДО БІБЛОГРАФІЧНОЇ БАЗИ ДАНИХ
«ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY»

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ЛДУ БЖД
(*Протокол № 10 від 08. 06. 2018 р.*)

Літературний редактор Падик Г.М.

Редактор англійської мови Хлевной О.В.

Технічний редактор Сорочич М.П.

Комп'ютерна верстка Хлевной О.В.

Відповідальний за друк Фльорко М.Я.

Друк на різнографі Трачук О.В.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007

Контактні телефони: (032) 233-24-79, тел/факс 233-00-88

E-mail: mail@ubgd.lviv.ua, pb_zbirnyk@i.ua

Збірник наукових праць "Пожежна безпека" видається з 2002 року. Запланована періодичність 2 рази на рік. Тематична спрямованість: оригінальні та оглядові праці в галузі технічних наук з напрямку пожежна безпека.

Здано в набір 08. 06. 2018. Підписано до друку 11. 06. 2018.

Формат 60x84^{1/3}. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 7,5.

Гарнітура Times New Roman. Друк на різнографі.

Наклад: 100.

Друк: ЛДУ БЖД

вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.

ЗМІСТ

CONTENTS

***Т. М. Войтович, Б. М. Гусар,
В. В. Ковалишин, В. В. Кошеленко,
О. В. Грушовінчук***
ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ
ПІНОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ “ПІД-
ШАРОВОГО” ГАСІННЯ

5

***T. M. Voitovych, B. M. Husar,
V. V. Kovalyshyn, V. V. Koshelenko,
O. V. Hrushovinchuk***
RESEARCH ON DOMESTICALLY
PRODUCED FIRE-FIGHTING FOAM
AGENTS FOR SUBSURFACE FIRE
EXTINGUISHING

Е. М. Гуліда
РОЗПОДІЛ БАЛАНСУ ТЕПЛОВОЇ
ЕНЕРГІЇ ПОЖЕЖІ В ЗАКРИТОМУ
ПРИМІЩЕННІ

15

E. M. Hulida
DISTRIBUTION OF THERMAL
BALANCE DURING FIRES
IN CLOSED ROOMS

С. О. Ємельяненко
ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
КОМП'ЮТЕРНИХ ТРЕНАЖЕРІВ
ДЛЯ АВАРІЙ НА ХІМІЧНО НЕБЕЗ-
ПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

22

S. Yemelyanenko
TECHNOLOGIES AND COMPUTER
SIMULATORS FOR TASK TRAINING
DURING CHEMICAL EMERGENCIES

***В. М. Ковальчик, О. В. Лазаренко,
Р. В. Кіндзер, Р. Ю. Сукач***
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
РОЗГАЛЬМУВАННЯ
АЦ-4-60(5309)-505М

27

***V.M. Kovalchik, O.V. Lazarenko, R.V.
Kindzer, R.Yu. Sukach***
IMPROVEMENT OF THE BRAKE
RELEASE SYSTEM OF THE PUMPER
АЦ-4-60(5309)-505М

***В. В. Ковалишин, Я. Б. Кирилів,
О. В. Грушовінчук***
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ
ВЗАЄМОДІЇ СТРУМЕНІВ
ПОВІТРЯНО-МЕХАНІЧНОЇ ПИЛИ
РІЗНОЇ КРАТНОСТІ ПІД ЧАС ЇХ
ПОЛЬОТУ

32

***V. V. Kovalyshyn, Ya. B. Kyryliv,
O. V. Hrushovinchuk***
IMPROVEMENT OF THE BRAKE RE-
LEASE SYSTEM OF THE PUMPER
АЦ-4-60(5309)-505М

С. Я. Кравців
МЕТОД УПРАВЛІННЯ
ІНТЕГРАЛЬНИМ ПОЖЕЖНИМ
РИЗИКОМ

39

S.Ya. Kravtsiv
METHOD OF INTEGRATED FIRE
RISK MANAGEMENT

***В. М. Марич, В. В. Ковалишин,
Я. Б. Кирилів, В. М. Ковальчик,
Б. М. Гусар***
ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ
ВОГНЕГАСНИХ ПОРОШКІВ ДЛЯ
ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ ДІ

45

***V. M. Marych, V. V. Kovalyshyn,
Ya. B. Kyryliv, V. M. Koval'chik,
B. M. Gusar***
OPTIMIZATION OF THE DRY
CHEMICAL POWDERS'
COMPOSITION FOR CLASS D1 FIRES
EXTINGUISHING

**О. Ю. Пазен, С. Я. Вовк,
О. І. Баши́нський, М. З. Пелешко,**
ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА
ОСНОВІ ПОЛІМЕТИЛФЕНІЛ-
СИЛОКСАНУ ДЛЯ СТАЛЕВИХ
БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

55

**O. Yu. Pazen, S. Ya. Vovk,
O. I. Bashynskiy, M.Z.Peleshko**
DEFINITION OF EFFICIENCY OF
POLYMETHYLPHENYLSILOXANE-
BASED FIRE PROTECTIVE
COATINGS FOR STEEL BUILDING
STRUCTURES

О. М. Уханська, Н. О. Штангрет
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ
ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ РУХУ
ТА ПРОЙДЕНОГО ШЛЯХУ
КРАПЕЛЬ ВОДНИХ
ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН У
ПРИМІЩЕННІ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ

63

O.M. Ukhanska, N.O. Shtangret
MATHEMATICAL MODEL FOR
DETERMINING THE STEP TIME AND
DISTANCE COVERED BY THE
DROPLETS OF LIQUID FIRE-
FIGHTING AGENT DURING THE
PROCESS OF FIRE EXTINGUISHING
IN THE CLOSED ROOM

Н. О. Ференц, Ю. Е. Павлюк,
ВОГНЕПЕРЕШКОДЖУВАЧІ НА
ОСНОВІ ВІДХОДІВ ЦЕОЛІТНИХ
КАТАЛІЗАТОРІВ ТИПУ «ЦЕОСОР 5А»

69

N. O. Ferents, Yu. E. Pavluk
FIRE PREVENTION DEVICES ON THE
BASIS OF THE WASTE ZEOLITE
CATALYSTS "TSEOSOR 5A"

О. М. Щербина
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ
ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО
ВИЯВЛЕННЯ І КІЛЬКІСНОГО
ВИЗНАЧЕННЯ ЛЕТКИХ ГОРЮЧИХ
І ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН В
ПОВІТРІ ТА БІОЛОГІЧНИХ
РІДИНАХ ОРГАНІЗМУ

74

O. Scherbyna
EXPERIMENTAL STUDIES ON THE
DETECTION AND QUANTIFICATION
OF VOLATILE FLAMMABLE AND
TOXIC SUBSTANCES IN THE AIR
AND BIOLOGICAL FLUIDS OF THE
ORGANISM

**Р.С. Яковчук, А.Д. Кузик,
О.В. Міллер, А.С. Лин**
ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНО-
ОЗДОБЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ
ФАСАДІВ БУДИНКІВ ЯК ФАКТОР
ПІДВИЩЕНОЇ ПОЖЕЖНОЇ
НЕБЕЗПЕКИ

80

**R. Yakovchuk, A. Kuzyk, O. Miller,
A. Lyn**
HEAT INSULATION-APPARATUS
SYSTEMS OF HOUSEHOLD FACADE
AS A FACTOR OF INCREASED FIRE
HAZARD

*Т. М. Войтович, Б. М. Гусар, В. В. Ковалишин, д-р техн. наук, професор,
В. В. Кошеленко, канд. техн. наук, доцент
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)
О. В. Грушовінчук, канд. техн. наук
(Державний центр сертифікації ДСНС України)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТЧИЗНЯНИХ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ “ПІДШАРОВОГО” ГАСІННЯ

Викладені проблеми гасіння пожеж в резервуарах, а також описано спроектовану експериментальну установку для їх моделювання. Описано спосіб гасіння пожеж нафти і нафтопродуктів у вертикальних сталевих резервуарах подачею піни низької кратності в основу резервуара безпосередньо в шар пального. Визначено час гасіння дизельного палива і бензину піноутворювачами загального і спеціального призначення. Проведено експериментальні дослідження з визначення вогнегасної ефективності піноутворювачів вітчизняного виробництва при “підшаровому” гасінні резервуарів.

Ключові слова: піноутворювач, резервуар, бензин, дизельне паливо, “підшарове” гасіння.

*T. M. Voityovych, B. M. Husar, V. V. Kovalyshyn,
V. V. Koshelenko, O. V. Hrushovinchuk*

RESEARCH ON DOMESTICALLY PRODUCED FIRE-FIGHTING FOAM AGENTS FOR SUBSURFACE FIRE EXTINGUISHING

This research outlines the problems of fire extinguishing in tanks, and describes a projected model of an experimental installation for the vertical tank fire simulation. The research also describes a method of extinguishing fires of oil and petroleum products in vertical steel tanks by supplying low expansion foam to the tank base directly into the fuel layer. The time of diesel fuel and gasoline fires extinguishing with the help of general and special purpose fire-fighting foam agents was calculated. Experimental investigations on definition of the fire-extinguishing efficiency of domestically produced fire-fighting foam agents by subsurface fire extinguishing of tanks were carried out.

Key words: fire-fighting foam agent, tank, gasoline, diesel fuel, subsurface extinguishing.

Постановка проблеми. З кожним роком в Україні все більш актуальною стає проблема запобігання пожежам та їх ліквідації. Зростає виробництво і споживання нафти та нафтопродуктів, при зберіганні, транспортуванні та використанні яких необхідно забезпечувати пожежовибухобезпеку [1]. Пожежі в резервуарах з нафтою і нафтопродуктами, як правило, розвиваються стрімко і мають затяжний характер, потребують залучення великої кількості сил і засобів, а також відрізняються складними процесами розвитку.

Якщо нафта містить емульговану воду, за допомогою якої її витісняють з пластів землі, то при пожежі нафта першочергово буде деемульгуватись і вода з верхнього шару нафти опуститься на дно резервуара. У міру вигорання температура поверхневого шару перевищить 100°C і з поширенням углиб велика зона емульсії перегріється по відношенню до емульгової води. В результаті виникне закипання крапельок води і з резервуара почне виливатись спінена нафта. Як викид, так і спінювання нафти різко ускладнює процес гасіння пожежі, тому коли горить нафта необхідно вживати енергійних заходів для охолодження резервуара, але при цьому всіляко слід уникати попадання води на розігріту поверхню пального.

Описана особливість горіння нафти і бензину враховується при організації гасіння пожеж. Нафтопродукти гасяться, як правило, піною середньої кратності, в якій вміст води дуже малий або піною низької кратності на фторованій основі, яку подають в шар пального [1].

У своїй роботі ми дослідили другий спосіб – подачу піни низької кратності в шар пального.

Перевага “підшарового” способу перед традиційним, де піну подають зверху, полягає в захищеності піногенераторів і піновводів від вибуху пароповітряної суміші. Важливо, що при реалізації “підшарового” способу особовий склад пожежних підрозділів та техніка розташовуються за обвалуванням і менше піддаються безпосередній небезпеці від викиду або закипання палаючої нафти [2].

Також “підшаровий” спосіб гасіння пожеж у резервуарах має такі переваги:

- установка “підшарового” гасіння дає змогу ліквідувати горіння у резервуарі незважаючи на руйнування верхнього поясу і наявність ділянок, закритих зверху;
- ефективність дії установки “підшарового” гасіння мало залежить від тривалості розвитку пожежі і температури, якої може набути нафта чи нафтопродукт внаслідок горіння;
- у разі гасіння “підшаровим” способом уся піна потрапляє в резервуар, що дає змогу зменшити витрату піноутворювача;
- установка “підшарового” гасіння добре сполучається з технологією газоуловлювання;
- установка “підшарового” гасіння дає змогу збільшити ефективний об’єм резервуара;
- під час пожежі в резервуарі практично виключається пошкодження обладнання установки “підшарового” гасіння від вибухів і теплових потоків;
- ефективність “підшарового” способу гасіння практично не залежить від атмосферних явищ (вітру, опадів) [3].

Установки “підшарового” пожежогасіння придатні для гасіння рідких вуглеводнів (насамперед нафти і нафтопродуктів), що зберігаються у вертикальних сталевих резервуарах зі стаціонарною покрівлею (без понтона чи з понтоном). У разі оснащення установками “підшарового” пожежогасіння резервуарів з понтоном, необхідно забезпечити потрапляння усієї піни в кільцевий зазор між стінкою резервуара і понтоном. Під час розрахунків виходять з необхідності подавання піни на всю поверхню дзеркала рідини у резервуарі за умови гасіння пересувними установками пожежогасіння [3].

“Підшаровий” спосіб гасіння не повинен застосовуватись для гасіння:

- водорозчинних рідин, наприклад, спиртів, складних ефірів, кетонів, альдегідів та інших рідин, для гасіння яких потрібно застосовувати піноутворювачі, придатні для гасіння таких рідин (піноутворювачі типу “AR”);
- вуглеводневих горючих рідин з температурою спалаху нижчою за 25°C і температурою кипіння вищою за 40°C;
- горючих рідин, які зберігаються за температур вищих ніж 80°C та/або мають кінематичну в’язкість 100 мм²/с і вище [4];
- для протипожежного захисту резервуарів, у яких зберігаються нафта і нафтопродукти, динамічна в’язкість яких за найнижчої можливої температури зберігання перевищує 0,4 Па·с (деякі марки мазуту, а також мастила, горючі бітуми);
- для протипожежного захисту резервуарів технологічних установок, де зберігаються рідини, нагріті до температури вищої за 90°C [3].

У документі [5] описані вимоги до пожежної охорони на складах з нафтою та нафтопродуктами. На таких об’єктах стаціонарні установки автоматичного пожежогасіння слід передбачати, як правило, для гасіння пожежі наземних резервуарів номінальним об’ємом 5000 м³. Також в резервуарних парках слід передбачати пожежогасіння повітряно-механічною піною середньої кратності. Пожежогасіння піною низької кратності допускається передбачати для резервуарів при подачі її в шар нафти або нафтопродукту.

На стаціонарних установках для “підшарового” гасіння на резервуарах (за винятком резервуарів з плаваючою покрівлею) мінімальна кількість пристроїв для введення піни під шар рідини повинна прийматися згідно з таблицею 1 [4].

Таблиця 1

Вимоги щодо кількості пристроїв для введення піни у системах “підшарового” і “псевдопідшарового” гасіння

Діаметр резервуара, м	Кількість пристроїв для введення піни	
	у випадку рідин з температурою спалаху не вище ніж 40°C	у випадку рідин з температурою спалаху вище ніж 40°C
Не більше ніж 24	1	1
Більше ніж 24 до 36 включно	2	1
Більше ніж 36 до 42 включно	3	2
Більше ніж 42 до 48 включно	4	2
Більше ніж 48 до 54 включно	5	2
Більше ніж 54 до 60 включно	6	3
Більше ніж 60	6 + 1 на кожні 465 м ² площі поверхні рідини для резервуарів, в яких вона перевищує 2827 м ²	3 + 1 на кожні 700 м ² площі поверхні рідини для резервуарів, в яких вона перевищує 2827 м ²

Аналіз досліджень та публікацій. Вивченням питання гасіння пожеж у вертикальних сталевих резервуарах подачею піни в шар речовини займалися: Боровиков В.О., Антонов А.В., Шароварніков А.Ф., Шароварніков С.А., Воевода С.С., Молчанов В.П., Корольченко А.Я., Ляпин А. В., В.В. Кокорін та інші [6, 7, 8, 9, 10].

У роботі [6] описано сучасні способи протипожежного захисту резервуарів, включаючи комбіновану систему “підшарового” гасіння пожеж нафтопродуктів в резервуарах підвищеної місткості. Також у роботах [7, 8] описано результати досліджень, які показують, що сумішеві палива (в склад яких входять спирти і компоненти, які дозволяють краще суміщати спирти з бензином) можна гасити “підшаровим” способом, але при використанні піноутворювачів, в склад яких, разом з фторованими стабілізаторами входять полімерні компоненти. Це пов’язано з тим, що гасіння сумішевих палив піною ускладнюється руйнуванням піни спиртами.

Розрахунок часу “підшарового” гасіння горючих речовин в резервуарах РВС-700, РВС-2000 і РВС-5000, а також експериментальні дослідження, в яких змінювалась кількість пінних насадок і питомий розхід піни було представлено у роботі [10]. Спостерігалось підвищення значень часу гасіння на відміну від розрахункових, що може бути пов’язано з додатковим впливом розжарених бортів резервуарів, через які довгий час підтримується декілька вогнищ горіння.

Слід зазначити, що дослідженню вітчизняних піноутворювачів присвячено чимало праць, але таких де вони застосовуються у “підшаровому” гасінні практично немає.

Для установок пожежогасіння витрати вогнегасних засобів визначаються, виходячи з інтенсивності їх подачі. У своїх дослідженнях ми аналізували документи [2, 5, 6], де вказані нормативні інтенсивності подачі робочих розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж у резервуарах.

У документі [11] зазначені нормативні інтенсивності подачі робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення для гасіння пожеж у резервуарах з нафтою і нафтопродуктами з температурою спалаху 28°C і нижче, а також вище 28°C (табл. 2).

Таблиця 2

Інтенсивність подавання робочих розчинів піноутворювачів для гасіння пожеж у резервуарах

Найменування нафтопродукту	Інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювачів спеціального призначення, л/м ² ·с ⁻¹		Інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювачів загального призначення, л/м ² ·с ⁻¹
	Піна низької кратності	Піна середньої кратності	Піна середньої кратності
Нафта та нафтопродукти з температурою спалаху 28°C і нижче та рідини, які нагріті до температури вищої за температуру спалаху	0,08	0,08	0,08
Нафта та нафтопродукти з температурою спалаху вище 28°C	0,05	0,05	0,05

Натомість у документі [2] додатково вказується нормативна інтенсивність подачі робочих розчинів фторвмісних піноутворювачів для гасіння пожеж в резервуарах з бензином, газом і дизельним паливом, отриманим із газового конденсату (табл. 3).

Таблиця 3

*Нормативна інтенсивність подачі піни низької кратності
для гасіння нафти і нафтопродуктів в резервуарах*

Вид нафтопродукту	Нормативна інтенсивність подачі розчину піноутворювача, л/м ² ·с ⁻¹							
	Піна низької кратності						Піна середньої кратності	
	Фторвмісні піноутворювачі (за винятком AFFF и FFFP)		Фторсинтетичні піноутворювачі типу AFFF		Фторпротеїнові піноутворювачі типу FFFP		Фторовані піноутворювачі	Піноутворювачі загального призначення
	на поверхню	в шар	на поверхню	в шар	на поверхню	в шар		
Нафта та нафтопродукти з температурою спалаху 28°C і нижче	0,08	0,12	0,07	0,10	0,07	0,10	0,05	0,08
Нафта та нафтопродукти з температурою спалаху вище 28°	0,06	0,10	0,05	0,08	0,05	0,08	0,05	0,05
Стабільний газовий конденсат	0,10	0,20	0,10	0,12	0,10	0,14	0,12	0,30
Бензин, газ, дизельне паливо, отримане із газового конденсату	0,08	0,12	0,08	0,10	0,08	0,10	0,10	0,15

Також нормативні інтенсивності описані в документі [5], де сказано, що для установок пінного пожежогасіння витрату розчину піноутворювача слід приймати:

- 0,08 л/м²·с⁻¹ – при гасінні нафти і нафтопродуктів з температурою спалаху 28°C і нижче, піною середньої кратності піноутворювачами загального призначення і піною низької кратності;
- 0,05 л/м²·с⁻¹ – при гасінні нафти і нафтопродуктів з температурою спалаху 28°C і нижче, піною середньої кратності піноутворювачами цільового призначення, і при гасінні нафти і нафтопродуктів з температурою спалаху вище 28°C незалежно від піноутворювачів, які застосовуються [5].

У своїй роботі ми спирались на нормативні значення інтенсивності подачі робочого розчину піноутворювача, описані в документах [5, 11]. Також робили порівняння зі значеннями, вказаними у документі [2], адже там уточнюється спосіб подавання робочого розчину піноутворювача.

Метою роботи є проведення експериментальних досліджень для визначення вогнегасної ефективності піноутворювачів загального і спеціального призначення вітчизняного виробництва при “підшаровому” гасінні резервуарів.

Для досягнення цієї мети ми спроектували експериментальну установку для випробування піноутворювачів подачею піни в шар пального, що горить (рис. 1).

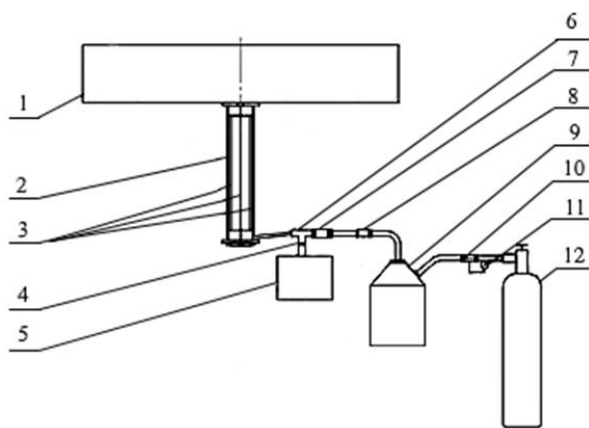


Рисунок 1 – Установка для випробування піноутворювачів для “підшарового” способу гасіння УПШГ-1:

1 – деко; 2 – скляна колба; 3 – стягуючі штанги; 4 – кран зливу нафтопродукту; 5 – резервуар для зливу нафтопродукту; 6 – трійник; 7 – зворотний клапан; 8 – кран подачі робочого розчину піноутворювача; 9 – резервуар з розчином піноутворювача; 10 – редуктор; 11 – манометр; 12 – балон зі стиснутим повітрям або інертним газом.

Результати випробувань. Провівши експериментальні дослідження, результати яких наведені у табл. 3, встановлено, що при тиску 6 атм на випробувальній установці для “підшарового” гасіння було досягнуто гасіння дизельного палива плівкоутворюючими піноутворювачами і піноутворювачами загального призначення.

Відповідно до документа [5] робочу концентрацію піноутворювача в розчині слід приймати за технічними умовами на піноутворювач, але у всіх випадках не менше:

- для піноутворювачів загального призначення – не менше 6% при використанні води для приготування розчину жорсткістю до 5 ммоль/л, не менше 9% при використанні води для приготування розчину жорсткістю більше 5 до 15 ммоль/л і не менше 12% при використанні морської води для приготування розчину піноутворювача;
- для піноутворювачів цільового призначення (плівкоутворюючих) – не менше 3% при використанні води для приготування розчину жорсткістю до 15 ммоль/л і не менше 6% при використанні морської води.

У своїх випробуваннях ми використовували робочий розчин піноутворювачів загального і спеціального призначення з концентрацією 6%.

Таблиця 4

Результати експериментальних досліджень гасіння дизельного палива піноутворювачами загального і спеціального призначення

№ дос-ліду	Піно-утворювач	V, л	$\tau_{\text{гас}}, \text{с}$	$S_{\text{гас}}, \text{м}^2$	P, атм	Q, л/с	$I_2, \text{л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$	Примітка
1.	Барс AFFF	9	155	0,95	1	0,058	0,061	не погашено
2.	Барс AFFF	9	150	0,95	1,5	0,06	0,077	погашено
3.	Барс AFFF	8,5	115	0,95	3	0,074	0,078	погашено
4.	Барс AFFF	7,5	75	0,95	4	0,1	0,105	погашено
5.	Барс AFFF	6,835	56	0,95	5	0,1225	0,129	погашено
6.	Барс AFFF	5,8	38	0,95	6	0,1525	0,16	погашено
7.	ППЛВ	9	140	0,95	1,3	0,064	0,068	не погашено
8.	ППЛВ	9	120	0,95	1,5	0,075	0,079	погашено
9.	Барс S-1	7,6	48	0,95	6	0,158	0,165	погашено
10.	Бар'єр	7,92	48	0,95	6	0,165	0,174	погашено
11.	Альпена	7,7	48	0,95	6	0,16	0,169	погашено

Для гасіння дизпалива піноутворювачами загального призначення інтенсивність подачі робочого розчину становила від $0,165 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ до $0,174 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ при тиску 6 атмосфер.

Для плівкоутворюючих піноутворювачів гасіння відбувалось при тиску подачі від 1 атм до 6 атм. Гасіння не було досягнуто при інтенсивності подачі $0,061 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ і тиску 1 атм для Барс AFFF та $0,068 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ і тиску 1,3 атм для ППЛВ.

Найнижча інтенсивність подачі, за якої було погашено вогнище становила $\sim 0,08 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ при тиску 1,5 атм, що на $0,03 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ більше від нормативної, зазначеної у документах [5, 11] і на $0,02 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ менше від нормативної, зазначеної у документі [2].

На рис.2 можна побачити залежність витрати піноутворювача Барс AFFF від тиску в системі. Як ми бачимо на графіку, при збільшенні тиску в системі, витрата піноутворювача зростає.

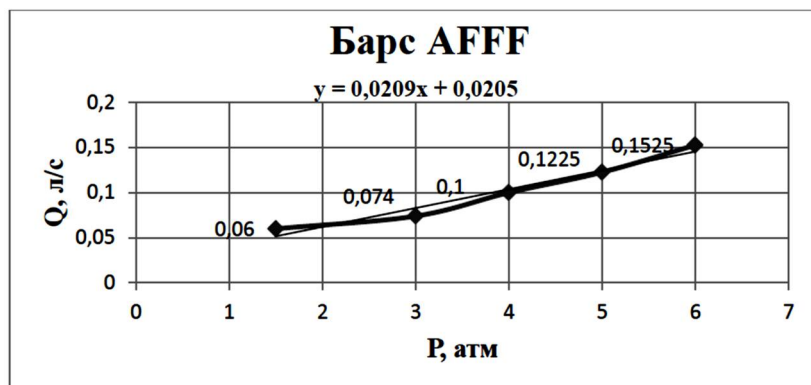


Рисунок 2 – Залежність витрати піноутворювача Барс AFFF від тиску в системі “підшарового” гасіння резервуара з дизельним паливом для експериментальної установки УППГ-1

З параболічної залежності (рис. 3), яка отримана на підставі розрахунків бачимо, що тривалість гасіння зростає зі зменшенням інтенсивності подачі піноутворювача Барс AFFF.

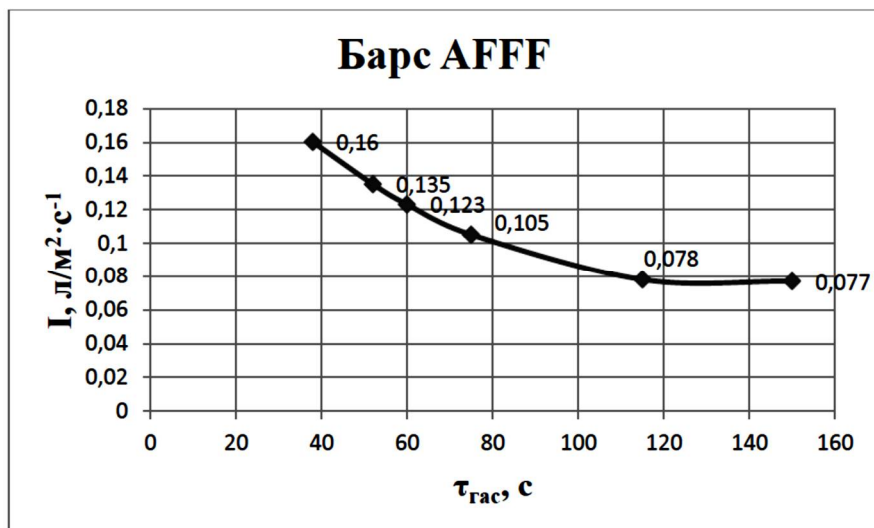


Рисунок 3 – Залежність інтенсивності подачі піноутворювача Барс AFFF від тривалості гасіння резервуара з дизельним паливом

Також ми провели дослід на випробувальній установці для гасіння бензину А-92 (табл. 5).

Таблиця 5

Результати експериментальних досліджень гасіння бензину марки А-92 піноутворювачами загального і спеціального призначення

№ дос-ліду	Піноутво-рювач	V, л	$\tau_{\text{гас}}, \text{с}$	$S_{\text{гас}}, \text{м}^2$	P, атм	Q, л/с	$I, \text{л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$	Примітка
1.	Софір	10	100	0,95	6	0,1	0,105	не погашено
2.	Софір	8,5	65	0,95	8	0,131	0,138	погашено
3.	Барс См	10	98	0,95	6	0,102	0,107	не погашено
4.	Барс См	5,5	43	0,95	8	0,128	0,135	погашено
5.	Барс AFFF	9,25	100	0,95	5	0,0925	0,097	погашено
6.	Барс AFFF	8,1	85	0,95	6	0,095	0,1	погашено
7.	Барс AFFF	6,8	69	0,95	7	0,099	0,104	погашено
8.	Барс AFFF	2,9	27	0,95	8	0,107	0,113	погашено
9.	Барс AFFF	3	25	0,95	10	0,12	0,126	погашено

Як бачимо з таблиці, при тиску в системі 6 атмосфер піноутворювачі загального призначення не погасили горіння бензину. Полум'я було успішно ліквідовано лише при тиску 8 атмосфер та інтенсивності подачі $0,135 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, що на $0,055 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ більша за нормативну, зазначену в документах [5, 11] і на $0,015 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ менша за нормативну, зазначену в документі [2].

При використанні піноутворювача спеціального призначення Барс AFFF мінімальна інтенсивність подачі робочого розчину піноутворювача становила $\sim 0,1 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$, що на $0,02 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ більша за нормативну, зазначену в документах [5, 11] і відповідає нормативній, зазначеній у документі [2].

Для успішного гасіння полум'я піноутворювачем Барс AFFF достатньо було 5 атмосфер, на відміну від 8 атмосфер – при використанні піноутворювачів загального призначення. Це пов'язано з тим, що фторсинтетичні плівкоутворюючі піноутворювачі типу AFFF містять фторвуглеводний компонент, який надає піні інертності до вуглеводних речовин, що значно зменшує імовірність забруднення піни горючою речовиною. Крім цього, фторвуглеводний компонент знижує поверхневий натяг водного розчину піноутворювача до величини меншої, ніж у нафтопродуктів. Внаслідок цього плівка розчину, яка виділяється з піни, розтікається по поверхні пального і значно зменшує швидкість його випаровування [12].

На рис. 4 ми бачимо параболічну залежність, яка демонструє, що чим більша інтенсивність подачі піноутворювача Барс AFFF, тим менша тривалість гасіння.

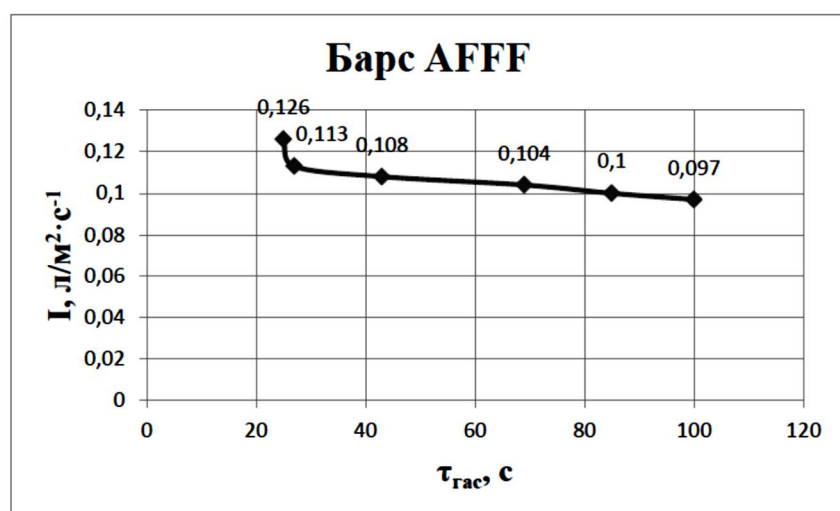


Рисунок 4 – Залежність інтенсивності подачі піноутворювача Барс AFFF від тривалості гасіння резервуара з бензином марки А-92

На наступному графіку зображено пряму лінійну залежність між тиском і витратою робочого розчину піноутворювача Барс АFFF (рис. 5).

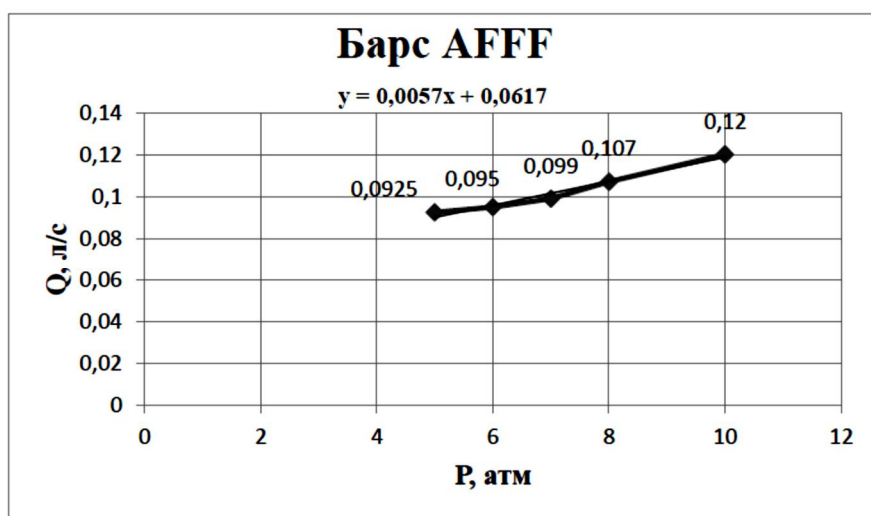


Рисунок 5 – Залежність витрати піноутворювача Барс АFFF від тиску в системі “підшарового” гасіння резервуара з бензином марки А-92 для експериментальної установки УПШГ-1

Під час експериментів на бензині визначено, що стійкість піни на основі піноутворювача загального призначення становило до 6 хвилин, а на основі плівкоутворюючого піноутворювача – більше 12 хвилин.

Висновки

1. Спроековано і розроблено експериментальну установку для визначення часу гасіння пожежі в резервуарах з нафтою і нафтопродуктами подачею піни в шар пального.

2. Проведено експериментальні дослідження з визначення вогнегасної ефективності піноутворювачів загального і спеціального призначення вітчизняного виробництва при “підшаровому” гасінні резервуарів.

3. Експериментально визначено інтенсивності подачі піни низької кратності для гасіння горіння бензину ($\sim 0,1 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$) та дизельного палива ($\sim 0,08 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$) в резервуарах і проаналізовано відповідність їх до нормативних значень. Встановлено, що існуючі вітчизняні нормативні документи потребують змін щодо інтенсивності подачі піноутворювачів при “підшаровому” гасінні нафти і нафтопродуктів в резервуарах.

4. Визначено, що при використанні піноутворювачів загального призначення для гасіння горіння бензину і дизельного палива “підшаровим” способом, необхідна більша інтенсивність подачі, ніж з використанням фторсинтетичних піноутворювачів (не менше $0,135 \text{ л/м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$). Причиною є присутність у піноутворювачах спеціального призначення фторвуглеводного компоненту, який надає піні інертності до вуглеводних речовин, а також здатності утворювати плівку, яка розтікається по поверхні пального і значно зменшує швидкість його випаровування.

5. Під час гасіння бензину визначено, що час руйнування піни на основі піноутворювача загального призначення після гасіння становив до 6 хвилин, а на основі плівкоутворюючого піноутворювача – більше 12 хвилин.

Список літератури:

1. Шароварников, А. Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение. – М.: Знак, 2000. – 464 с.

2. Руководство по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках : утв. ГУГПС МВД России 12.12.99 г. – М. : ВНИИПО, 2000.
3. Ковалишин, В. В. Пінне гасіння : Навчальний посібник / В. В. Ковалишин, О. Е. Васильєва, Н. М. Козяр. – Львів: Сполом, 2007. – 168 с.
4. ДСТУ Б EN 13565-2:2013 Стационарные системы пожаротушения. Системы пінного пожаротушения. Часть 2. Проектирование, монтаж та технічне обслуговування (EN 13565-2:2009, IDT)[Текст]. – впр. 2013.06.21. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 96 с.
5. ВБН В.2.2-58.1-94 Проектирование складов нефти і нефтепродуктов с тиском насыщенных паров не выше 93,3 кПа[Текст]. – впр. 1994.04.01.- Київ: Держкомнафтогаз, 1994. – 151 с.
6. Шароварников А. Ф. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / А. Ф. Шароварников, В. П. Молчанов, С. С. Воевода, С. А. Шароварников. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во “Пожнаука”, 2007. – 380 с.
7. Шароварников, С. А. Тушение многокомпонентных смесевых топлив фторсинтетическими пенообразователями подслоным способом / С. А. Шароварников, А. Я. Корольченко, А. В. Ляпин // Пожаровзрывобезопасность. – 2014. – Т. 23. – № 6. – С. 76–80.
8. Шароварников, С. А. Тушение смесевых топлив в резервуарах подачей пены под слой горючего : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.26.03. “Пожарная безопасность” / Шароварников Сергей Александрович ; – ВНИИПО. – М., 1997. – 23 с.
9. Кокорин, В.В. Влияние пены на время тушения пожаров в емкости при подаче ее в слой горючей жидкости / В. В. Кокорин, Ф. Ш. Хафизов, Н. М. Барбин, Р. С. Сатюков // Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21. – №10. – С. 81-83.
10. Шароварников, А. Ф. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / А. Ф. Шароварников, В. П. Молчанов, С. С. Воевода, С. А. Шароварников – М. : Издательский дом «Калан», 2002. – 448 с.
11. Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нефтепродуктами: НАПБ 05.035-2004/ затверджена наказом МНС України від 16.02.2004 № 75.
12. Рекомендации по использованию пенообразователей UNISERAL AF 15-01, UNISERAL AF 15-21, UNISERAL AF 22.
13. Ковалишин, В. В. Перспективи розвитку пінного гасіння / В. В. Ковалишин, Я. Б. Кирилів, Т. М. Войтович, Б. М. Гусар // Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку : матеріали ХІХ Міжнародної науково-практичної конференції. – Київ: ІДУЦЗ, 2017. – С. 207–210.

References:

1. Sharovarnikov, A. F. (2000), *Protivopozharnyye peny. Sostav, svoystva, primeneniye* [Firefighting foam. The composition, properties and application], *Znak Publ.*, Moscow, Russia.
2. *Guidance for extinguishing oil and oil products fires and oil in tanks and tank farms.* Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2000 (in Russian).
3. Kovalyshyn, V. V., Vasylieva, O. E. and Koziar, N. M. (2007), *Pinne hasinnia* [Foam quenching], *Spolom*, Lviv, Ukraine.
4. DSTU B EN 13565-2:2013 (EN 13565-2:2009, IDT). Fixed firefighting systems. Foam fire extinguishing systems. Part 2: Design, installation and maintenance (in Ukrainian).
5. VBN V.2.2-58.1-94 Laying-out of store premises for oil and oil products with saturated vapor pressure not exceeding 93.3 kPa. Kyiv: Oil and residue gas State Committee of Ukraine, 1994. 151 p. (in Ukrainian).
6. Sharovarnikov, A. F., Molchanov, V. P., Vovayevoda, S. S. and Sharovarnikov, S. A. *Tusheniye pozharov nefi i nefteproduktov. 2-e izd.* [Extinguish fires of oil and oil products. 2nd Edition]. Moscow, *Pozhnauka Publ.*, 2007. 380 p.

7. Sharovarnikov, S. A., Korolchenko, D. A., Lyapin, A. V. Tusheniye mnogokomponentnykh smesevykh topliv florsinteticheskimi penoobrazovatelyami podsloynym sposobom [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.
8. Sharovarnikov, S. A. (1997), “Extinguishing of the composite fuels in tanks by feeding foam by sublayer way”. Thesis abstract ... Cand. Sc. (Fire safety.). 05.26.03, All-Russian Research Institute for Fire Protection, Moscow, Russia.
9. Kokorin, V. V., Khafizov, F. Sh., Barbin, N. M., Satukov, R. S. Vliyaniye peny na vremya tusheniya pozharov v yemkosti pri podache yeye v sloy goryuchey zhidkosti [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.
10. Sharovarnikov, A. F., Molchanov, V. P., Voevoda, S. S. and Sharovarnikov, S. A. (2002), *Tusheniye pozharov nefi i nefteproduktov* [Fire extinguishing of oil and oil products], Kalan Publ., Moscow, Russia.
11. Instruction for extinguishing fires in tanks with oil / imperative of State Emergency Service from 16.02.2004 № 75 (in Ukrainian).
12. Recommendations for use of fire-fighting foam agents UNISERAL AF 15-01, UNISERAL AF 15-21, UNISERAL AF 22 (in Russian).
13. Kovalyshyn, V. V., Kyryliv, YA. B., Voitovych, T. M. and Husar, B. M. (2017), “Prospects of development of foam extinguishing”, *Suchasnyi stan tsyvilnoho zakhystu Ukrainy ta perspektyvy rozvytku. Materialy XIX Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi* [The current state of civil defence of Ukraine and the prospects of development : Proc. 11th Int. Conf.], The State Emergency Service of Ukraine, Kyiv, October 10-11, 2017, pp. 207–210.

