

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

СЛУЦЬКА ОКСАНА МИХАЙЛІВНА

УДК 614.841.45

**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ  
ПІНОУТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ**

21.06.02 – пожежна безпека

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Львів – 2019

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Українському науково-дослідному інституті цивільного захисту.

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук, старший науковий співробітник **Боровиков Володимир Олександрович**, фахівець із стандартизації, сертифікації та якості ГО “Українська федерація спеціалістів безпеки”

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Кириченко Оксана В'ячеславівна**, начальник кафедри пожежно-профілактичної роботи Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля (м. Черкаси)

кандидат технічних наук **Грушовінчук Олександр Володимирович**, заступник начальника Державного центру сертифікації ДСНС України - начальник відділу інспектування у сфері пожежної та техногенної безпеки Державного центру сертифікації ДСНС України (м. Київ)

Захист відбудеться 30 травня 2019 р. о 14.00 на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.874.01 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності (79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35).

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35) та на сайті <https://ldubgd.edu.ua>.

Автореферат розіслано « \_\_\_\_ » квітня 2019 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
к.т.н., доцент

В.М. Баланюк

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** В Україні щороку виникає понад 70 тис. пожеж, які призводять до значних збитків, знищення будинків, споруд, технологічного обладнання, матеріальних цінностей, а також загибелі людей і тварин. Ефективність боротьби з пожежами значною мірою залежить від правильного вибору вогнегасних речовин і способів їх подавання. Важливе місце серед них займають піноутворювачі (ПУ), робочі розчини яких застосовують для генерування піни під час ліквідації пожеж, які зазвичай неможливо погасити іншими засобами. До таких пожеж відносяться, наприклад, пожежі на об'єктах видобування, переробки та зберігання нафти і нафтопродуктів.

До середини 1990-х років минулого століття піноутворювачі вітчизняними підприємствами не вироблялися, підрозділи пожежної охорони і промислові підприємства споживали здебільшого біологічно “жорсткі” вогнегасні речовини, рецептури яких було розроблено ще за радянських часів. Початок їх виробництва, а також розроблення нормативної бази щодо випробування і застосування піноутворювачів в Україні стали можливими завдяки роботам Казакова М.В., Пешкова В.В., Шароварнікова О.Ф., Білкуна Д.Г., Меркулова В.А., Баженова С.В., Зеленкіна В.М., Цариченка С.Г., Антонова А.В., Білошицького М.В., Боровикова В.О., Ковалишина В.В., Костенка В.К., Грушовінчука О.В., Козяра Н.М. та ін. Основну увагу перелічені дослідники приділяли розробленню рецептур піноутворювачів, у той час, як питання, пов'язані з підвищенням об'єктивності результатів випробувань з оцінювання їх якості, було вивчено неповною мірою. Система контролювання якості піноутворювачів в Україні не відповідала сучасним вимогам. Перехід на нові технології виробництва автомобільного бензину, який традиційно використовують під час випробувань піноутворювачів, призвів до зміни його компонентного складу, що спричинило ряд проблем під час оцінювання вогнегасної ефективності піни як ключової характеристики піноутворювачів для гасіння пожеж.

Розкриття особливостей впливу чинників на процеси взаємодії піни з полум'ям під час гасіння модельних вогнищ з неполярними горючими рідинами та об'єктивність результатів у системі оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж є підґрунтям забезпечення єдності випробувань зазначених вогнегасних речовин та підвищення ефективності їх застосування у сфері пінного пожежогасіння.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дослідження проводилися на виконання Програми забезпечення пожежної безпеки на період до 2010 року, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 01 липня 2002 р. №870 і Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 27 червня 2012 р. №590 у рамках діяльності технічного комітету стандартизації ТК25 “Пожежна безпека та протипожежна техніка” під час виконання ряду науково-дослідних робіт в Українському науково-дослідному інституті пожежної безпеки (Українському науково-дослідному інституті цивільного захисту) за темами:

“Провести дослідження і розробити проект нової редакції Інструкції про порядок застосування і випробування піноутворювачів для пожежогасіння” (державний реєстраційний №0205U006452);

“Провести дослідження та розробити методичні рекомендації щодо розрахунку невизначеності вимірювань за методиками випробувань, що впроваджені в УкрНДІПБ, відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025-2001” (державний реєстраційний №0205U007098);

“Провести дослідження з порівняння ефективності пін під час гасіння різних неполярних горючих рідин з метою обґрунтування можливості заміни пального, яке використовується під час випробувань піноутворювачів” (державний реєстраційний №0207U006088);

“Провести дослідження та розробити пропозиції щодо коригування національних стандартів, які встановлюють вимоги до піноутворювачів та газових вогнегасних речовин” (державний реєстраційний №0107U003545);

“Провести дослідження і розробити зміни до нормативних документів (ДСТУ) на вогнегасні речовини” (державний реєстраційний №0108U008018);

“Провести дослідження та розробити Довідник керівника гасіння пожежі” (державний реєстраційний №0114U002477), в яких здобувач була відповідальним виконавцем або виконавцем.

**Ідея роботи** полягає у підвищенні ефективності застосування піноутворювачів для пожежогасіння шляхом удосконалення системи оцінювання їх якості з використанням запропонованих методик, які забезпечують єдність випробувань зазначених вогнегасних речовин.

**Мета роботи** – розкриття особливостей впливу чинників на процеси взаємодії піни з полум'ям під час гасіння модельних вогнищ з неполярними горючими рідинами та об'єктивність результатів у системі оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж.

Для досягнення поставленої мети поставлено до розв'язання такі задачі досліджень:

– провести аналіз статистики пожеж, застосування піни у пожежогасінні та виявити шляхи забезпечення єдності випробувань у національній системі оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж;

– обґрунтувати методологію та методи проведення досліджень з виявлення впливу чинників на процеси взаємодії піни середньої та низької кратності з полум'ям під час гасіння модельних вогнищ з неполярними горючими рідинами;

– визначити параметри процесів горіння неполярних горючих рідин, що можуть використовуватися як пальне під час випробування піноутворювачів, а також їх вплив на процеси взаємодії піни з полум'ям під час гасіння зазначених рідин;

– розробити експрес-методику оцінювання вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької кратності;

– обґрунтувати умови застосування економічно та екологічно прийнятних експрес-методик оцінювання вогнегасної ефективності піни низької та середньої кратності;

– обґрунтувати та розробити зміни до нормативних документів, якими регламентуються методи і порядок випробування піноутворювачів в національній

системі оцінювання якості, а також їх застосування у пожежогасінні і протипожежному захисті об'єктів.

**Об'єктом досліджень** є процеси взаємодії піни середньої та низької кратності, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення, з полум'ям під час гасіння модельних вогнищ з неполярними горючими рідинами, а також методики випробувань з оцінювання показників якості зазначених вогнегасних речовин.

**Предметом досліджень** є вплив чинників на процеси взаємодії піни середньої та низької кратності, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення, з полум'ям під час гасіння модельних вогнищ із неполярними горючими рідинами, а також об'єктивність результатів у системі оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж.

**Методи дослідження.** В роботі було використано комплексний метод досліджень, який включав: аналізування літературних даних і нормативних документів, якими регламентовано методи випробувань, показники якості, порядок оцінювання ефективності різних типів піноутворювачів загального та спеціального призначення для гасіння пожеж, експериментальні дослідження з визначення показників якості, що проводили за методиками, які відрізняються масштабуванням модельних вогнищ пожежі, частину з цих методик було розроблено в ході досліджень. Під час досліджень визначали показники якості піноутворювачів для гасіння пожеж, а також вивчали параметри процесів горіння неполярних горючих рідин та їх взаємодії з піною під час гасіння (зміна в часі швидкості вигорання рідин, теплового потоку від факела полум'я, температури у різних точках вогнища пожежі). Усі випробування та вимірювання проводили з використанням повірених засобів вимірювальної техніки і метрологічно атестованого випробувального обладнання.

Математичні методи обробки результатів експериментальних досліджень здійснювались із використанням програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

### **Основні наукові положення та їхня новизна**

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в розкритті особливостей впливу чинників на процеси взаємодії піни з полум'ям під час гасіння модельних вогнищ з неполярними горючими рідинами, урахування яких забезпечує єдність випробувань у системі оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж. При цьому:

*уперше:*

– встановлено, що у разі горіння модельних вогнищ пожежі одного розміру, заповнених н-гептаном або бензином-розчинником “Нефрас С-2-80/120”, за інших однакових умов усереднене значення температур полум'я, швидкості вигорання і щільності потоку теплового випромінювання відносно мало відрізняються між собою (у межах від 2,5 до 9 %), у той час як відповідні параметри процесів горіння бензину автомобільного А-76 суттєво відрізняються від них (у межах від 19 до 40 %);

– встановлено, що показники вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької та середньої кратності, згенерованої з робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення, визначені у разі гасіння модельних вогнищ пожежі із застосуванням н-гептану або бензину-розчинника “Нефрас С-2-80/120”, несуттєво відрізняються між собою (розбіжність не перевищує

13 %), у той час, як визначені за результатами гасіння модельних вогнищ пожежі із застосуванням бензину автомобільного А-76, на відміну від загальноприйнятої світової практики використання гептану, такі показники відрізняються від них на 56 – 112 %. Це призводить до незабезпеченості єдності випробувань у системі оцінювання якості піноутворювачів та прийняття помилкових рішень під час вибору вогнегасних речовин для протипожежного захисту об'єктів і пожежогасіння з їх використанням;

*удосконалено:*

– методику визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів у разі гасіння горючих рідин піною середньої кратності шляхом застосування під час гасіння модельних вогнищ пожежі класу В площею від 0,05 м<sup>2</sup> до 0,10 м<sup>2</sup> на відміну від регламентованого стандартами модельного вогнища пожежі класу В площею 1,73 м<sup>2</sup>;

– методику оцінювання впливу температури повітря і робочих розчинів під час визначення температурного діапазону застосування піноутворювачів загального та спеціального призначення для гасіння пожеж; зокрема, виявлено необхідність варіювання температури робочого розчину піноутворювача і повітря в усьому прогнозованому температурному діапазоні з визначенням показників кратності і вогнегасної ефективності піни;

*набуло подальшого розвитку:*

– застосування модельних вогнищ пожежі класу В із використанням неполярних горючих рідин як пального під час визначення показників вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни, згенерованої з робочих розчинів піноутворювачів загального та спеціального призначення для пожежогасіння у системі оцінювання їх якості;

– застосування науково обґрунтованої та розробленої експрес-методики визначення показників вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької кратності, згенерованої стволем-генератором з витратою робочих розчинів піноутворювачів ( $12,5 \pm 0,5$ ) см<sup>3</sup>/с, сутність якої полягає у визначенні тривалості гасіння циліндричних модельних вогнищ пожежі з бензином-розчинником “Нефрас С-2-80/120” з поступовим збільшенням площі починаючи з 0,3 м<sup>2</sup>, та проміжку часу до займання погашеного модельного вогнища пожежі після внесення до нього однакового в усіх випадках джерела повторного запалювання.

**Практичне значення і реалізація отриманих результатів** полягає в удосконаленні системи оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж на всіх стадіях їх життєвого циклу, забезпеченні єдності випробувань зазначених вогнегасних речовин, що дає змогу підвищити ефективність застосування піноутворювачів у пожежогасінні і протипожежному захисті, знизити витрати на їх випробування, а також зменшити обсяги викиду забруднювачів у довкілля.

Виявлені особливості процесів взаємодії піни з полум'ям під час гасіння горючих рідин та розроблені (удосконалені) експрес-методики визначення вогнегасної ефективності піни стали науковим підґрунтям внесення змін у систему оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж у частині застосування бензину-розчинника “Нефрас С-2-80/120” як пального модельних вогнищ пожежі

класу В на заміну знятого з виробництва в Україні бензину автомобільного А-76 із нестабільним хімічним складом, а також реалізації цих методик.

Результати дисертаційних досліджень впроваджено шляхом розроблення:

- Інструкції про порядок застосування і випробування піноутворювачів для пожежогасіння, затвердженої наказом МНС України від 24.11.2008 № 851;
- Рекомендацій щодо гасіння пожеж у спиртосховищах, які містять етиловий спирт, затверджених МНС України 22.01.2009;
- національних стандартів України, якими регламентовано технічні вимоги і методи випробування піноутворювачів для гасіння пожеж (ДСТУ 3789:2015, ДСТУ 7142:2009, ДСТУ 7143:2009, ДСТУ 7144:2009, ДСТУ 7145:2009), а також національного стандарту України, що регламентує порядок поводження з піноутворювачами, які зберігаються в стаціонарних системах пожежогасіння (ДСТУ 8615:2016);
- Довідника керівника гасіння пожежі (ISBN 978-617-635-087-3, 2016 рік);
- експрес-методики випробувань з визначення вогнегасної ефективності піни низької кратності у разі гасіння неполярних і полярних горючих рідин, яка дає змогу оцінювати вплив способу, параметрів подавання піни та інших чинників на її вогнегасну ефективність;
- процедур розрахунку похибки та невизначеності результатів випробувань з визначення показників якості піноутворювачів.

Застосування запропонованих заходів удосконалення системи оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж є підґрунтям для зниження витрат у системі оцінювання показників якості піноутворювачів для гасіння пожеж, а також зменшення викидів забруднювачів у довкілля без порушень вимог до забезпечення єдності випробувань у сфері пожежної безпеки.

Практичне використання результатів дисертаційної роботи підтверджено відповідними актами впровадження.

**Особистий внесок здобувача** полягає в участі у формулюванні ідеї роботи, визначенні мети і задач досліджень, обґрунтуванні об'єкта, предмета та методології досліджень, самостійному аналізі вітчизняних та закордонних джерел інформації, удосконаленні та розробленні методик випробувань та обладнання, проведенні експериментальних досліджень та обробленні їх результатів, формулюванні та узагальненні висновків. Участь автора в роботах, опублікованих за співавторства, наведено в списку опублікованих праць за темою дисертації.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати досліджень доповідались, обговорювались та отримали позитивне схвалення на міжнародних та національних науково-практичних конференціях, а саме:

- II Міжнародній науково-практичній конференції “Геотехнологии и управление производством XXI века” (Державний вищий навчальний заклад “Донецький національний технічний університет”, м. Донецьк, 2 – 3 жовтня 2007 р.);
- Міжнародній науково-практичній конференції “Пожежна безпека – 2007” (Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України, м. Черкаси, 15 – 16 листопада 2007 р.);

– XX Международной научно-практической конференции “Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах” (г. Балашиха, ВНИИПО 3 – 4 июля 2007 г.);

– VI Міжнародній науково-практичній конференції “Безпека життєдіяльності людини – освіта, наука, практика” (Національний авіаційний університет, м. Київ, 15 – 16 березня 2007 р.);

– II Міжнародній науково-практичній конференції “Природничі науки та їх застосування в діяльності цивільного захисту” (Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України, м. Черкаси, 2008);

– XXI Международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы пожарной безопасности” (ФГУ ВНИИПО МЧС России, г. Москва, 19 – 22 мая 2009 г.);

– Международной научно-практической конференции “Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация” (НИИПБиЧС МЧС Беларуси, г. Минск, 8 – 9 июля 2009 г.);

– IX Міжнародній науково-практичній конференції “Пожежна безпека – 2009” (ЛДУБЖД МНС України, м. Львів, 5-6 листопада 2009 р.);

– III Міжнародній науково-практичній конференції “Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи” (м. Львів, 14 вересня 2018 р.).

**Публікації.** Основний зміст роботи викладено у дванадцяти фахових наукових статтях, включених до переліку ДАК України, та одній статті у іноземному виданні.

Результати досліджень також висвітлено в одинадцяти тезах доповідей на міжнародних та національних науково-практичних конференціях.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних літературних джерел зі 102 посиланнями, 3 додатків. Зміст роботи викладено на \_\_\_ сторінках, що включає 18 рисунків і 18 таблиць.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** наведено актуальність, мету, ідею дисертаційної роботи, задачі, об’єкт і предмет досліджень, відображено наукову новизну отриманих результатів, дані щодо апробації, а також публікації її результатів.

**У першому розділі** наведено результати аналізу можливого впливу ряду параметрів процедур визначення показників якості піноутворювачів для гасіння пожеж на достовірність (ступінь співпадіння одержаних результатів з дійсними значеннями показників якості), а також існуючої системи оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж.

Встановлено, що на достовірність результатів визначення окремих показників якості піноутворювачів для гасіння пожеж можуть впливати характеристики використовуваних матеріалів, а також засобів вимірювальної техніки та обладнання. Крім того, виявлено, що причиною одержання недостовірних результатів під час проведення вогневих випробувань може бути нестабільність хімічного складу автомобільного бензину. У зв’язку з цим обґрунтовано необхідність пошуку замітника бензину, який використовується під час випробувань піноутворювачів. Таким замітником, окрім традиційно



використовуваних н-гептану та суміші аліфатичних вуглеводнів з нормованими показниками якості, що не виробляється в Україні, може бути суміш вуглеводнів, яка виробляється в Україні серійно і характеризується стабільністю показників якості. Результати аналізування вимог міжнародних та європейських стандартів на піноутворювачі, а також результатів проведених експериментів на відповідність вимогам ДСТУ 3789 та ДСТУ 4041 показали високу ймовірність одержання недостовірних результатів, а також їх низьку відтворюваність під час визначення водневого показника та показника змочувальної здатності водних розчинів піноутворювачів, показника вогнегасної здатності за класом пожежі А, поверхневого натягу робочого розчину піноутворювача, міжфазового натягу на межі розділу “робочий розчин – водонерозчинна горюча рідина” і показника розтікання, а також показників вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької та середньої кратності. Виявлено необхідність коригування переліків показників якості піноутворювачів, нормованих стандартами. Крім того, виявлено потребу в обґрунтуванні методики визначення температурного діапазону застосування піноутворювачів для гасіння горючих рідин піною низької та середньої кратності.

Обґрунтовано необхідність проведення досліджень з метою уточнення впливу ряду чинників на результати випробувань, а також можливості стандартизування окремих методик. Показано, що ці методики не дають або не передбачають можливості оцінювання впливу ряду чинників на вогнегасну ефективність піни (зокрема, хімічної природи, тривалості вільного горіння і температури рідини, температури повітря і робочого розчину, способу подавання піни) і можуть не забезпечувати можливості прогнозування показників ефективності піни під час гасіння реальних пожеж. Розроблено методологію проведення дисертаційних досліджень, схематичне зображення якої наведено на рис. 1.



Рис. 1. Методологія проведення дисертаційних досліджень

У другому розділі наведено результати експериментальних досліджень з визначення показників якості ряду піноутворювачів для гасіння пожеж. Зокрема, встановлено, що зміна водневого показника дистильованої води, яка використовується для приготування водних розчинів піноутворювачів, може призводити до значної зміни відповідного показника якості цих розчинів. Однозначна інтерпретація результатів випробувань з визначення водневого показника 1 % водних розчинів піноутворювачів практично неможлива, тому більш об'єктивним способом оцінювання збереженості властивостей піноутворювача запропоновано вважати відповідність встановленим вимогам водневого показника його концентрату як показника, суттєве змінювання якого може бути свідченням інтенсивного перебігу гідролізу поверхнево-активних речовин (ПАР).

Також встановлено, що найкращу змочувальну здатність щодо гідрофобної тканини мають водні розчини піноутворювачів загального призначення, основою яких є вуглеводневі ПАР, а найгіршу – піноутворювачі на основі сировини природного походження (фторпротеїнові піноутворювачі). Показано недоцільність використання піноутворювачів спеціального призначення, які мають високу вартість, для приготування змочувальних розчинів для гасіння твердих горючих матеріалів, а також регламентування показника змочувальної здатності їх 2 % водних розчинів. Виявлено, що для кожного піноутворювача загального призначення має визначатися нормована концентрація змочувального розчину.

Обґрунтовано придатність методики, регламентованої ДСТУ 4041, для проведення випробувань у діапазоні значень поверхневого (міжфазового) натягу не вище ніж 20 мН/м (таблиця 1), що дає змогу оцінювати плівкоутворювальну здатність водних розчинів без використання тензіометра.

Таблиця 1

Порівняння результатів визначення поверхневого і міжфазового натягу водних розчинів піноутворювачів, проведених згідно з вимогами ДСТУ 4041 та ISO 304

| Назва досліджуваної рідини                   | Поверхневий натяг, мН/м           |                                 | Міжфазовий натяг, мН/м            |                                 |
|--|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
|  | результат визначення за ДСТУ 4041 | результат визначення за ISO 304 | результат визначення за ДСТУ 4041 | результат визначення за ISO 304 |
| 1  | 2                                 | 3                               | 4                                 | 5                               |
| Дистильована вода                            | 48,3 ± 0,4                        | 72,75*                          | не визначали                      | –                               |
| 6 % водний розчин ПУ “FC-3017”               | 16,8 ± 0,4                        | 16,7                            | 3,2 ± 0,4                         | не вказано                      |
| 3 % водний розчин ПУ “FC-602”                | 17,2 ± 0,4                        | 17,0                            | 2,8 ± 0,4                         | не вказано                      |
| 3 % водний розчин ПУ “Expandol”              | 22,4 ± 0,4                        | 23,0**                          | 4,2 ± 0,4                         | 4,0**                           |
| 6 % водний розчин ПУ “Tridol 6 –10 °C”       | 17,2 ± 0,4                        | 17,0**                          | 2,6 ± 0,4                         | 3,0**                           |
| 6 % водний розчин ПУ “S.F.P.M. 6/6”          | 17,4 ± 0,4                        | 17,2**                          | 4,8 ± 0,4                         | 5,0**                           |
| 6 % водний розчин ПУ “Fluoropolydol”         | 19,0 ± 0,4                        | 19,0**                          | 5,6 ± 0,4                         | 6,0**                           |
| 6 % водний розчин ПУ “Sthamex-AFFF 6 % f-15” | 16,4 ± 0,4                        | 16,6                            | 1,6 ± 0,4                         | 1,4                             |

Примітка: “\*” означає “довідкове значення”, “\*\*” – типове значення.

За результатами співставлення показників вогнегасної ефективності піни середньої кратності під час гасіння стандартизованих (55В) і нестандартизованих (невеликої площі) модельних вогнищ встановлено, що величина критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння піною середньої кратності, менша за  $(0,040 \pm 0,002) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , фактично підтверджує відповідність піноутворювача вимогам ДСТУ 3789 за величиною тривалості гасіння модельного вогнища пожежі класу В і показником вогнегасної здатності.

Одержані результати стали науковим підґрунтям для внесення методики визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння неполярних горючих рідин піною середньої кратності в стандарт на піноутворювачі загального призначення.

Встановлено, що недосягнення значення, регламентованого ДСТУ 3789, кратністю піни середньої кратності не є достатньою підставою для надання висновку про недоцільність застосування піноутворювача для гасіння пожеж з використанням ежекційних генераторів піни середньої кратності типу "ГПС". З урахуванням одержаних даних, результатів раніше проведених досліджень, а також положень відповідних міжнародних та європейських стандартів, обґрунтовано необхідність регламентації нормованих значень показників кратності і стійкості піни середньої кратності нормативними документами на конкретні піноутворювачі, а не стандартом на них.

Встановлено, що зниження температури призводить до погіршення піноутворювальної здатності водних розчинів, однак неоднозначно впливає на вогнегасну ефективність піни. На підставі одержаних результатів обґрунтовано методику визначення температурного діапазону застосування піноутворювачів, призначених для гасіння пожеж піною низької та (або) середньої кратності. Виявлено, що визначення температурного діапазону застосування піноутворювачів, призначених для гасіння пожеж піною низької та (або) середньої кратності, має передбачати визначення кратності піни, генерованої за низьких температур як водного розчину, так і повітря.

Встановлено, що для однозначного оцінювання вогнегасної ефективності піни, генерованої з робочого розчину фторсинтетичного плівкоутворювального піноутворювача, недостатньо визначати тільки фізико-хімічні властивості та піноутворювальну здатність його водних розчинів, як це регламентовано в тому числі європейськими нормами (EN 13565-2), а необхідно проводити дослідження з визначення тривалості гасіння модельних вогнищ пожежі класу В і проміжку часу до повторного займання.

Одержані дані дали змогу уточнити перелік нормованих показників якості, а також обґрунтувати шляхи удосконалення окремих методик випробування піноутворювачів, у тому числі в частині підвищення достовірності одержуваних результатів.

У **третьому розділі** наведено результати дослідження процесів горіння окремих неполярних горючих рідин і взаємодії піни з полум'ям під час їх гасіння.

Як пальне під час випробувань продукції протипожежного призначення згідно з вимогами багатьох міжнародних, регіональних та національних стандартів, циркулярів Міжнародної морської організації (ІМО) тощо використовують н-гептан

або суміші аліфатичних вуглеводнів, які відповідають певним вимогам. У той же час, в Україні згідно з вимогами національних стандартів як пальне традиційно використовували бензин автомобільний. Це пов'язано зі значно нижчою вартістю бензину порівняно з н-гептаном, а також відсутністю виробництва щойно згаданої суміші вуглеводнів. Через нестабільність складу бензину, припинення виробництва низькооктанового бензину та повсюдне використання полярних добавок-антидетонаторів виникла проблема пошуку замітника пального, яке використовується під час випробувань піноутворювачів. Таким заміником має бути суміш вуглеводнів, яка характеризується стабільністю показників якості та виробляється в Україні серійно. Проведений аналіз довідкових даних показав, що ним може бути бензин-розчинник для гумової промисловості (нафтовий розчинник) “Нефрас С-2-80/120” – продукт, що виробляється серійно і має невисоку вартість.

Було зроблено припущення, що характер взаємодії піни з полум'ям під час гасіння горючих рідин за інших однакових умов визначатиметься параметрами, які характеризують процес горіння, насамперед, температурним режимом, швидкістю вигорання рідини та щільністю теплового потоку. З метою перевіряння цього припущення проведено дослідження з визначення параметрів процесів горіння модельних вогнищ пожежі класу В з використанням як пального бензину автомобільного, н-гептану та бензину-розчинника для гумової промисловості “Нефрас С-2-8/120”. Під час експериментів визначали швидкість вигорання горючих рідин, зміну температури в різних точках модельних вогнищ пожежі в часі, а також щільність теплового потоку у процесі вільного горіння.

Під час досліджень використовували модельне вогнище пожежі, що являло собою циліндричне деко діаметром ( $624 \pm 5$ ) мм з висотою бортів ( $200 \pm 5$ ) мм. Горючі рідини наливали на шар води з таким розрахунком, щоб висота шару пального дорівнювала ( $30 \pm 1$ ) мм, а висота шару води – ( $20 \pm 1$ ) мм. Зміну маси модельного вогнища пожежі в часі визначали за допомогою електротензометричного пристрою “УВТ-1”.

Щільність теплового потоку від модельних вогнищ пожежі вимірювали за допомогою двох приймачів теплового потоку типу “ПП-1”, закріплених на стійці під кутом нахилу донизу приблизно  $20^\circ$  відносно вертикалі. Один приймач теплового потоку розташовували на висоті ( $100 \pm 1$ ) см від площини верхньої частини дека, другий – на відстані ( $150 \pm 1$ ) см від неї. Відстань між стінкою дека модельного вогнища пожежі та приймальними елементами приймачів теплового потоку за горизонталлю дорівнювала ( $200 \pm 1$ ) см. Температуру під час досліджень вимірювали за допомогою термоперетворювачів (термопар) типу “ТХА”. Схему їх розташування наведено на рис. 2.

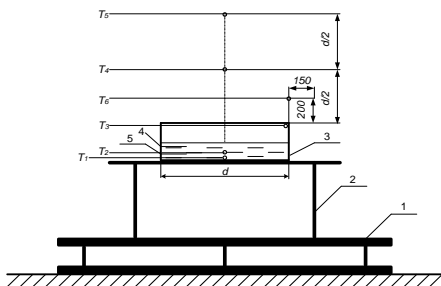


Рис. 2. Схема установки для дослідження процесів горіння:

1 – вагова платформа (складова частина електротензометричного пристрою); 2 – підставка; 3 – модельне вогнище пожежі; 4 – неполярна горюча рідина; 5 – вода;  $T_1 \dots T_6$  – термопари.

Для збирання та оброблення інформації, що надходила від термопар і приймачів теплового потоку, використовували інформаційно-вимірвальну систему “Термоконт” на базі аналогово-цифрових перетворювачів типу “Adam” та “ICP-CON”.

В результаті досліджень визначено величини питомої швидкості вигорання трьох видів горючих рідин, а також знято криві залежності температури від проміжку часу після підпалювання горючих рідин (форми кривих наведено на рис. 3). На осі ординат вказано усереднене значення температури полум'я.

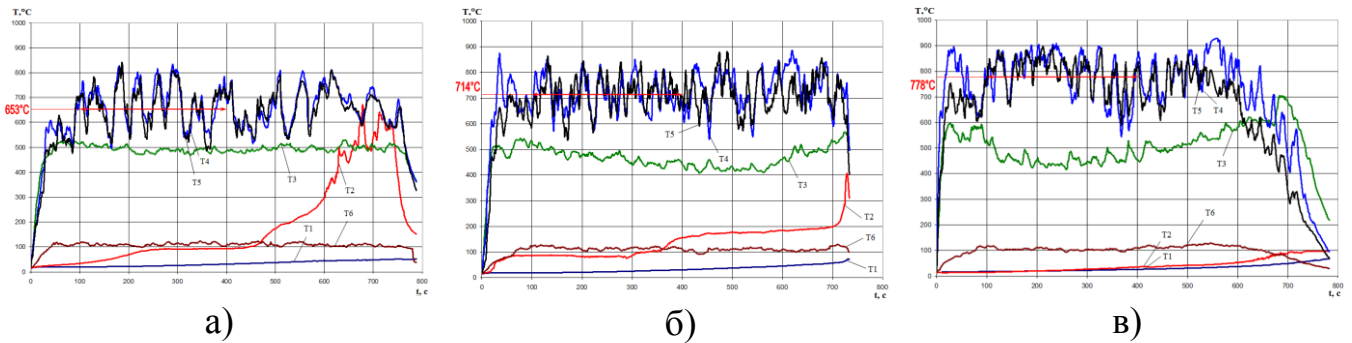


Рис. 3. Змінювання показів термопар під час вільного горіння: а) н-гептану; б) бензину-розчинника для гумової промисловості; в) бензину автомобільного

Одержані результати свідчать, що під час горіння бензину температура полум'я найвища, а під час горіння н-гептану – найнижча. Крім того, н-гептан і, особливо, “Нефрас С-2-80/120”, інтенсивно прогриваються під час горіння, у той час як температура нижньої частини шару бензину підвищується повільно (криві температури “Т2”). Більш інтенсивний тепловий вплив горючої рідини на піну є додатковою причиною ускладнення гасіння бензину в умовах випробувань. Відповідно, результати оцінювання вогнегасної ефективності піни з його використанням можуть не бути співставними з результатами дослідів, проведених з використанням пального, передбаченого для цього міжнародними нормами.

У таблиці 2 наведено результати визначення параметрів горіння горючих рідин, з яких видно, що питома масова швидкість вигорання розчинника “Нефрас С-2-80/120” у стаціонарному режимі майже не відрізняється від швидкості вигорання н-гептану. Одержані результати підтверджують, що теплові режими горіння і швидкість вигорання н-гептану та нафтового розчинника “Нефрас С-2-80/120” мало відрізняються між собою, що пояснюється близькістю їх властивостей.

Таблиця 2

#### Результати визначення параметрів горіння горючих рідин

| Горюча рідина       | Середня тривалість повного вигорання пального, с | Середнє значення втрати маси модельного вогнища пожежі під час горіння, кг | Середня швидкість вигорання рідини, кг/(м <sup>2</sup> ·с) | Усереднене значення температури полум'я, °С | Усереднене значення щільності теплового потоку, кВт/м <sup>2</sup> , за показами датчика, розташованого на висоті |        |
|---------------------|--|--|--|---|---|--------|
|                     |  |  |  |   | 1,00 м  | 1,50 м |
| н-гептан            | 753,2  | 5,038  | 0,0542   | 653   | 1,53  | 2,71   |
| “Нефрас С-2-80/120” | 736,4  | 5,143  | 0,0556   | 714   | 1,48  | 2,47   |
| бензин              | 785,8  | 5,160  | 0,0642   | 778   | 1,06  | 1,64   |

З метою перевіряння вищезазначених припущень щодо можливої заміни н-гептану та бензину розчинником “Нефрас С-2-80/120” проведено дослідження процесів взаємодії піни з полум’ям під час гасіння горючих рідин і виявлено відмінності між ними. Зокрема:

– досліджено вогнегасну ефективність та ізолювальну здатність піни низької кратності, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів різної природи, під час гасіння бензину, н-гептану та розчинника “Нефрас С-2-80/120”;

– оцінено вогнегасну ефективність піни середньої кратності за показниками тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів у разі гасіння бензину, н-гептану та розчинника “Нефрас С-2-80/120” піною середньої кратності;

– визначено вогнегасну ефективність піни низької та середньої кратності, а також ізолювальну здатність піни низької кратності під час гасіння модельних вогнищ пожежі 55В і 144В (пальне – бензин автомобільний та “Нефрас С-2-80/120”).

Вогнегасну ефективність піни низької кратності під час гасіння неполярних (водонерозчинних) горючих рідин запропоновано оцінювати за показниками тривалості гасіння циліндричних модельних вогнищ пожежі, питомої витрати робочого розчину піноутворювача на гасіння, а також проміжку часу до повторного займання погашеного модельного вогнища пожежі після внесення джерела запалювання, який характеризує ізолювальну здатність. Як критерії ефективності прийняли успішність гасіння модельного вогнища і проміжок часу до його повторного займання, більший за 60 с.

Критичну інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача під час гасіння,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , розраховували за формулою

$$I_{кр} = \frac{I_1 + I_2}{2} = 0,637 \cdot q \cdot \left( \frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} \right), \quad (1)$$

де  $I_1$  – інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача, за якої критерії ефективності виконуються,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;

$I_2$  – інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача, за якої хоча б один з критеріїв не виконується,  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;

$q$  – витрата робочого розчину піноутворювача, яку забезпечує ствол-генератор піни низької кратності,  $\text{дм}^3/\text{с}$ ;

$d_1$  – внутрішній діаметр модельного вогнища пожежі, за якого критерії виконуються, м;

$d_2$  – внутрішній діаметр модельного вогнища пожежі, за якого критерії не виконуються, м.

Під час досліджень використовували стандартизовані модельні вогнища пожежі 55В і 144В, а також модельні вогнища пожежі, що являли собою циліндричні дека з висотою бортів  $(200 \pm 5)$  мм (під час гасіння піною низької кратності) і  $(100 \pm 2)$  мм (під час гасіння піною середньої кратності). Під час дослідів з гасіння піною низької кратності горючі рідини наливали на шар води з таким розрахунком, щоб висота шару пального дорівнювала  $(30 \pm 1)$  мм, а висота шару води –  $(20 \pm 1)$  мм. Під час дослідів з гасіння піною середньої кратності горючі рідини наливали шаром

( $20 \pm 1$ ) мм, не заливаючи воду у дека модельних вогнищ пожежі (як було передбачено існуючою методикою). Спай термопари “Т<sub>1</sub>” розміщували на дні модельного вогнища пожежі поблизу від центру днища з таким розрахунком, щоб після встановлення тигля повторного запалювання спай знаходився за можливості ближче до нього.

Для генерування піни низької кратності використовували робочі розчини зразків трьох типів піноутворювачів спеціального призначення для гасіння пожеж: (“Sthamex-AFFF 6 % f-15” (фторсинтетичний плівкоутворювальний), “S.F.P.M. 6/6” (фторсинтетичний плівкоутворювальний з добавками водорозчинних полімерів – полісахаридів, що мають тиксотропні властивості), “Fluoropolydol” (фторпротеїновий, плівкоутворювальної здатності не має).

Вогнегасну ефективність піни низької кратності оцінювали за показником тривалості гасіння модельного вогнища пожежі, ізолювальну ефективність – за показником проміжку часу до його повторного займання. Під час досліджень вивчали вплив природи піноутворювача, інтенсивності і способу подавання піни на показники її ефективності. Для приготування робочих розчинів використовували як питну воду, так і модель морської води, склад якої приймали згідно з нормативними документами щодо випробування піноутворювачів.

Результати досліджень з визначення тривалості гасіння модельних вогнищ пожежі піною низької кратності та проміжку часу до повторного займання наведено в таблиці 3. Залежність температури від проміжку часу у процесі досліджень з визначення тривалості гасіння піною низької кратності, генерованою з робочого розчину піноутворювача “S.F.P.M. 6/6”, модельного вогнища пожежі діаметром ( $624 \pm 5$ ) мм та проміжку часу до повторного займання наведено на рис. 4.

Таблиця 3

Результати досліджень з визначення тривалості гасіння піною низької кратності, генерованою з робочих розчинів піноутворювачів, та проміжку часу до повторного займання

| Назва піноутворювача | Пальне              | Розчинник для приготування робочого розчину | Спосіб подавання піни | Тривалість подавання піни, с | Діаметр модельного вогнища пожежі, мм | Інтенсивність подавання робочого розчину, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ | Тривалість гасіння, с (середнє значення) | Проміжок часу до повторного займання, с (середнє значення) |
|----------------------|---------------------|---|-----------------------|------------------------------|---------------------------------------|---|--|--|
| 1                    | 2                   | 3   | 4                     | 5                            | 6                                     | 7   | 8  | 9  |
| “S.F.P.M. 6/6”       | н-гептан            | питна вода                                  | “жорсткий”            | 180                          | $624 \pm 5$                           | $0,041 \pm 0,001$   | 58,8                                     | 655,8  |
|                      | “Нефрас С-2-80/120” | питна вода                                  | “жорсткий”            | 180                          | $624 \pm 5$                           | $0,041 \pm 0,001$   | 61,9                                     | 705,3  |
|                      | бензин              | питна вода                                  | “жорсткий”            | 180                          | $624 \pm 5$                           | $0,041 \pm 0,001$   | 100,9                                    | 286,7  |
|                      | бензин              | питна вода                                  | “жорсткий”            | 180                          | $739 \pm 5$                           | $0,029 + 0,001$   | 111,3                                    | 522,3  |
|                      | “Нефрас С-2-80/120” | питна вода                                  | “жорсткий”            | 180                          | $739 \pm 5$                           | $0,029 + 0,001$   | 141,4                                    | 208,5  |

## Продовження таблиці 3

| 1                     | 2                   | 3                    | 4          | 5   | 6           | 7               | 8      | 9     |
|-----------------------|---------------------|----------------------|------------|-----|-------------|-----------------|--------|-------|
| “Fluoropolydol”       | н-гептан            | питна вода           | “жорсткий” | 180 | $739 \pm 5$ | $0,029 + 0,001$ | 121,4  | 619,3 |
|                       | “Нефрас С-2-80/120” | питна вода           | “жорсткий” | 180 | $739 \pm 5$ | $0,029 + 0,001$ | 174,6  | 773,0 |
|                       | бензин              | питна вода           | “жорсткий” | 180 | $739 \pm 5$ | $0,029 + 0,001$ | 414,0* | 438,9 |
|                       | “Нефрас С-2-80/120” | модель морської води | “жорсткий” | 180 | $739 \pm 5$ | $0,029 + 0,001$ | 167,5  | 637,0 |
|                       | “Нефрас С-2-80/120” | модель морської води | “м’який”   | 300 | $739 \pm 5$ | $0,029 + 0,001$ | 156,1  | 647,0 |
| “Sthamex-AFFF6% f-15” | “Нефрас С-2-80/120” | питна вода           | “жорсткий” | 180 | $739 \pm 5$ | $0,029 + 0,001$ | 79,1   | 755,0 |
|                       | бензин              | питна вода           | “жорсткий” | 180 | $739 \pm 5$ | $0,029 + 0,001$ | 87,1   | 406,9 |
|                       | “Нефрас С-2-80/120” | модель морської води | “жорсткий” | 180 | $739 \pm 5$ | $0,029 + 0,001$ | 194,1* | 518,4 |
|                       | “Нефрас С-2-80/120” | модель морської води | “м’який”   | 300 | $739 \pm 5$ | $0,029 + 0,001$ | 376,1* | 426,3 |

\* Припинення горіння наставало через певний проміжок часу після завершення подавання піни

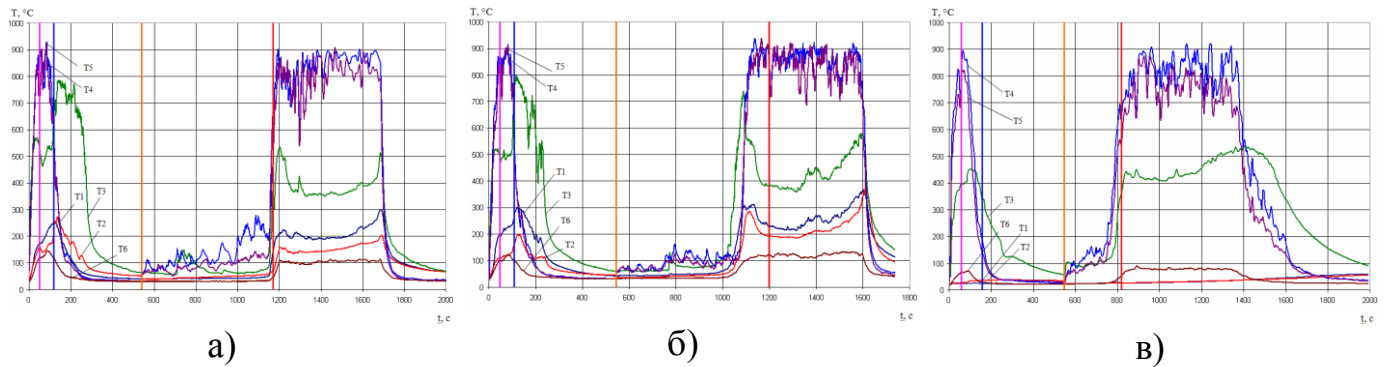


Рис. 4. Змінювання показів термопар під час гасіння піною низької кратності, генерованою з робочого розчину піноутворювача “S.F.P.M. 6/6” у питній воді, за інтенсивності подавання робочого розчину  $(0,041 \pm 0,001) \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ : а) н-гептану; б) бензину-розчинника для гумової промисловості; в) бензину автомобільного

Як видно, гасіння бензину досягалося у найбільші проміжки часу, а проміжок часу до повторного займання був найменшим. У той же час, гасіння н-гептану та розчинника “Нефрас С-2-80/120” досягалося приблизно в однакові проміжки часу, величини проміжків часу до повторного займання також були близькими.

Під час проведення досліджень з визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача у разі гасіння піною середньої кратності для генерування піни використовували робочі розчини піноутворювачів загального призначення для гасіння пожеж “ПО-ЗНП” “Сніжок-1”. Як розчинник для приготування робочих розчинів використовували питну воду.

Результати досліджень з визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів у разі гасіння піною середньої кратності наведено в таблиці 4.



Результати досліджень з визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів у разі гасіння піною середньої кратності

| Назва піноутворювача | Горюча рідина       | Діаметр модельного вогнища пожежі, мм | Інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ | Середня тривалість гасіння, с | Критична інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ |
|----------------------|---------------------|---------------------------------------|--|-------------------------------|---|
| 1                    | 2                   | 3                                     | 4  | 5                             | 6   |
| “ПО-ЗНП”             | н-гептан            | $258,7 \pm 3,4$                       | $0,038 \pm 0,002$  | 56,3                          | $0,034 \pm 0,002$   |
|                      |                     | $267,6 \pm 3,3$                       | $0,036^{+0,001}_{-0,002}$  | 140,7                         |   |
|                      |                     | $280,8 \pm 1,8$                       | $0,033^{+0,001}_{-0,002}$  | не погашено                   |   |
|                      | “Нефрас С-2-80/120” | $258,7 \pm 3,4$                       | $0,038 \pm 0,002$  | 63,8                          | $0,034 \pm 0,002$   |
|                      |                     | $267,6 \pm 3,3$                       | $0,036^{+0,001}_{-0,002}$  | 149,2                         |   |
|                      |                     | $280,8 \pm 1,8$                       | $0,033^{+0,001}_{-0,002}$  | не погашено                   |   |
| бензин               | $258,7 \pm 3,4$     | $0,038 \pm 0,002$                     | 118,9  | $0,037 \pm 0,002$             |   |
|                      | $267,6 \pm 3,3$     | $0,036^{+0,001}_{-0,002}$             | не погашено  | $0,037 \pm 0,002$             |   |
| “Сніжок-1”           | “Нефрас С-2-80/120” | $339,4 \pm 2,1$                       | $0,022 \pm 0,001$  | 259,8                         | $0,021 \pm 0,001$   |
|                      |                     | $358,2 \pm 5,7$                       | $0,020 \pm 0,001$  | не погашено                   |   |
|                      | бензин              | $339,4 \pm 2,1$                       | $0,022 \pm 0,001$  | не погашено                   | не визначали  |

Згідно з одержаними даними, гасіння н-гептану та розчинника “Нефрас С-2-80/120” досягається приблизно в однакові проміжки часу, натомість гасіння бензину потребує тривалішого подавання піни. У разі застосування піноутворювача “Сніжок-1” гасіння розчинника “Нефрас С-2-80/120” за інтенсивності подавання робочого розчину ( $0,022 \pm 0,001$ )  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  наставало протягом нормованого проміжку часу, тоді як гасіння бензину не досягалось.

З метою порівняння вогнегасної ефективності піни під час гасіння модельних вогнищ пожежі 55В і 144В проведено досліди згідно з процедурами, регламентованими ДСТУ 3789 та ДСТУ 4041, з використанням як пального бензину та розчинника “Нефрас С-2-80/120”. Результати досліджень з визначення тривалості гасіння модельного вогнища пожежі 55В піною середньої кратності за інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача ( $0,038 \pm 0,004$ )  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  і показника вогнегасної здатності за класом пожежі В у разі гасіння піною середньої кратності наведено в таблиці 5. Для проведення досліджень використовували зразки піноутворювачів загального призначення для гасіння пожеж “ТЭАС” і “Ругоскоол В”. З одержаних результатів видно, що у разі використання розчинника “Нефрас С-2-80/120” гасіння модельного вогнища настає у менші проміжки часу, питома витрата робочого розчину на гасіння менша.

Таблиця 5

Результати досліджень з визначення тривалості гасіння модельного вогнища пожежі 55В піною середньої кратності і показника вогнегасної здатності за класом пожежі В у разі гасіння піною середньої кратності

| Назва піноутворювача | Горюча речовина     | Тривалість гасіння, с |                  | Показник вогнегасної здатності, кг/м <sup>2</sup> |                  |
|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|---|------------------|
|                      |                     | фактичні значення     | середнє значення | фактичні значення                                 | середнє значення |
| “ТЭАС”               | бензин              | 63,4                  | 65,1             | 2,46  | 2,54             |
|                      |                     | 66,8                  |                  | 2,61  |                  |
|                      | “Нефрас С-2-80/120” | 50,4                  | 48,6             | 1,94  | 1,90             |
|                      |                     | 46,8                  |                  | 1,87  |                  |
| “Ругоскоол В”        | бензин              | 42,6                  | 45,2             | 1,65  | 1,75             |
|                      |                     | 47,8                  |                  | 1,84  |                  |
|                      | “Нефрас С-2-80/120” | 35,2                  | 34,8             | 1,36  | 1,36             |
|                      |                     | 34,4                  |                  | 1,35  |                  |

Результати досліджень з визначення тривалості гасіння модельного вогнища пожежі 144В піною низької кратності за інтенсивності подавання робочого розчину піноутворювача ( $0,042 \pm 0,002$ ) дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с), показника вогнегасної здатності за класом пожежі В у разі гасіння піною низької кратності та проміжку часу до повторного займання наведено в таблиці 6. Для проведення експериментів використовували зразки піноутворювачів спеціального призначення “Tridol 6 – 10°C” та “Orchidex AFFF 3 %”.

Таблиця 6

Результати досліджень з визначення тривалості гасіння модельного вогнища пожежі 144В піною низької кратності, показника вогнегасної здатності за класом пожежі В у разі гасіння піною низької кратності і проміжку часу до повторного займання

| Назва піноутворювача | Горюча речовина     | Тривалість гасіння, с |                  | Показник вогнегасної здатності, кг/м <sup>2</sup> |                  | Проміжок часу до повторного займання, с |                  |
|----------------------|---------------------|-----------------------|------------------|---|------------------|---|------------------|
|                      |                     | фактичні значення     | середнє значення | фактичні значення                                 | середнє значення | фактичні значення                       | середнє значення |
| 1                    | 2                   | 3                     | 4                | 5   | 6                | 7                                       | 8                |
| “Tridol 6 – 10°C”    | бензин              | 124,2                 | 128,5            | 5,2   | 5,4              | 296,4                                   | 281,5            |
|                      |                     | 132,8                 |                  | 5,6   |                  | 266,6                                   |                  |
|                      | “Нефрас С-2-80/120” | 102,4                 | 100,8            | 4,3   | 4,2              | 662,4                                   | 649,0            |
|                      |                     | 99,2                  |                  | 4,1   |                  | 635,6                                   |                  |
| “Orchidex AFFF 3 %”  | бензин              | 102,4                 | 99,5             | 4,3   | 4,2              | 512,6                                   | 521,8            |
|                      |                     | 96,6                  |                  | 4,1   |                  | 531,0                                   |                  |
|                      | “Нефрас С-2-80/120” | 76,2                  | 79,1             | 3,2   | 3,3              | 717,2                                   | 707,8            |
|                      |                     | 82,0                  |                  | 3,4   |                  | 698,4                                   |                  |

Одержані результати показують, що у разі використання як пального бензину тривалість гасіння модельного вогнища пожежі і показник вогнегасної здатності за класом пожежі В мають більші значення, ніж у випадку використання як пального розчинника “Нефрас С-2-80/120”. Якщо як пальне використовується бензин, то проміжок часу до повторного займання модельного вогнища 144В має значно менші

значення. Отже, відмінності мають той самий характер, що і у разі використання нестандартизованих модельних вогнищ пожежі невеликої площі.

Таким чином, вогнегасна ефективність та ізолювальна здатність піни, що приблизно однакові у разі використання як пального н-гептану та розчинника “Нефрас С-2-80/120”, нижчі у випадку використання як пального бензину. Це справедливо для всіх досліджених піноутворювачів під час гасіння як піною низької кратності, так і піною середньої кратності. На підставі цих результатів зроблено висновок про можливість використання розчинника “Нефрас С-2-80/120” замість бензину автомобільного під час випробувань піноутворювачів, що дасть змогу підвищити достовірність одержаних даних. Крім того, така горюча рідина може бути запропонована як альтернатива пальному, яке використовується під час випробувань піноутворювачів згідно з вимогами відповідних міжнародних та європейських стандартів.

Має місце кореляція між результатами визначення тривалості гасіння і проміжку часу до повторного займання, одержаними під час гасіння піною низької кратності модельного вогнища пожежі 144В (площа поверхні 4,52 м<sup>2</sup>) і гасіння модельних вогнищ пожежі площею близько 0,30 м<sup>2</sup> у разі використання різних горючих рідин згідно з розробленою експрес-методикою. Це свідчить про придатність зазначеної експрес-методики для оцінювання ефективності піноутворювачів під час гасіння неполярних горючих рідин піною низької кратності. Варіювання тривалості вільного горіння, способу подавання піни на гасіння, температури довкілля тощо дадуть змогу оцінювати вплив на неї зазначених чинників.

**В четвертому розділі** наведено результати оцінювання впливу параметрів випробувального обладнання і засобів вимірювальної техніки на достовірність результатів випробувань піноутворювачів. Для підвищення їх достовірності використовували одержані авторами дані, а також застосовували класичні методи математичного оброблення результатів для обґрунтування метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки.

Для оцінювання довірчих границь похибки, невизначеності результатів, а також впливу окремих складників похибки (невизначеності) на їх величини користувалися методиками, регламентованими ДСТУ ГОСТ 8.207, МИ 1552, МИ 2083, РМГ 43. Їх застосування дало змогу оцінити вплив окремих складових на похибку (невизначеність) результатів прямих вимірювань фізико-хімічних показників якості піноутворювачів та їх водних розчинів такими методами як денситометрія, потенціометрія, кріоскопія, результатів визначення показника змочувальної здатності водних розчинів піноутворювачів, тривалості гасіння модельних вогнищ пожежі і проміжку часу до повторного займання, а також обґрунтувати шляхи підвищення достовірності результатів випробувань з визначення цих показників. Відповідні методи застосовано також для оброблення результатів непрямих вимірювань (кратність і стійкість піни, показник вогнегасної здатності).

Одержані рівняння дають змогу визначити, яка саме складова невизначеності впливає на її значення найбільшою мірою і, відтак, обґрунтувати шляхи підвищення достовірності результатів випробувань. Так, наприклад, сумарну невизначеність результатів визначення кратності піни можна розрахувати за формулою:

$$u_c(K) = \pm \frac{1}{m_1 - m_2} \cdot \sqrt{\rho_p^2 \cdot \theta^2(V_n) + V_n^2 \cdot \theta^2(\rho) + 2 \cdot \left( \frac{V_n \cdot \rho_p}{(m_1 - m_2)^2} \right)^2 \cdot \theta^2(m)}, \quad (2)$$

- де  $V_n$  – об’єм піни, що відповідає внутрішньому об’єму пінозбирача,  $\text{дм}^3$ ;  
 $\rho_p$  – густина робочого розчину піноутворювача,  $\text{кг/дм}^3$ ;  
 $m_1$  – сумарна маса рами, циліндра і пінозбирача з піною,  $\text{кг}$ ;  
 $m_2$  – сумарна маса рами, циліндра і порожнього пінозбирача,  $\text{кг}$ ;  
 $\theta(V_n)$  – відхилення результату вимірювання об’єму піни,  $\text{дм}^3$ ;  
 $\theta(\rho)$  – відхилення результату вимірювання густини робочого розчину піноутворювача,  $\text{кг/дм}^3$ ;  
 $\theta(m)$  – відхилення результатів зважування, зумовлене неточністю вагів,  $\text{кг}$

Підстановка числових значень відповідних величин у цю формулу дала змогу з’ясувати, що для підвищення достовірності результатів визначення кратності піни середньої кратності згідно зі стандартизованою методикою потрібно першочергово якнайточніше визначити об’єм пінозбирача. Аналогічні розрахунки і підстановка числових значень у формули для оцінювання довірчих границь похибки (невизначеності) результатів визначення стійкості піни низької кратності вказали на необхідність використання мірного циліндра з меншою, ніж передбачено стандартом, ціною поділки.

Аналізування статистики результатів випробувань з визначення показника вогнегасної здатності за класом пожежі А, а також застосування методів розрахунку довірчих границь похибки (невизначеності) для оброблення результатів випробувань вказали на недоцільність нормування цього показника з міркувань фактичної неможливості його оцінювання з належною точністю.

**У п’ятому розділі** наведено інформацію щодо впровадження результатів дисертаційної роботи, зокрема: шести національних стандартів України; “Довідника керівника гасіння пожежі; “Інструкції про порядок застосування і випробування піноутворювачів для пожежогасіння”; “Рекомендацій щодо гасіння пожеж у спиртосховищах, які містять етиловий спирт”; експрес-методики визначення вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької кратності у разі гасіння горючих рідин, затверджених у встановленому порядку.

Реалізація розробленої експрес-методики оцінювання вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької кратності під час гасіння неполярних горючих рідин дає змогу знизити витрати горючої рідини приблизно в 12 разів, а заміна у цьому разі н-гептану розчинником “Нефрас С-2-80/120” за сучасного рівня їх ринкових цін знижує витрати коштів приблизно у 96 разів. Витрати на випробування з визначення вогнегасної ефективності піни середньої кратності за експрес-методикою з використанням розчинника “Нефрас С-2-80/120” дає змогу знизити витрати на горючу рідину орієнтовно у 240 разів.

Заміна автомобільного бензину, що містить близько 50 % ароматичних вуглеводнів, зазначеним розчинником, що містить їх у кількості не більше ніж 2 %, дає змогу суттєво зменшити викиди забруднювачів у довкілля.

## ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі, яка є завершеним науковим дослідженням, наведено розв'язання актуальної наукової задачі розкриття особливостей впливу чинників на процеси взаємодії піни з полум'ям під час гасіння модельних вогнищ з неполярними горючими рідинами як наукового підґрунтя удосконалення системи оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж. Основні наукові і практичні результати наведено нижче.

1. За результатами проведеного аналізу статистики пожеж виявлено, що в Україні щороку виникає понад 70 тис. пожеж, які призводять до значних збитків, знищення будинків, споруд, технологічного обладнання, матеріальних цінностей, а також загибелі людей і тварин. Ефективність боротьби з пожежами та систем протипожежного захисту об'єктів значною мірою залежить від правильного вибору вогнегасних речовин і способів їх подавання. Неналежна вогнегасна ефективність піни може бути наслідком невірної вибору типу піноутворювача і (або) відсутності об'єктивної інформації щодо його якості.

2. Встановлено, що національна система оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж не відповідає сучасним вимогам, зокрема в частині використання знятого з виробництва бензину автомобільного А-76 під час визначення показників вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни, згенерованої з робочих розчинів піноутворювачів, на відміну від загальноприйнятої світової практики використання у таких випадках гептану.

3. Висунуто ідею, що підвищення ефективності застосування піноутворювачів для пожежогасіння може бути досягнуто шляхом удосконалення системи оцінювання їх якості, яка б враховувала особливості впливу чинників на процеси взаємодії піни з полум'ям під час гасіння модельних вогнищ з неполярними горючими рідинами та забезпечувала б єдність випробувань зазначених вогнегасних речовин.

4. Обґрунтовано методологію та методи проведення досліджень з виявлення впливу чинників на процеси взаємодії піни середньої та низької кратності з полум'ям під час гасіння модельних вогнищ з неполярними горючими рідинами, яка передбачає проведення як аналітичних, так і експериментальних досліджень в лабораторних та полігонних умовах за стандартизованими або удосконаленими методиками із використанням модельних вогнищ пожежі з бензином автомобільним А-76, бензином-розчинником "Нефрас С-2-80/120", а також н-гептаном як паливом. Також обґрунтовано застосування за стандартизованих методик для виявлення впливу чинників на об'єктивність визначення таких показників якості піноутворювачів як густина, в'язкість, водневий показник, поверхневий та міжфазовий натяг на межі розділу з вуглеводневою рідиною, кратність та стійкість піни.

5. Визначено параметри горіння окремих горючих рідин і встановлено, що усереднена в часі температура у верхній частині полум'я під час горіння н-гептану в стаціонарному режимі становить 653°C, тоді як під час горіння бензину-розчинника "Нефрас С-2-80/120" вона на 60°C, а бензину автомобільного – на 125°C вища; масова швидкість вигорання за цих умов бензину-розчинника "Нефрас С-2-80/120" більша за відповідний показник під час горіння н-гептану у середньому на 2,5 %, а швидкість вигорання бензину автомобільного перевищує її на 19 %; усереднене значення густини теплового потоку під час горіння н-гептану і бензину-розчинника "Нефрас С-2-80/120" мало відрізняються між собою, а густина теплового потоку під час горіння бензину автомобільного приблизно на 30 % нижча. Також встановлено,

що тривалість гасіння модельних вогнищ пожежі класу В у разі використання як пального н-гептану та бензину-розчинника “Нефрас С-2-80/120” у 1,6 – 2,1 рази менша у порівнянні з використанням бензину автомобільного, а проміжок часу до повторного займання модельних вогнищ пожежі, погашених піною низької кратності, у випадку н-гептану та бензину-розчинника “Нефрас С-2-80/120” у 2,3 – 2,5 рази триваліший, ніж у разі бензину автомобільного. Підтверджено припущення про можливість використання бензину-розчинника “Нефрас С-2-80/120” як пального для об’єктивного оцінювання вогнегасної ефективності піни.

6. Удосконалено методику визначення тривалості гасіння і критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів у разі гасіння горючих рідин піною середньої кратності шляхом застосування під час гасіння модельних вогнищ пожежі класу В площею від 0,05 м<sup>2</sup> до 0,10 м<sup>2</sup> на відміну від регламентованого стандартами модельного вогнища пожежі класу В площею 1,73 м<sup>2</sup>.

7. Розроблено експрес-методику визначення вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької кратності у разі гасіння горючих рідин, сутність якої полягає у визначенні тривалості гасіння циліндричних модельних вогнищ пожежі з бензином-розчинником “Нефрас С-2-80/120” з поступовим збільшенням площі починаючи з 0,3 м<sup>2</sup>, та проміжку часу до займання погашеного модельного вогнища пожежі після внесення до нього однакового в усіх випадках джерела повторного запалювання, застосування якої дало змогу оцінювати вплив способу, параметрів подавання піни, природи горючої рідини та інших чинників на її вогнегасну ефективність. Реалізація цих методик також забезпечила зменшення витрат на проведення випробувань з оцінювання показників якості піноутворювачів для гасіння пожеж та викидів забруднювачів у довкілля.

8. Обґрунтовано шляхи удосконалення національних нормативних документів, якими регламентовано технічні вимоги, методи випробування, а також порядок застосування і періодичного контролювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж. Зазначені результати використано під час розроблення шести національних стандартів України, “Довідника керівника гасіння пожежі”, “Інструкції про порядок застосування і випробування піноутворювачів для пожежогасіння”, “Рекомендацій щодо гасіння пожеж у спиртосховищах, які містять етиловий спирт”, а також експрес-методику визначення вогнегасної ефективності та ізолювальної здатності піни низької кратності у разі гасіння горючих рідин, затверджених у встановленому порядку.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

*У наукових фахових виданнях:*

1. Боровиков В.О., Чеповський В.О., Слуцька О.М., Білошицький М.В. Перспективи підвищення достовірності результатів випробувань виробів протипожежного призначення за рахунок заміни бензину на пальне з більш стабільними показниками якості // Науковий вісник УкрНДІПБ: Науковий журнал, 2006, №1(13). – К., УкрНДІПБ МНС України. – с. 90 - 96.

2. Боровиков В.О., Слуцька О.М., Козяр Н.М., Білошицький М.В. Основні положення проекту нової редакції Інструкції про порядок застосування і випробування піноутворювачів для пожежогасіння // Науковий вісник УкрНДІПБ: Науковий журнал, 2006, №1(13). – К., УкрНДІПБ МНС України. – с. 97 – 101.

3. Згуря В.І., Боровиков В.О., Слущка О.М., Чеповський В.О. Питання удосконалення методик досліджень та випробувань для гасіння пожеж // Пожежна безпека: Зб. наук. праць, 2006, №9. – Львів, ЛПБ МНС України, УкрНДПБ МНС України. – с. 11 – 19.

4. Боровиков В.О., Шеверев Є.Ю., Слущка О.М., Чеповський В.О. Дослідження параметрів горіння деяких неполярних горючих рідин // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал, 2007, №1(15). – К., УкрНДПБ МНС України. – с. 115 – 122.

5. Козяр Н.М., Шеверев Є.Ю., Боровиков В.О., Слущка О.М., Чеповський В.О. Вплив параметрів горіння деяких неполярних горючих рідин на ефективність їх гасіння піною низької та середньої кратності // Пожежна безпека: Зб. наук. праць, 2007, №10. – Львів, ЛПБ МНС України, УкрНДПБ МНС України. – с. 202 – 212.

6. Антонов А.В., Боровиков В.О., Слущка О.М. Методологія оцінювання вогнегасної ефективності піни низької кратності під час гасіння горючих рідин // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал, 2008, №1(17). – К., УкрНДПБ МНС України. – с. 146 – 154.

7. Боровиков В.О., Чеповський В.О., Слущка О.М. Дослідження процесів взаємодії вогнегасних речовин з полум'ям під час гасіння етилового спирту // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал, 2008, №2(18). – К., УкрНДПБ МНС України. – с. 82 – 90.

8. Нікітін В.А., Антонов А.В., Чеповський В.О., Боровиков В.О., Слущка О.М. Основні положення “Рекомендацій щодо гасіння пожеж у спиртосховищах, що містять етиловий спирт” // Проблеми екології: Загальнодержавний науково-технічний журнал, 2008, №1-2. – Донецьк, ВНЗ ДонНТУ. –с. 80 – 85.

9. Боровиков В.О., Слущка О.М. Обґрунтування методології визначення температурного діапазону застосування піноутворювачів загального та спеціального призначення для гасіння пожеж // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал, 2008, №2(18). – К., УкрНДПБ МНС України. – с. 77 – 81.

10. Боровиков В.О., Козяр Н.М., Слущка О.М. Обґрунтування придатності методики визначення критичної інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів загального призначення під час гасіння неполярних горючих рідин для оцінювання їх якості // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал, 2009, №1(19). – К., УкрНДПБ МНС України. – с. 179 -182.

11. Антонов А.В., Боровиков В.О., Слущка О.М. Основні положення нової редакції національного стандарту на піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж // Науковий вісник УкрНДПБ: Науковий журнал, 2009, №2(20) – К., УкрНДПБ МНС України. – с. 78 – 83.

12. Боровиков В.О., Слущка О.М. Щодо визначення ефективності піноутворювачів у разі гасіння моторного пального з полярними добавками // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека: Науковий журнал, 2017, №1(3). – К., УкрНДЦЗ. – с. 70 – 83.

*В іноземному виданні:*

13. Боровиков В.А., Слущкая О.М. Совершенствование методов испытаний и нормативной базы по оцениванию показателей качества пенообразователей для тушения пожаров в Украине // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Научно-технический журнал, 2017, № 2 (42). – М., НИИ ПБ и ЧС Республики Беларусь. – с. 5 – 15.

*Особистий внесок здобувача у роботах, які опубліковано за співавторства:*

[1; 2] – здобувач провів літературний пошук та аналізування можливих варіантів заміни бензину автомобільного горючими рідинами з більш стабільними показниками якості, а також систематизацію нормативних документів, якими регламентовано вимоги до конкретних марок піноутворювачів для гасіння пожеж та їх співставлення з вимогами чинних в Україні стандартів.

[3, 4, 5] – здобувач розробив процедуру експериментальних досліджень і взяв участь в їх проведенні.

[6, 7; 8; 9; 10] – здобувач обґрунтував методичні підходи до проведення експериментальних досліджень, взяв участь в їх проведенні, а також здійснив обробляння та узагальнення експериментальних даних.

[11] – здобувач узагальнив результати проведених раніше експериментальних досліджень, обґрунтував і склав проект нової редакції стандарту.

[12, 13] – здобувач здійснив аналізування та систематизацію результатів проведених раніше експериментальних досліджень, а також положень нормативних документів, розроблених за результатами їх проведення.

Опубліковано в інших виданнях:

1. Шеверев Є.Ю., Боровиков В.О., Чеповський В.О., Слущька О.М. Параметри горіння неполярних горючих рідин і залежність вогнегасної та ізолювальної ефективності піни від їх природи // Безпека життєдіяльності людини – освіта, наука, практика: Матеріали VI Міжнародної науково-методичної конференції. К., 2007.

2. Згуря В.І., Боровиков В.О., Чеповський В.О., Слущька О.М. Удосконалення методик досліджень та випробувань піноутворювачів для гасіння пожеж // Безпека життєдіяльності людини – освіта, наука, практика: Матеріали VI Міжнародної науково-методичної конференції. К., 2007.

3. Шеверев Є.Ю., Боровиков В.О., Чеповський В.О., Слущька О.М. Некоторые вопросы оценки эффективности огнетушащих веществ // Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах: Материалы XX Международной научно-практической конференции. Секция 2: Тушение пожаров и спасание людей. М., 2007.

4. Згуря В.І., Боровиков В.О., Чеповський В.О., Слущька О.М. Повышение точности результатов испытаний пенообразователей для тушения пожаров // Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах: Материалы XX Международной научно-практической конференции. Секция 2: Тушение пожаров и спасание людей. М., 2007.

5. Згуря В.І., Боровиков В.О., Чеповський В.О., Слущька О.М. Шляхи підвищення достовірності результатів оцінки показників якості піноутворювачів для гасіння пожеж // Геотехнологии и управление производством XXI века: Сборник научных трудов II научно-практической конференции. Донецк, 2007.

6. Антонов А.В., Боровиков В.О., Слущька О.М. Обґрунтування методології визначення температурного діапазону застосування піноутворювачів загального та спеціального призначення для гасіння пожеж // Природничі науки та їх застосування в діяльності цивільного захисту: Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції. Черкаси, АПБУ ім. Героїв Чорнобиля, 2008.

7. Антонов А.В., Боровиков В.О., Слущька О.М. Методология оценки огнетушащей эффективности пены низкой кратности при тушении горючих жидкостей // Актуальные проблемы пожарной безопасности: Материалы IXX



Международной научно-практической конференции. М., ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.

8. Боровиков В.О., Кришталь В.Н., Слущка О.М. Об эффективности пенообразователей специального назначения при тушении горючих жидкостей // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Минск, НИИПБиЧС МЧС Беларуси, 2009.

9. Боровиков В.О., Слущка О.М. Основні положення проекту змін до ДСТУ 3789 // Пожежна безпека – 2009: Тези доповідей. Львів, ЛДУБЖД МНС України, 2009.

10. Чеповский В.О., Боровиков В.О., Слущка О.М. Исследование процессов взаимодействия огнетушащих веществ с пламенем этилового спирта и рекомендации по тушению пожаров в спиртохранилищах // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: Сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Минск, НИИПБиЧС МЧС Беларуси, 2009.

11. Слущка О.М., Боровиков В.О., Антонов А.В. Удосконалення системи оцінювання якості піноутворювачів для пожежогасіння в Україні // Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи: Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Львів, ЛДУБЖД, 2018.

## АНОТАЦІЯ

**Слущка О.М. Удосконалення системи оцінювання якості піноутворювачів для гасіння пожеж. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Київ – 2019.

Розкрито особливості впливу ряду чинників на достовірність результатів оцінювання показників якості піноутворювачів для гасіння пожеж як підґрунтя підвищення ефективності їх застосування для пожежогасіння і протипожежного захисту об'єктів. Уперше визначено параметри процесів вільного горіння н-гептану, бензину автомобільного і бензину-розчинника для гумової промисловості в умовах випробувань з гасіння модельних вогнищ пожежі, а також кількісно охарактеризовано процеси взаємодії піни низької та середньої кратності, генерованої з робочих розчинів ряду піноутворювачів загального та спеціального призначення, з полум'ям цих горючих рідин. Розроблено процедуру оцінювання впливу чинників на вогнегасну ефективність та ізолювальну здатність піни низької кратності під час гасіння горючих рідин, а також процедуру визначення температурного діапазону застосування піноутворювачів. Обґрунтовано необхідність і здійснено коригування нормованих переліку і значень ряду показників якості піноутворювачів та методів випробувань з їх оцінювання, а також виявлено шляхи підвищення достовірності результатів випробувань з визначення показників якості піноутворювачів.

**Ключові слова:** випробування, гасіння, генератор піни, горюча рідина, піна, піноутворювач, показник якості, полум'я, робочий розчин.

## АННОТАЦИЯ

### **Слущкая О.М. Совершенствование системы оценки качества пенообразователей для тушения пожаров. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02 – пожарная безопасность. Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Киев – 2019.

Раскрыты особенности влияния ряда факторов на достоверность результатов оценивания показателей качества пенообразователей для тушения пожаров как основы повышения их эффективности для пожаротушения и противопожарной защиты объектов. Обосновано применение стандартизированных методик для выявления влияния факторов на объективность определения таких показателей качества пенообразователей, как плотность, вязкость, водородный показатель, поверхностное и межфазное натяжение на границе раздела с углеводородным жидкостью, кратность и стойкость пены.

Впервые определены параметры свободного горения н-гептана, бензина автомобильного и бензина-растворителя для резиновой промышленности в условиях испытаний по тушению модельных очагов пожара, а также количественно охарактеризованы процессы взаимодействия пены низкой и средней кратности, генерируемой из рабочих растворов ряда пенообразователей общего и специального назначения, с пламенем этих горючих жидкостей. Установлено, что в случае горения модельных очагов пожара одного размера, заполненных н-гептаном или бензином-растворителем “Нефрас С-2-80/120”, при прочих равных условиях усредненное значение температур пламени, скорости выгорания и плотности потока теплового излучения относительно мало отличаются между собой (в пределах от 2,5 до 9%), в то время как соответствующие параметры горения бензина автомобильного А-76 существенно отличаются от них (в пределах от 19 до 40%). Кроме того, установлено, что продолжительность тушения модельных очагов пожара класса В при использовании в качестве горючего н-гептана и бензина-растворителя “Нефрас С-2-80/120” в 1,6 - 2,1 раза меньше по сравнению с использованием бензина автомобильного, а промежуток времени до повторного возгорания модельных очагов пожара, потушенных пеной низкой кратности, в случае н-гептана и бензина-растворителя “Нефрас С-2-80/120” в 2,3 - 2,5 раза больше, чем в случае бензина автомобильного. Подтверждено предположение о возможности использования бензина-растворителя “Нефрас С-2-80/120” как горючего для объективной оценки огнетушащей эффективности пены.

Разработана процедура оценивая влияния факторов на огнетушащую эффективность и изолирующую способность пены низкой кратности при тушении горючих жидкостей, а также процедура определения температурного диапазона применения пенообразователей. Обоснована необходимость и осуществлена корректировка нормируемых перечня и значений ряда показателей качества пенообразователей и методов испытаний по их оцениванию, а также выявлены пути повышения достоверности результатов испытаний по определению показателей качества пенообразователей.

**Ключевые слова:** испытание, тушение, генератор пены, горючая жидкость, пена, пенообразователь, показатель качества, рабочий раствор.

**ABSTRACT****Slutska O.M. Improvement of quality assessment system for the evaluation of the quality performance of foam concentrates for fire-fighting. – A manuscript.**

Dissertation for the competition of the scientific degree of Candidate of Sciences (Engineering) by specialty of 21.06.02 – fire safety. Ukrainian Civil Protection Research Institute, Kyiv – 2019.

Specific features of the influence of a number of factors on the reliability of the results of evaluation of the quality performance of foam concentrates for fire-fighting were disclosed as basis of raising efficiency of their application for fire-fighting and fire protection of facilities. In particular, a number of parameters were revealed of free burning processes of n-heptane, petrol, and naphtha under conditions of testing involving extinguishing of test fires as well as processes of interaction of low and medium expansion foam generated of foam solutions of a number of general and special purpose foam concentrates with flame when extinguishing these combustible liquids. Methodology was developed for the estimation of influence of the method and parameters of foam application and some other factors upon fire fighting efficiency of low expansion foam when extinguishing combustible liquids as well as that for the determination of temperature range of application of foam concentrates. Necessity was substantiated and correction was done of the standardized list of quality performance of foam concentrates and some of their values as well as appropriate test methods for their evaluation. Some ways of raising reliability of the results of the tests for the determination of quality performance of foam concentrates were substantiated using available methods of mathematical treatment of experimental results.

**Key words:** testing, extinguishing, foam generator, combustible liquid, foam, foam concentrate, quality performance, foam solution.