

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

_____ за другим (магістерським) рівнем вищої освіти _____

на тему: «Засоби гасіння пожеж класів «А» і «В» з використанням

хімічних систем з зовнішнім піноутворенням»

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу за
другим (магістерським) рівнем вищої освіти,
групи ЗМХТ-22

галузі знань (освітньо-професійної програми)

16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»,

(«Радіаційний та хімічний захист»)

Ігор ШАБАТЮК

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник Олександр КІРСЄВ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент Василь ТКАЧ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет (підрозділ) оперативно-рятувальних сил
Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології
Галузь знань 16 «Хімічна інженерія та біоінженерія»
Спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія»
(назва)
Освітньо-професійна програма «Радіаційний та хімічний захист»
(назва)
Рівень вищої освіти другим (магістерським)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник кафедри спеціальної
хімії та хімічної технології
Євген СЛЕПУЖНИКОВ
« » 20 року

ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ Шабатюка Ігоря Анатолійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Засоби гасіння пожеж класів «А» і «В» з використанням хімічних систем з зовнішнім піноутворенням»

керівник роботи Кіреєв Олександр Олександрович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУЦЗ України від «28» лютого 2024 року № 39

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи: 10 травня 2024 року

3. Кваліфікаційна робота виконується на матеріалах: бензин, оцтова кислота, гідрокарбонат натрію, піноутворювач SOFIR AFFF AR.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити): проаналізувати методи гасіння пожеж класів «А» і «В»; розробити пропозицій з розширення можливостей пінного пожежогасіння і підвищення ефективності гасіння пожеж класів «А» і «В»; дослідити проце піноутворення в піноутворюючих системах з зовнішнім піноутворенням і властивостей піни, що утворилась; експериментально дослідити вогнегасні властивості піноутворюючих систем; розробити рекомендації щодо використання піноутворюючих систем для гасіння пожеж класу «А» і «В».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень/слайдів):

Мультимедійна слайди у кількості – 10 штук

6. Консультанти за розділами кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
6	Гапон Ю.К., доцент кафедри СХХТ		

7. Дата видачі завдання 28.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва заходів кваліфікаційної роботи	Строк виконання заходів роботи	Відмітка про виконання
1	Підбір джерел інформації, обґрунтування вибору дослідницьких методик	28.02.2024	
2	Складання плану кваліфікаційної роботи	11.03.2024	
3	Аналіз вимог до вогнегасного засобу для гасіння пожеж класу «А» і «В».	18.03.2024	
4	Дослідження процесу піноутворення в піноутворюючих системах з зовнішнім піноутворенням і властивостей піни, що утворилась	25.03.2024	
5	Дослідження властивостей пін, які одержані в процесі зовнішнього піноутворення	08.04.2024	
6	Дослідження вогнегасних властивостей піноутворюючих систем з зовнішнім піноутворенням	15.04.2024	
7	Розробка рекомендацій з гасіння пожеж класу «А» і «В» з використанням піноутворюючих систем з зовнішнім піноутворенням.	18.04.2024	
8	Підготовка розділу з охорони праці	20.04.2024	
9	Оформлення звіту про виконання кваліфікаційної роботи, підготовка презентації для захисту	26.04.2024	
10	Відправлення дипломної роботи на рецензування	01.05.2024	
11	Представлення завершеної кваліфікаційної роботи на допуск до захисту	10.05.2024	
12	Захист кваліфікаційної роботи	17.05.2024	

**Завдання одержав
здобувач вищої освіти**

(підпис)

Ігор ШАБАТЮК
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

**Завдання надав
керівник роботи**

(підпис)

Олександр КІРЄЄВ
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Звіт про КР: 76 с., 9 рис., 9 табл., 50 джерел.

Ключові слова: пожежогасіння, піноутворюючі системи, зовнішнє піноутворення, газогенеруюча реакція, піноутворювачі .

Об'єкт досліджень: гасіння пожеж класу «А» і «В» з використанням піноутворюючих систем з зовнішнім піноутворенням.

Мета роботи: визначення вогнегасних характеристик піноутворюючих систем з зовнішнім піноутворенням та розробка рекомендацій з гасіння пожеж класу «А» і «В» з використанням таких систем.

Стислий зміст роботи та висновки: В роботі проведено аналіз методів гасіння пожеж класів «А» і «В». На його основі сформульовані пропозиції з розширення можливостей пінного пожежогасіння і підвищення ефективності гасіння пожеж класів «А» і «В» шляхом використання піноутворюючих систем з зовнішнім піноутворенням.

Проведено експериментальне дослідження процесу піноутворення в піноутворюючих системах з зовнішнім піноутворенням і властивостей піни, що утворилась. Експериментально визначено вогнегасні властивості піноутворюючої системи CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%).

Зі всіх систем, що раніш досліджені ПУС $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + NaHCO_3 (8%) + Tridol 6-10 C AFFF, 6% показала найвищі вогнегасні властивості одночасно при гасінні пожеж класів А і В.

Розроблено рекомендації що до використання піноутворюючих систем для гасіння пожеж і ізоляції розливів токсичних рідин.

Область використання: пожежогасіння і локалізація розливів токсичних рідин.

ABSTRACT

QW report: 76 pages, 9 figures, 9 tables, 50 sources.

Keywords: fire extinguishing, foam forming systems, external foam formation, gasenerating reaction, foaming agents.

Object of research: extinguishing class "A" and "B" fires using elting of foaming systems with external foaming.

Purpose of the study: determination of fire extinguishing characteristics of foam systems with external foaming and development of recommendations for extinguishing Class A and Class B fires using such systems.

Summary of the work and conclusions: In the work, an analysis of fire extinguishing methods of classes "A" and "B" was carried out. On his based on proposals for expanding the capabilities of foam firefighting reduction and improvement of the efficiency of extinguishing class "A" and "B" fires by using foaming systems with external pricing.

An experimental study of the foaming process was carried out foaming systems with external foaming and foam properties, that was formed Fire-extinguishing properties were determined experimentally foaming system CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8.8%) + PU SOFIR AFFF AR (6%). Of all the systems that were previously studied, the $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + PUS NaHCO_3 (8%) + Tridol 6-10 C AFFF, 6% showed the highest fire extinguishing properties simultaneously when extinguishing class A and B fires.

Recommendations have been developed for the use of foaming systems for extinguishing fires and isolating spills of toxic liquids.

Scope of application: fire extinguishing and localization of spills of toxic liquids.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. Основні проблеми гасіння пожеж класу А і В	11
1.1. Аналіз сучасного стану гасіння пожеж класу А і В	11
1.2. Рідкофазові вогнегасні речовини	12
1.3. Водопінні вогнегасні засоби	13
1.4. Газофазові вогнегасні речовини	15
1.5. Твiрдофазові вогнегасні речовини	17
1.6. Аерозолеві вогнегасні речовини	19
1.7. Порівняльна характеристика різних видів вогнегасних засобів	20
РОЗДІЛ 2. Шляхи розширення можливостей пінного пожежогасіння і підвищення ефективності гасіння пожеж класів А і В	22
2.1. Збільшення вкладу основних механізмів припинення горіння при використанні вогнегасних пін	22
2.2. Збільшення вкладу інших факторів на підвищення ефективності пожежогасіння	29
2.3. Висновки до розділу 2	43
РОЗДІЛ 3. Дослідження процесу піноутворення в піноутворюючих системах з зовнішнім піноутворенням і властивостей піни, що утворилась	45
3.1. Теоретичні дослідження піноутворення під час зовнішнього змішування компонентів піноутворюючих систем	45
3.2. Експериментальне дослідження піноутворення під час зовнішнього змішування	49
3.3. Висновки до розділу 3	52

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шабатюк І.А.			<u>Засоби гасіння пожеж класів «А» і «В» з використанням хімічних систем з зовнішнім піноутворенням</u>	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Кірсев О.О.					6	72
Н. Контр.		Скородумова О.Б.						
Затвердив		Слепужніков Є.Д.						

РОЗДІЛ 4. Експериментальне дослідження вогнегасних властивостей піноутворюючих систем	53
4.1. Експериментальне визначення показника вогнегасної здатності піноутворюючих систем при гасінні пожеж класу А	53
4.2. Експериментальне визначення показника вогнегасної здатності піноутворюючих систем при гасінні пожеж класу В	56
4.3. Висновки до розділу 4	58
РОЗДІЛ 5. Рекомендації що до використання ПУС для гасіння пожеж класу А і В	59
5.1. Токсикологічні, екологічні та експлуатаційні характеристики компонентів ПУС	59
5.2. Засоби подачі вогнегасних ПУС	60
5.3. Рекомендації щодо гасіння пожеж за допомогою ПУС	62
5.4. Висновки за розділом 5.	63
РОЗДІЛ 6. Охорона праці	65
6.1. Загальні положення	65
6.2. Вимоги безпеки перед початком роботи, під час проведення роботи та по закінченню роботи	70
ВИСНОВКИ	71
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВМС	Високомолекулярні сполуки
ВР	Вогнегасна речовина
ГУС	Гелеутворююча система
К	Коефіцієнт використання
ПАР	Поверхнево активна речовина
ПВХ	Полівінілхлорид
ПУ	Піноутворювач
ПУС	Піноутворююча система
РЗП	Рідинний засіб пожежогасіння
ТГМ	Твердий горючий матеріал

ВСТУП

Водо-пінні вогнегасні засоби знайшли широке застосування в практиці пожежогасіння. По частоті використання вони поступаються лише рідинним вогнегасним речовинам. У більшості розвинених країн використання пін при гасінні пожеж складає 5-10 % [1-2] від загальної кількості гасіння пожеж. При гасінні резервуарів з горючими рідинами піни є основними вогнегасними засобами. Характерною особливістю пін є їх висока ізолююча дія. За цим показником піни значно випереджають усі інші традиційні засоби пожежогасіння. Піни використовуються для гасіння рідких горючих матеріалів (пожежі класу В). Їх також можна використовувати і для гасіння твердих горючих матеріалів (пожежі класу А). Також піни використовуються при гасінні пожеж в яких основними складовими пожежної навантаження є одночасно тверді і рідкі горючі матеріали. Коефіцієнт використання водопених складів є високим при гасінні горизонтальних ділянок поверхонь горючих матеріалів і низьким при гасінні вертикальних і похилих поверхонь.

Одним з істотних недоліків пен є проблеми з їх подачею на великі відстані. Завдяки малому відношенню маси до площі поперечного перетину пінного потоку сили опору значно перевищують сили інерції, що приведе до швидкого гальмування струй піни. Частково цю проблему вдалося вирішити шляхом застосування УКПТ «Пурга». Однак спосіб подачі піни, що реалізується в установках цього типу, призводить до суттєвого руйнування піни в ході її подавання [3-4]. Піна середньої кратності, яка подається в осередок пожежі, з високою інтенсивністю горіння, в істотній мірі несеться за борт резервуара висхідними конвективними потоками. Подача піни за допомогою установки «Пурга» відноситься до жорсткої подачі, для якої характерно механічне руйнування піни під час її контакту з поверхні горючої рідини. Ще одним з недоліків повітряно-механічних пін є використання як газа-наповнювача повітря, яке підтримує горіння.

Одним з механізмів руйнування піни в ході подачі, є її деструкція від прямого впливу факела полум'я, а також інтенсивного теплового випромінювання. Так само

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

важливим недоліком прийнятого способу подачі піни, є необхідність подачі великого надлишку піни на невелику площу дзеркала палаючої рідини. Це є необхідним для забезпечення умов розтікання піни по всій її поверхні. Всі перераховані вище фактори призводять до збільшення витрати вогнегасних речовин. Це, в свою чергу, приводить до того, що, як відзначається багатьма авторами, при пожежах резервуарів з нафтої та нафтопродуктами часто навіть при забезпеченні нормативних інтенсивностей подавання піни не вдається загасити пожежу.

Частково проблему подачі пін на великі відстані вирішує застосування рідких складів, що спінюються в осередку пожежі [5-6]. Вони являють собою емульсію легкокиплячих рідини у водному розчині піноутворювача. При попаданні на нагріті поверхні в осередку пожежі легкокипляча рідина переходить у газоподібний стан. За рахунок присутності піноутворювача в вогнегасному розчині відбувається утворення піни, яка розтікається. Такі піни при наявності в матеріалі отворів і щілин здатні проникати всередину конструкції.

Недоліком складів, що спінюються в осередку пожежі є те, що утворення піни відбувається тільки на нагрітих поверхнях. У разі потрапляння на недостатньо нагріті вертикальні і похилі поверхні рідкий розчин стікає з них, що призводить до втрати вогнегасної речовини. При гасінні горючих рідин з низької температурою кипіння такі склади не утворюють піну.

Суттєвим вдосконаленням у використанні пін для цілей пожежогасіння є впровадження підшарового подавання піни. Але для ефективного гасіння горючих рідин таким способом потрібно використання плівкоутворюючих пін, які мають значно більшу вартість та їх використання може приводити до небажаних екологічних наслідків.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ПРОБЛЕМИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ «А» І «В»

1.1. Аналіз сучасного стану гасіння пожеж класу А і В

По агрегатному стану в умовах застосування вогнегасні речовини прийнято розділяти [7] на твiрдофазові, рiдкофазові (iнколи використовується термiн "рiдинні вогнегасні засоби"), газофазові (газові) і аерозольні. До твiрдофазних вогнегасних речовин вiдносять вогнегасні порошки.

До жiдкофазних вогнегасних речовин (ВР) вiдносять воду, воду з модифiкуючими добавками, робочі розчини пiноутворювачiв, емульсії і суспензії. Одним з рiзновидiв жiдкофазних ВР є водопiнні вогнегасні речовини. Газові вогнегасні речовини по стану при зберiганні роздiляють на зрiджених і незрiджених. Аерозольні ВР (аерозольутворюючі склади) є компактними сумiшами окисника, вiдновника і функцiональних добавок, які без доступу повітря здiбні до горiння з утворенням вогнегасного аерозолю.

Вибiр конкретного виду ВР для гасiння пожежi визначається набору-ром великої кiлькостi факторiв: хiмiчним складом, фазовим станом горючих матерiалiв, особливостями їх розмiщення, кiлькiстю цих матерiалiв, умовами газообмiну, особливостями об'єкту, на якому вiдбувається пожежа. Истотну роль вiдiграють хiмiчні властивостi горючих матерiалiв. При виборі вогнегасної речовини треба враховувати можливiсть хiмiчної реакцiї мiж ним і горючим матерiалом. У ряді випадкiв при таких реакцiях видiляються токсичні речовини або речовини, що пiдсилюють горiння.

В основу вибору типу ВР покладено клас пожежi, гасiння якого воно призначене. Одним з основних принципiв класифiкацiї пожеж є вiднесення її до того чи iншого класу за фазовим станом основного горючого матерiалу. Згiдно з чинним в Україні ДСТУ 27331-87 розрiзняють пожежi класу А (твiрдi горючі матерiали), В (рiдкі горючі речовини), С (газоподiбні горючі речовини) і D (горючі метали). В даний час ця класифiкацiя доповнено класом Е (горiння електрообладнання, що знаходиться пiд напругою). У свою чергу ці класи пожеж

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Пiдпис	Дата		

підрозділяються на підк підкласи А1: (тверді горючі матеріали (ТГМ), схильні до тління), А2 (ТГМ, не схильні до тління), В1 (рідини, нерозчинні у воді, тверді речовини, що плавляться в умовах пожежі), В2 (рідини, що розчинюються у воді), D1 (легкі метали, за винятком лужних та лужно-земельних), D2 (лужні і лужноземельні метали) D3 (металовмісні сполуки: металоорганічні, гідриди металів).

1.2. Рідиннофазні вогнегасні речовини

Серед усіх вогнегасних засобів для гасіння пожеж класу А найбільшого поширення набули рідиннофазні вогнегасні засоби. Під рідиннофазним вогнегасними засобами розуміють такі речовини або їх суміші, які в умовах застосування знаходяться в основному в рідкому стані. Використання рідиннофазних вогнегасних засобів у багато разів перевищує використання всіх інших вогнегасних засобів. Це зумовлено комплексом властивостей рідин. В першу чергу рідини мають високу охолоджуючу дію, що пов'язано з їх високими теплоємностями і теплотами випаровування. За охолоджуючою дією рідини значно перевершують гази. Теоретично вогнегасні порошкові склади також мають високу охолоджуючу дію, однак, на практиці при гасінні твердих горючих матеріалів реалізується лише незначна частина їх охолоджуючої дії. Охолоджуюча дія порошоків в основному реалізовується в охолодженні зони горіння, а не поверхні твердих горючих матеріалів. Частилки твердих речовин в значному числі випадків не в змозі забезпечити контакт з твердою поверхнею. На відміну від них рідини можуть змочувати тверді поверхні і проникати углиб цих матеріалів. Рідиннофазні вогнегасні склади є єдиними, за допомогою яких можливо успішне гасіння глибокорозташованих шарів палаючих речовин (протока). Це робить їх ефективними при гасінні тліючих матеріалів. А ліквідація горіння тліючих матеріалів є однією з найбільш складних проблем в області пожежогасіння [8]. Рідини також мають переваги експлуатаційного характеру - їх зручно зберігати і легко подавати в осередок пожежі.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Але рідинофазних вогнегасні речовини мають суттєвий обмеження при гасінні пожеж класу В. Так, вони малоефективні при гасінні легкозаймистих горючих рідин. Це обумовлено тим, що при гасінні горючих рідин є необхідність забезпечити вогнегасну концентрацію водного аерозолу у всьому об'ємі, де концентрація пари горючої рідини досягає нижньої концентраційної межі поширення полум'я та підтримувати таку концентрацію довгий час. В той же час, розпиленою водою відносно легко гасяться важкозаймисті рідини, завдяки ефективному охолодженню їх поверхні дрібними краплями води.

1.3. Водопінні вогнегасні засоби

Найбільше поширення для гасіння пожеж класу В знайшли водопінні вогнегасні засоби. Вони є проміжними між рідинофазними і газофазними вогнегасними засобами. За умовами зберігання водо-пінні вогнегасні засоби представляють рідинофазні склади (вода з добавками піноутворювача), за умовами застосування вони двофазні системами. Піна - висококонцентрована дисперсна система, що складається з газоподібної дисперсної фази та рідкого дисперсійного середовища [9–10]. Для пін характерна комірково-плівкова структура, в якій заповнені газом комірки розділені тонкими рідкими плівками. Піни є ліофобними дисперсними системами, вони термодинамічно нестійкі. До руйнування пін приводять три основних процеси: стоншення плівок, дифузійний перенос газу з малих осередків в більш великі, стікання дисперсійного середовища під дією сили тяжіння. Необхідною умовою утворення пін є наявність у воді поверхнево-активних речовин (ПАР). Вони зменшують енергію, необхідну для утворення нових поверхонь розділу, та частково збільшують стійкість утворюються плівок. Залежно від типу використовуваного ПАР розрізняють катіонні, аніонні та неіонні піноутворювачі. В даний час переважно використовуються аніонні піноутворювачі. Для збільшення стійкості пін до складу піноутворювача вводять стабілізатори піни. Композиції ПАВ, стабілізаторів піни та інших спеціальних добавок які використовують для одержання пін називають піноутворювачами.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

Піноутворювачі згідно ДСТУ 3789-98 поділяють на піноутворювачі загального і спеціального призначення [11]. Дані по піноутворювачам і використанню пін з метою пожежогасіння узагальнені в роботах [1, 2].

Розрізняють піни низької, середньої і високої кратності. Піни низької та середньої кратності використовують при гасінні твердих та рідких горючих матеріалів шляхом подачі їх на гарячі поверхні (поверхневим способом). Піни середньої і високої кратності іноді використовують для гасіння об'ємним способом.

Домінуючим механізмом вогнегасної дії пін є ізоляція горючих парів і газів від зони горіння. При цьому істотно сповільнюється швидкість надходження продуктів термодеструкції (у разі горіння ТГМ) і парів рідини (у разі горіння рідин) в зону горіння. Крім того піни екранують поверхні, що горять від зовнішнього теплового потоку, що уповільнює прогрівання поверхневих шарів горючих речовин. Охолоджувальне і разбавляюча дію пін є додатковим фактором гасіння.

Недоліком пін є їх невисока стійкість при контакті з розігрітими поверхнями та від дії теплового випромінювання полум'я суміжних ділянок пожежі. Коефіцієнт використання пін є високим у разі гасіння горизонтальних ділянок твердої поверхні. При гасінні вертикальних і похилих поверхонь втрати піни за рахунок стікання великі. Так піна, запропонована для гасіння пожеж класу А, дає економію води всього 25 % [4].

Ще одним недоліком пін є відсутність вогнезахисного дії після руйнування і випаровування поданої на гасіння піни. Також існують проблеми з подачею піни на великі відстані. Частково остання проблема може бути вирішена при використанні складів, що спінюються в осередку пожежі [12, 13]. Для пін також залишаються обмеження при гасінні електрообладнання, що знаходиться під напругою, та речовин, що активно реагують з водою.

Запропонована нова технологія гасіння пожеж за допомогою «компресійної» піни, яку однаково успішно можна застосовувати для гасіння як горючих рідин, так і ТГМ [14].

В цілому можна зробити висновок, що при гасінні ТГМ піни поступаються по вогнегасним характеристикам воді та водним розчинам.

1.4. Газофазові вогнегасні речовини

Перевага газофазових ВР перед іншими засобами пожежогасіння полягає в тому, що вони в більшості випадків не викликають істотного збитку від їх застосування. Тому їх застосовують при гасінні і пожежної захисту бібліотек, музеїв, виставок, обчислювальних центрів та складських приміщень. Газові вогнегасні речовини за механізмом вогнегасної дії поділяють на інертні розріджувачі та інгібітори горіння [7, 15–17]. Домінуючої вогнегасною дією перших є раз бавлення, других - інгібування. Сильне інгібуючу дію на процеси полум'яного горіння надають хладоні. Хладоні являють собою насичені галогенопохідні вуглеводнів. Найбільшу інгібуючу дію проявляють хладоні, що містять у своєму складі атоми бромів або йоду.

В даний час хлор - бромовмісні хладоні виводяться з обігу з-за їх високої озоноруйнівної дії. Замість них запропоновані так звані «альтернативні або озонобезпечні» хладоні (фторовмісні). Однак за своїми інгібіруючими властивостями більшість з них істотно поступаються традиційним хладонам. Нормативні об'ємні вогнегасні концентрації альтернативних хладонів для гасіння горючих рідин знаходяться в межах 5-11%. За цим показником вони в кілька разів поступаються традиційним хладонам і в теж час в 3-4 рази перевершують інертні розріджувачі. Частина альтернативних хладонів підпадають під обмеження Кіотського протоколу, як речовини, що мають високий потенціал глобального потепління. Крім того, альтернативні хладоні та продукти їх розкладання в полум'я (переважно COF_2 , HF) є токсичними речовинами [18].

Ще одним недоліком хладонів є їх висока вартість і великий час існування їх в атмосфері. Останнього недоліку позбавлений фторокетон 3-6 (Novac 1230) [19-20]. Він розкладається в атмосфері землі протягом 5 діб. Вогнегасна концентрація для вуглеводневих палив фторокетона 3-6 становить 3,4%.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		15

Більшості недоліків фреонів, пов'язаних з їх негативним впливом на навколишнє середовище, позбавлені газові інертні розріджувачі. З інертних розріджувачів найбільше поширення отримав вуглекислий газ (CO₂). Крім того, використовуються азот, аргон, гексафторид сірки (елегаз - SF₆) або суміші різних газів. Серед останніх можна відзначити складу INERGEN (52% азоту, 40% аргону і 8% вуглекислого газу). З допомогою цього вогнегасного складу можливе досягнення вогнегасної концентрації без суттєвого впливу на можливість людини дихати в такій атмосфері. Для газоподібних інертних розріджувачів вогнегасні концентрації зазвичай становлять 25-40%, що помітно перевищує відповідні значення для хладонів. Елегаз займає проміжне положення за вогнегасною властивостям між хладонами та інертними розріджувачами. Його нормативні об'ємні вогнегасні концентрації варіюються в межах 7-15%.

Охолоджуюча дія газофазних вогнегасних речовин на 2-3 порядки поступається рідиннофазним вогнегасним речовинам. Це робить їх малоефективними при гасінні речовин, здатних акумулювати великі кількості тепла. Крім того, гази непридатні при гасінні матеріалів, схильних до тління. Тому для гасіння ТГМ вони можуть ефективно використовуватися лише на початковому етапі горіння, коли в процесі горіння, речовини не встигли утворити вуглецевмісний залишок.

З газофазових вогнегасних речовин найбільшим охолоджуючим дією володіє вуглекислий газ. Він подається з балонів, у яких зберігається під високим тиском. При виході з балона CO₂ він швидко розширюється. Це призводить до його сильному охолодження аж до утворення твердої вуглекислоти, яка здатна відбирати від поверхні ТГМ велику кількість тепла. Однак і вуглекислий газ істотно поступається за охолоджуючою дією воді та водним розчинам.

Ефективно використовувати газофазові вогнегасні речовини можливо в приміщеннях з незначним газообміном. В останньому випадку при збільшенні концентрації газоподібного вогнегасної речовини вище деякої межі припиняється полум'яне горіння ТГМ. Якщо надалі вдається запобігти збільшення концентрації кисню, то можливо за рахунок природного охолодження матеріалів домогтися

повного припинення горіння. Використання газових сумішей для гасіння розвинених пожеж в переважній більшості випадків недоцільно.

Аналіз властивостей газофазних вогнегасних речовин дозволяє зробити висновок, що в більшості випадків вони не придатні для гасіння розвинених пожеж, в яких основними горючими речовинами є ТГМ і горючі рідини.

1.5. Твёрдофазові вогнегасні речовини

До твердофазових вогнегасних засобів відносять вогнегасні порошки. Вони являють собою суміш дрібнодисперсних твердих речовин. Розрізняють вогнегасні порошки загального та спеціального призначення. Порошки загального призначення призначені для гасіння пожеж класів А, В, С і Е. Порошки спеціального призначення призначені для гасіння металів і металоорганічних сполук (пожеж класу D), а також підкласу А1.

Домінуючим вогнегасним ефектом порошоків загального призначення є інгібуюча дія. Вогнегасні порошки добре зарекомендували себе при гасінні газів і рідин на початкової стадії пожежі. У цих випадках зазвичай буває достатньо придушити фазу полум'яного горіння. Для цього достатньо в області простору, де концентрація горючих газів (парів) в зоні горіння перевищує нижній концентраційний межа поширення полум'я створити достатню концентрацію вогнегасної порошку. Вогнегасні порошки загального призначення проявляють також істотну охолоджуючу дію і ізолюючу дію на поверхнях ТГМ, що дозволяє їх використовувати для гасіння пожеж класу А [21]. Але для надійного гасіння ТГМ недостатньо придушити полум'яне горіння. Після його придушення може виникнути повторне займання, так як часто залишаються інші джерела займання: осередки тління і гетерогенного горіння. Тому для повного надійного припинення горіння необхідно охолодити ТГМ до температури, при якій припиняється процес піролізу з виділенням горючих продуктів розкладання. Одночасно з цим вирішується завдання придушення вогнищ тління і гетерогенного горіння.

При гасінні деяких ТГМ вогнегасні порошки виявляють ще один різновид впливу на процес горіння - вони змінюють механізм термодеструкції горючого матеріалу в напрямку освіти негорючих газоподібних продуктів піролізу (CO_2 , H_2O). При цьому навіть при температурах вище температури самозаймання вихідного ТГМ процес горіння виявляється неможливим. В таких випадках для припинення процесу горіння досить меншу зниження температури горючого матеріалу. Багато в чому завдяки такому ефекту азотовмісні і фосфоровмісні вогнегасні порошки виявляються ефективними при гасінні целюлозовмісних матеріалів. До недоліків порошкових вогнегасних засобів відносять [22] значну злежуваність порошків; високі вимоги до герметичності єдностей для зберігання порошків; необхідність високої кваліфікації персоналу; мала дальність польоту порошкового струменя; велике час випуску вогнегасної складу; великі втрати ВР при наявності сильних конвективних потоків; незначна проникливість; невисока ефективність при гасінні комбінованих пожеж.

Одночасно відзначається висока універсальність порошкових вогнегасних засобів та їх висока ефективність при використанні на початкових етапах розвитку пожежі. В цілому можна зробити висновок, що порошки при гасінні ТГМ мають в 4-5 разів більшу вогнегасну здатність у порівнянні з водою. З-за високої вартості порошків їх практичне використання при гасінні пожеж невелика (~1%).

Використання порошків для гасіння пожеж класу В має суттєві обмеження. Вони малоефективні при гасінні легкозаймистих рідин в стадії розвинутої пожежі. Це обумовлено тим, що на цій стадії пожежі матеріали і конструкції в зонах горіння і теплового впливу пожежі розігріваються до високих температур і вони можуть виступати в якості джерел запалювання пароповітряної суміші. Тому для успішної ліквідації пожежі потрібно охолодити такі конструкції. За охолоджуючою дією порошки поступаються рідинним засобам пожежогасіння.

Ще одними з недоліків порошків при гасінні горючих рідин є необхідність забезпечити вогнегасну концентрацію порошку у всьому об'ємі, де концентрація пари горючої рідини досягає нижньої концентраційної межі поширення полум'я та підтримувати таку концентрацію довгий час. Завдяки інтенсивним конвективним

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		18

потокам порошковий аерозоль швидко уноситься, що приведе до необхідності довгогодинної подачі порошку.

1.6. Аерозолеві вогнегасні речовини

Відносно новими вогнегасними засобами є аерозолеві вогнегасні речовини. Їх отримують шляхом розкладу твердопаливних аерозольгенерувальних складів. Аерозольгенерувальні склади представляють собою твердофазні композиції відновника, окиснювача і функціональних добавок, здатні у разі ініціювання згоряти без доступу повітря. При згорянні вони утворюють вогнегасний аерозоль, що складається з газоподібних (CO_2 , N_2 , H_2O (пар)) і твердофазних продуктів згоряння (KCl , NaCl , оксиди і гідроксиди металів). Продукти згоряння чинять інгібуючу (більшою мірою) і разбавляючу (меншою мірою) дію.

Дія вогнегасних аерозолів, що утворюються при роботі генераторів аерозолів, схоже з дією аерозолів, що утворюються при подачі порошкових складів, однак перші мають ряд переваг [7, 17, 23]. Частки таких аерозолів в 10-100 разів менше за розміром, порівняно з порошковими аерозолями, що підвищує ефективну поверхню твердої фази. Це в свою чергу підвищує проникаючу здатність частинок такого аерозолю. Аерозольна хмара за рахунок зменшення швидкості осідання частинок більш стабільна порівняно з порошковою. Частилки що утворюються під час роботи аерозольгенерувальних складів мають «свіжу» поверхню і виявляють через це велику активність при адсорбції активних радикалів, які беруть участь в реакціях горіння. При роботі деяких генераторів аерозолів знижується концентрація кисню в повітрі (на 1-4%) за рахунок допалювання компонентів твердопаливних композицій після виходу з насадки.

В цілому вогнегасна здатність аерозольних вогнегасних речовин при об'ємному способі гасіння в 5-8 разів вище, ніж у хладонів і вогнегасних порошків. Для них характерний близький до нуля коефіцієнт озоноруйнівної дії. По токсичності вогнегасні аерозолі відносяться до малонебезпечних і помірнобезпечних речовин. Найбільшу небезпеку вони проявляють при

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

попаданні в організм людини через органи дихання. Установки, що використовують аерозольні вогнегасні склади, зручні в експлуатації. Вони мають високу надійність і великий гарантійний термін експлуатації (10 і більше років). Генератори аерозолів і склади для них технологічні у виробництві, зручні в транспортуванні та монтажі.

Недоліками генераторів вогнегасних аерозолів є наявність високотемпературної зони на виході з них, зниження видимості в області їх дії, а також небезпеку для персоналу, що працює без засобів захисту. Ефективне використання таких засобів пожежогасіння можливо на початковому етапі розвитку пожежі в приміщеннях з високим ступенем герметичності. Вогнегасні аерозолі виявляють лише незначну охолоджуючу дію на ТГМ і малоефективні при гасінні тліючих матеріалів. Експериментально встановлено, що аерозолеві вогнегасні засоби впевнено гасять осередки пожеж класу А1 при часу розгоряння до 2 хвилин. У разі якщо горіння тривало більше 5 хвилин і горіння проникла вглиб матеріалу такі склади виявляються неефективними [24]. Мінімальні вогнегасні концентрації аерозолу для деяких зразків генераторів складають ~ 20 г/м³ (полігонні випробування і метод «циліндра») і 6 г/м³ (метод «камери») [25]. Аналізу різних аспектів застосування АОС присвячені роботи [7, 26].

Недоліки вогнегасних аерозолів при гасінні пожеж класу В такі самі, що і у порошкових засобів пожежогасіння.

Генератори вогнегасного аерозолу постійно удосконалюються. Так за рахунок підбору нових складів та застосування охолоджувальних насадок вдалося знизити температуру на виході з них до температур нижче 200°C. Проте основний недолік генераторів вогнегасних аерозолів - низька ефективність при гасінні розвинених пожеж, далекий від усунення.

1.7. Порівняльна характеристика різних видів вогнегасних засобів

Кожен вид вогнегасних речовин має свої переваги і недоліки, свої області найбільш ефективного застосування. В даній роботі розглядаються, пожежі класів

А і В. Для пожеж класу А класу найкращу вогнегасну здатність виявляють твердофазні (порошкові) і аерозольні засоби пожежогасіння [27]. Для них масова витрата ВР, віднесена до одиниці площі модельного вогнища, (для деревини) становить в ряді випадків значення менше $0,3 \text{ кг/м}^2$. Для порошкових та аерозольних складів характерний загальний недолік - низька ефективність при гасінні розвинених пожеж великої площі. Це обумовлено великими втратами за рахунок унесення дрібних твердих частинок конвективними потоками. Ці засоби пожежогасіння також недоцільно використовувати для гасіння легкозаймистих речовин. Крім вищевідміченої причини це також обумовлено невисокою охолоджуючою дією порошкових і аерозольних засобів.

Ефективно використовувати газофазові вогнегасні речовини для гасіння пожеж класів А і В можливо в приміщеннях з незначним газообміном. Але і в цьому випадку охолодження горючих речовин відбуваються дуже повільно.

Високу охолоджуючу дію мають водні вогнегасні засоби. В випадку додавання до їх складу ефективних інгібіторів горіння вони практично зрівнюються за показником вогнегасної здатності з порошковими і аерозольними засобами [27]. Але водні засоби пожежогасіння неефективні при гасінні легкозаймистих рідин. В загальному для гасіння легкозаймистих рідин єдиним ефективним засобом пожежогасіння є піни. Але піни недостатньо ефективні при гасінні пожеж класу А.

З цього можна зробити висновок, що найбільш доцільно в якості вогнегасного засобу, який би ефективно гасив пожежі класів А і В обрати піни. Але водопінні вогнегасні засоби повинні бути модифіковані так, щоби підвищити їх вогнегасні властивості по відношенню пожеж класу А.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2. ШЛЯХИ РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПІННОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ І ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСІВ «А» І «В»

2.1. Збільшення вкладу основних механізмів припинення горіння при використанні вогнегасних пін

Основними механізмами припинення горіння є:

- охолодження зони горіння або поверхні речовини що горить;
- розбавляння речовин, що беруть участь в процесі горіння;
- ізоляція горючих речовин від зони горіння;
- інгібування хімічної реакції окислення.

Інколи до цих механізмів припинення горіння додають ще два: механічний зрив полум'я і вогнеперешкоджання. Однак два останніх механізми можна звести до перших чотирьох і тому розглядатися нижче не будуть.

Найкращих результатів у підвищенні ефективності вогнегасних засобів можна досягти шляхом розробки ВР, в яких максимально задіяні всі основні механізми припинення горіння. Однак домогтися максимального вкладу всіх механізмів припинення горіння на практиці неможливо. Внесок кожної механізма можна змінювати, змінюючи якісний і кількісний склад вогнегасної композиції. Проте, зазвичай речовини, що мають максимальне значення однієї складової вогнегасної дії, проявляють невисокі значення інших складових.

Ще однією проблемою при підборі ВР з максимальними вогнегасними властивостями є труднощі в теоретичному вираженні кількісних характеристик для різних складових вогнегасної дії. Тільки охолоджуюча дія ВР відносно легко піддається кількісному вираженню. Крім того, для багатокomпонентних систем виникають проблеми хімічної сумісності компонентів і взаємного впливу складових вогнегасної композиції на властивості системи як цілого і на окремі складові вогнегасної дії. Перераховані вище факти призводять до неможливості розрахунково-теоретичного визначення як окремих складових вогнегасної дії, так і

загального інтегрального властивості системи - вогнегасної здатності. Це призводить до необхідності експериментального визначення таких характеристик.

В якості вогнегасного засобу, який ефективно гасив би пожежі класу А і В вище було обрано піни (Розділ 1). Але водопінні засоби пожежогасіння повинні бути модифіковані таким чином, щоби вони ефективно гасили пожежі класу А. Для цього треба спочатку виявити недоліки піни як засобу гасіння пожеж класу А.

2.1.1. Збільшення охолоджуючої дії піни

По-перше охолоджуюча дія піни мала тому, що піна має низку теплоємність в розрахунку на одиницю об'єму. Для низькократних пін цій недолік значно менший ніж для пін середньої та високої кратності. Причому охолоджуюча дія піни зростає зі зниженням її кратності. Для пін з кратністю 3-5 охолоджуюча дія практично зрівнюється з охолоджуючою дією твердофазових і аерозольових засобів пожежогасіння. Тобто одним з шляхів збільшення охолоджуючої дії піни – є використання пін низької кратності.

Іншим шляхом збільшення охолоджуючої дії пін є додавання до складу розчинів піноутворювачів речовин з великими теплотами термодеструкції. Однак як показує аналіз використання такого підходу дозволяє збільшити охолоджуючу дію водних розчинів всього на (10-15) % [28]. На такому шляху підвищення охолоджуючої дії є труднощі з вибором відповідних речовин які були би сумісними з піноутворювачами. Серед таких речовин можна відмітити в першу чергу сполуки в яких нема багатозарядних іонів, тобто солі лужних металів і амонію. В першу чергу можна відмітити фосфати амонію, які крім підвищення охолоджуючої дії підвищать і ігібрувальну дію композиції.

2.1.2. Збільшення ігібрувальної дії піни

Ще одним з суттєвих недоліків існуючих водопінних засобів пожежогасіння є їх низькі ігібруючі властивості. Цей недолік можна в значній мірі виправити

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

шляхом введення до складу робочих розчинів піноутворювача ефективних інгібіторів горіння. Для цього треба розв'язати задачу сумісності інгібітора горіння і інших компонентів робочого розчину.

При розгляді інгібування процесу горіння розіб'ємо його на дві складові. Першу складову віднесемо до інгібування газофазних реакцій в полум'ї, другу - до прояву деякими речовинами властивостей антипіренів. Антипірені - це речовини знижують горючість матеріалів органічного походження. Вважається, що дія антипіренів зумовлено кількома складовими: поглинанням тепла антипіренами при нагріванні, виділення ними при термодеструкції негорючих газів, утворення на поверхні ТГМ ізолюючих плівок, утворенням на поверхні матеріалу карбонізованого шару з низькою теплопровідністю, інгібуванням процесів горіння в газовій фазі, зміною механізму термодеструкції органічного матеріалу. Для целюлозовмісних матеріалів найбільший внесок у зменшення горючості вносить остання складова. Зокрема, для пояснення зменшення горючості таких матеріалів широко залучається теорія каталітичної дегідратації [29].

Як видно з переліку складових вогнегасної дії антипіренів, вони включають практично всі механізми припинення горіння. Тому тут буде проводитися розгляд тільки складових пов'язаних з гальмуванням реакції за рахунок зміни механізму термодеструкції.

Високу інгібіруючу дію в області де відбуваються ланцюгові реакції горіння виявляють деякі порошкові склади. Тверді речовини, що володіють інгібуючим дією процесу окислення в газовій фазі досить численні: галогеніди та гідрокарбонати лужних металів і амонію, деякі карбонати, сульфати, оксалати і особливо гідрофосфати амонію. Гідрофосфати амонію складають основу ряду найбільш ефективних порошкових засобів пожежогасіння [7]. Результати робіт по дослідженню впливу гідрофосфатів на горючість целюлозовмісних матеріалів підсумовані в монографії [29]. Іншими високоефективними інгібіторами горіння целюлозовмісних матеріалів є хлориди магнію (бішофіт) і кальцію. Їх коефіцієнт підвищення вогнегасної здатності води також як і дигідрофосфату амонію досягає значення ~3.

З вищесказаного випливає, що перспективними добавками до складу робочих розчинів піноутворювачів, які забезпечать його високі інгібуючі властивості, є дигідрофосфат амонію і хлориди магнію і кальцію. Але дві останні речовини мають погану сумісність з більшістю аніонних піноутворювачів. Вони вступають до реакції з поверхневоактивними аніонами з утворенням нерозчинених солей, що приводе до суттєвого зменшення поверхневої активності.

Ефективними газоподібними інгібіторами полум'яної фази горіння виступають деякі бром та йодовмісні хладони. Однак з-за високої озоноруйнівної потенціалу вони виводяться з ужитку для цілей пожежогасіння. В даний час допущені до використання в якості вогнегасних речовин ознобезпечні хладони, які за своєю вогнегасної ефективності поступаються своїм «класичним» аналогам. По своїй дії ознобезпечні хладони лише трохи перевершують інертні газирозріджувачі. Тому введення ознобезпечних хладонів в вогнегасні склади, ймовірно, не призведе до помітного підвищення вогнегасних характеристик останніх. Крім того, альтернативні хладони мають істотний недолік, пов'язаний з утворенням токсичних речовин при їх термічному розкладанні (переважно фтороводень). Недоліком хладонів також є їх висока вартість.

Інгібуючу дію бром і йодовмісних інгібіторів горіння в основному обумовлено наявністю в них бромю або йоду. При нагріванні ці атоми отщепляються і утворюють відповідні радикальні частки ($\text{Br}\cdot$ і $\text{I}\cdot$). Саме ці радикали вступають в реакції з активними центрами реакції горіння, обриваючи ланцюгові реакції окислення вуглеводневих горючих речовин. Джерелами радикалів $\text{Br}\cdot$ і $\text{I}\cdot$ крім хладонів можуть виступати й інші речовини. Наприклад, легко розпадаються на радикали при нагріванні на атоми-радикали бромоводород і йодоводород. Ці речовини відомі як ефективні інгібітори газофазного окиснення. Безпосередньо застосовувати бромоводород і йодоводород для цілей пожежогасіння не доцільно із-за високих кислотних властивостей цих сполук. Однак можливо застосовувати деякі малоагресивні сполуки, які при термодеструкції утворюють ці речовини. До них в першу чергу можна віднести бромід і йодид амонію. Бромід амонію при нагріванні вище $300\text{ }^\circ\text{C}$ розкладається:

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		25



Утворюється бромоводень в газовій фазі легко розпадається на два радикала:



Токсичність композицій, що містять бромід амонію не велика, так як утворюються в результаті реакції бромоводород і аміак при поступовому охолодженні назад з'єднуються між собою:



Тому бромоводень буде в основному знаходитися в зоні підвищених температур. Невелика частина бромоводню все ж потрапляє в атмосферу. Він хоча і має властивість руйнувати молекули озону з атмосфери, швидко віддаляється і не досягає озонового шару. Йодовмісні сполуки є більш ефективними інгібіторами процесу горіння, з-за високої вартості рідше застосовуються в вогнегасних складах.

Оцінку інгібуючих властивостей в умовах реальної пожежі можна провести на підставі експериментів з гасіння модельних вогнищ пожежі. Гасіння стандартних модельних вогнищ пожеж різного рангу регламентується відповідними ДСТУ (ДСТУ 3675-98). Такі експерименти мають значну трудомісткість і вимагають витрат великої кількості речовин і матеріалів. Так як кількість досліджуваних систем становить кілька десятків, то на початковому етапі доцільно провести лабораторні дослідження гасіння модельних вогнищ пожежі невеликого розміру (лабораторні модельні вогнища). В подальшому для систем, які показали найкращі результати, необхідно провести дослідження з гасіння повномасштабних стандартних модельних вогнищ.

2.1.3. Збільшення розбавляючої дії піни

Розбавлення речовин, що беруть участь в процесі горіння є одним з механізмів припинення горіння. У більшості випадків цей ефект відіграє другорядну роль при гасінні ТГМ. Крім того, ефект розбавлення може проявлятися в помітну міру тільки в приміщеннях з невеликим газообміном. Для водопінних

засобів пожежогасіння характерна невелика розбавляюча дія. Практично у всіх випадках використовуються піни з повітрям в якості газа-наповнювача. Під час руйнування бульбашок піни виділяється повітря насичене паром води. Такі газ підтримує горіння. Для збільшення розбавляючої дії пінних засобів пожежогасіння доцільно в якості газу наповнювача використати такі гази, що не підтримують горіння.

До інертних газів-розріджувачам відносяться: вуглекислий газ, азот, аргон, элегаз (SF_6), пари води. Крім того, використовуються і суміші газів (инерген). Робочі розчини піноутворювачів являють собою водні розчини різних речовин, тому при попаданні на нагріті поверхні вони утворюють пару води, яка надає розбавляючі властивості газофазовій композиції. Таки чином розбавляють ефект спочатку властивий для пін.

Більш ефективним розріджувачем, ніж пара води, є вуглекислий газ. Тому введення до складу робочих розчинів піноутворювачів, речовин які виділяють вуглекислий газ у результаті нагрівання або газогенеруючої реакції, може виявитися одним із шляхів підвищення вогнегасних властивостей пін. В якості речовин, що виділяють вуглекислий газ при нагріванні, вибір можна провести серед карбонатів, гідрокарбонатів та оксалатів. До них повинні бути висунуті наступні вимоги:

- висока розчинність у воді;
- температура термічного розкладання нижче $100^{\circ}C$;
- сумісність з компонентами робочих розчинів.

Цим вимогам, в різній мірі, відповідають карбонат амонію, гідрокарбонати амонію, натрію і калію і оксалат амонію. Для всіх амонійних солей крім виділення вуглекислого газу виділяється ще й аміак, який при невисоких концентраціях виявляє інгібуючу дію.

2.1.4. Збільшення ізолюючої дії піни

Важається, що піни мають високу ізолюючу здатність, але це відноситься в основному до випадку використання пін для гасіння горючих рідин. В разі

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

використання пін для гасіння ТГМ ситуація суттєво змінюється. Під час горіння таких матеріалів їх поверхня нагрівається до значно більших температур ніж поверхня горючих рідин. Максимальна температура рідини обмежена її температурою кипіння. Так для більшості різновидів бензину вона складає (30-200) °С, для дизельного пального досягає 360 °С. Температура поверхні деревини може перевищувати 700 °С. З цього можна зробити висновок, що руйнування піни при гасінні ТГМ буде відбуватися значно інтенсивніше ніж при гасінні горючих рідин.

Під час руйнування піни утворюється відсік який представляє собою робочий розчин піноутворювача, тобто більше ніж на 90 % складається з води. Але на першому етапі його охолоджуюча дія буде не високою за рахунок утворення прошарку з пари води (ефект Лейденфроста). Відсутність контакту піни з твердою поверхнею призведе до стікання піни з вертикальних та похилих поверхонь.

Ще одним з недоліків піни як ізолюючого засобу при гасінні ТГМ є нездатність піни швидко припинити тління. Повітря, що знаходиться в бульбашках піни в багатьох випадках достатньо для підтриманні процесу гетерогенного горіння деревини. Це в свою чергу приводить до продовження руйнування піни під дією тепла, що виділяється під час гетерогенного горіння ТГМ. Також відомо багато випадків коли під шаром піни продовжується і полум'яне горіння.

Для гальмування процесу тління ТГМ під шаром піни достатньо використовувати в якості газу – наповнювача, такого газу, що не підтримує горіння. Це зменшить швидкість руйнування пін, що підвищить їх ізолюючу дію.

Для зменшення ефекту пливкого кипіння можна до складу робочих розчинів піноутворювачів ввести речовини, що зменшують рівноважний тиск пари над ним. Зниження рівноважного тиску пари над розчином викликають нелеткі або малолетких речовини. Причому, відповідно до закону Рауля [38], пониження тиску пари пропорційне концентрації розчиненої речовини. Ефект зниження тиску пари над розчином є проявом колигативних властивостей, тому він буде найбільшим для речовин розпадаються в розчинах на велику кількість частинок. До таких

речовин відносяться несиметричні електроліти. Вони при своїй дисоціації утворюють три або більше іона. Крім того, відомо, що найбільш ефективно знижують тиск парів води сильно іони що сильно гідратуються. Практично до таких іонів можна віднести двох або трьох зарядні іони малого радіусу. На підставі цього можна зробити висновок, що найбільш ефективно в плані зменшення втрат за рахунок ефекту плівкового кипіння будуть проявляти себе концентровані розчини несиметричних солей, що містять два або трьохзарядні іони. Але введення таких сполук до робочих розчинів піноутворювача потребує додаткових досліджень в зв'язку з їх поганою сумісністю.

2.2. Збільшення вкладу інших факторів на підвищення ефективності пожежогасіння

2.2.1. Підвищення проникаючої здатності пін

Використання пін для гасінні ТГМ призводить до появи нової проблеми - поганого проникнення вогнегасної рідини всередину матеріалу, що ускладнює обробку прихованих і важкодоступних поверхонь, а також робить неможливим здійснювати «пролив». А гасіння важкодоступних і прихованих поверхонь є найбільш складною задачею при гасінні пожеж класу А. Цей недолік пін проявляється тільки при гасінні ТГМ, при гасінні горючих рідин потреби в високих проникаючих властивостях нема.

При використанні в якості вогнегасної речовини води або водних розчинів подача великої кількості рідини дозволяє їй проникнути в отвори і щілини, затікати в тильні сторони поверхонь. Проникаючу здатність пін в деякої мірі забезпечує відсік, який утворюється під час руйнування пін, але для стійких пін він утворюється дуже повільно. На похилих та вертикальних поверхнях піна зтикає достатньо швидко, що не забезпечує проникнення відсіку во внутрішні шари твердих матеріалів.

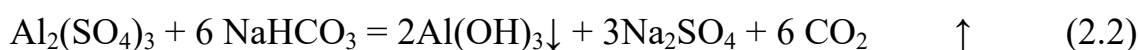
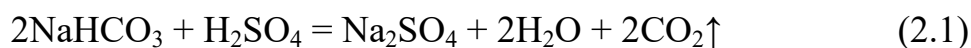
Розв'язати цю проблему при класичному методі пінного пожежогасіння не вдається, що робить піну малоефективним засобом при гасінні ТГМ. Вирішення

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

проблеми підвищення проникаючих властивостей при використанні пінних засобів пожежогасіння можна знайти в використанні бінарних піноутворюючих хімічних систем (ПУС) з зовнішнім піноутворенням, за аналогією з раніше запропанованими гелеутворюючими системами (ГУС). ПУС було запропоновано на кафедрі спеціальної хімії та хімічної технології НУЦЗУ.

Для одержання піни на поверхні ТГМ необхідно забезпечити роздільно-одночасну подачу двох компонентів піноутворюючої системи. Один або обидва компонента повинні містити в своєму складі піноутворювач. Крім того розчини повинні містити речовини які забезпечують при їх змішуванні утворення газу завдяки газогенеруючої хімічної реакції. В такому випадку поступово утворюється низькократна піна. У випадку, коли отвори і щілини мають не дуже маленькі розміри вдається забезпечити проникнення в них рідких компонентів піноутворюючої системи і процес утворення піни буди відбуватися у порожнинах. В разі малих розмірів отворів і щілин можна забезпечити послідовну подачу компонентів ПУС, які представляють собою рідини. Це також забезпечить утворення піни в середині порожнини.

В якості газоутворюючої реакції можна використовувати реакцію між кислотним і лужних компонентами, що раніш застосовувалися в хімічно-пінних вогнегасниках [7]. В них використовуються в якості лужної частини розчин гідрокарбонату натрію (NaHCO_3) і піноутворювач. В якості кислотної частини зазвичай використовували розчини солей ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ або $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Для прискорення реакції між двома розчинами в розчин кислотної частини додавали сірчану кислоту. При змішуванні кислотного і основної частини розчину відбуваються реакції з виділенням вуглекислого газу:

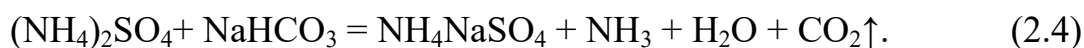


Одночасно утворюється гідроксид алюмінію, який стабілізує піну.

Якщо вибір лужної частини піноутворюючої системи можна обмежити карбонатами і гідрокарбонатами амонію, натрію і калію, то вибір кислотної частини дає додаткові можливості підвищення вогнегасної здатності таких засобів

пожежогасіння. Так доцільно ввести до складу вогнегасної розчину речовини, що підвищують охолоджуючу та інгібірувальну дію. В якості таких речовин можна використовувати дигідрофосфат амонію ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) і сульфат амонію ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).

Попередні досліді показали, що ці речовини здатні витіснити вуглекислий газ з NaHCO_3 :



Реакція, що протікає між ними в присутності піноутворювача викликає утворення піни. У разі $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ процес піноутворення відбувається швидко, а у випадку $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ повільно. На твердих поверхнях в результаті одночасного набризкування лужного та кислотного розчину утворюється шар дрібнодисперсної піни, яка при відсутності зовнішнього впливу зберігається більше 10 хвилин. Необхідно зазначити, що така піна утримується і на вертикальних поверхнях, якщо товщина її шару не перевищує 3 см.

Недоліком реакції (1) є використання агресивного компонента сірчаної кислоти. У тій же час вона має перевагу порівняно з іншими реакціями в швидкості генерування газу. Реакції 3 і 4 характеризуються невисокою швидкістю. Це, як показали попередні досліді, призводить до повільного утворення піни. Крім того, в таких системах утворюється піна низької кратності. Реакція (2) має переваги перед іншими у більшій кратності піни і більшої її стійкості. Така реакція раніше і використовувалася в хімічно-пінних вогнегасниках. У них використовувалась як лужна частина розчин гідрокарбонату натрію і піноутворювача. Як кислотної частини зазвичай використовували розчини солей ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ або $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$).

З недоліків пеноутворюючої системи (2) можна відзначити невисоку розчинність NaHCO_3 у воді (менше 9 %), що може призвести до неможливості отримання пен високої кратності. Теоретичний розрахунок максимального об'єму газу, що виділяється з насиченого розчину NaHCO_3 (при змішуванні однакових

об'ємів кислотного та лужного компонентів) показує, що максимально можливе значення кратності піни обмежено величиною ~ 12 .

Для збільшення обсягу газу, що виділяється і кратності піни, що утворюється в ПУС, необхідно вибрати карбонатний компонент з більшою, ніж у NaHCO_3 розчинністю. З прийнятних за економічними і екологічними показниками карбонатів були обрані карбонат калію і карбонат амонію, розчинність у воді яких становить $\sim 50\%$.

Розрахунки показали, що повністю реалізувати газогенеруючої здатність карбонату калію важко з-за високої лужності його розчину. Для початку виділення вуглекислого газу потрібно спочатку додати один еквівалент кислотного компоненту. Це призводить до того, що важко підібрати кислотний компонент з розчинністю достатньою для повного витрачання карбонату калію. Попередні експерименти показали, що при використанні різних кислотних компонентів ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ і $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) в реакціях з гідрогенкарбонатом натрію не вдається отримати піну з кратністю вище 7 (при теоретичному значенні 12). Крім того, піна, що утворюється показала низьку стійкість. Останній факт пов'язаний з тим, що піноутворювачі не розраховані на високий солевміст у воді.

Аналогічні експерименти показали значно більше піноутворення при використанні в якості лужного компонента карбонату амонію, а кислотного компоненту сульфату алюмінію. Остання газогенеруюча система показала і значну стійкість, піни що утворилась.

Таким чином, для подальших досліджень були обрані дві системи: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaHCO}_3$ і $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. Для цих систем було вивчено вплив складу на кратність утворюється піни та її стійкість. Концентрація NaHCO_3 в першій системі була обрана близькою до насичення - $8,8\%$. За мінімальну концентрацію сульфату алюмінію була взята концентрація, забезпечує еквівалентну кількість кислотного компоненту по відношенню до NaHCO_3 . Розрахунковим шляхом було встановлено, що вона дорівнює $6,1\%$. Максимальна концентрація $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ була обмежена розчинністю цієї солі і склала $26,7\%$.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		32

В якості піноутворювачів були використані біологічно м'які піноутворювачі загального призначення ПО-6 ОСТ і ТЭАС. Концентрації піноутворювача були взяті рівними 1, 2, 4 і 6 %. Для системи $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$ крім варіювання концентрації сульфату алюмінію змінювалася і концентрація карбонату амонію. Інтервал варіювання становив (8-50) %.

Проведення експерименту здійснювалося відповідно до лабораторної методики [42]. За допомогою мірних циліндрів на 25 мл відбиралися однакові об'єми (по 10 мл) обох компонентів. Вони виливалися в мірний циліндр на 250 мл. В результаті реакції виділявся вуглекислий газ, який забезпечував утворення піни. За допомогою шкали мірного циліндра візуально фіксувався максимальний об'єм піни. Кратність піни розраховувалося як результат від ділення об'єму піни на сумарний об'єм компонентів ПУС. Одночасно здійснювалось спостереження за руйнуванням піни з часом. Фіксувався час, за який руйнувалося половина об'єму піни.

Відповідні дані для двох систем з концентраціями піноутворювача рівними 6 % представлені у таблицях 1 і 2. Аналіз отриманих даних дозволяє зробити такі висновки:

- концентрація піноутворювача мало впливає на кратність піни;
- зі збільшенням концентрації піноутворювача зростає стійкість піни;
- піноутворювач ТЭАС має деяку перевагу в порівнянні з піноутворювачем ПО-6 ОСТ;

- для системи $Al_2(SO_4)_3 + (NH_4)_2CO_3$ вдається отримати піну з більшою кратністю і стійкістю порівняно з системою $Al_2(SO_4)_3 + NaHCO_3$ (8,8 %);
- для отримання піни високої кратності необхідно використовувати $Al_2(SO_4)_3$ з концентрацією більше, ніж необхідно для стехіометричного співвідношення;
- кратність піни для ряду складів перевищує 10, а її стійкість перевищує 10 хвилин.

Таблиця 2.1.

Значення кратності піни (К) та її стійкості ($\tau_{1/2}$) для системи $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaHCO}_3$ (8,8 %)

Піноутворювач (конц. %)	Концентрація $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (мас. %)	К	$\tau_{1/2}$, хв.
ПО-6 ОСТ 6 %	6,1	4	5,6
	9	8	5,5
	15	8	4,3
	26	9	7,0
ТЭАС 6 %	6,1	5,8	14
	9	9	8,5
	15	9,5	5,0
	26	9,3	6,0

Таблиця 2.2.

Значення кратності піни (К) та її стійкості ($\tau_{1/2}$) для системи $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$

Піноутворювач (конц. %)	Концентрація $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (мас. %)	Концентрація $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (мас. %)	К	$\tau_{1/2}$, хв
ПО-6 ОСТ 6 %	26	8	4,5	2,5
		15	7,1	4,5
		28	12,0	6,1
		50	10,4	3,2
ПО-6 ОСТ 6 %	15	8	3,5	3,3
		15	4,4	3,0
		28	4,1	3,2
		50	3,7	2,1

У зв'язку з встановленням факту малого впливу концентрації піноутворювача на кратність піни, було проведено дослідження процесу піноутворення для обох ПУС у відсутності піноутворювача. У такому разі утворилася піна малої кратності близької до кратності піни у присутності піноутворювача, але стійкість піни була дуже низькою (менше 1 хвилини).

Аналіз результатів щодо впливу концентрації пенообразователя на стійкість піни дозволяє зробити висновок, що концентрація піноутворювача, що забезпечує стійкість піни більше 5 хвилин повинна бути не менше 1 %, а понад 10 хвилин не

менше 2 %. Підвищення концентрації піноутворювача понад 2 % не надає істотного впливу на стійкість піни.

2.2.2. Збільшення коефіцієнту використання

Інтегральним показником, який залежить від ряду властивостей вогнегасної речовини та способів його подачі, є коефіцієнт використання. Під коефіцієнтом використання розуміють відношення теоретично розрахованої кількості ВР, необхідного для гасіння вогнища пожежі до мінімального фактично витраченої кількості ВР. Досі не існує загальноприйнятих уявлень про розрахунок теоретично необхідної кількості ВР на гасіння. Зазвичай вважають, що при розрахунку такого теоретично необхідної кількості ВР, відсутні втрати за рахунок стікання рідких речовин з вертикальних і похилих твердих поверхонь. Також передбачається, що відсутня винесення вогнегасного аерозоля конвективними потоками. Крім того, вважається, що ВР подається строго рівномірно по всій поверхні у мінімально необхідній для гасіння кількості. Питання про принципову неможливість в реальних умовах гасіння уникнути втрат рідини за рахунок відсутності повного контакту рідини з твердими нагрітими поверхнями в більшості випадків обходиться.

У цьому відношенні можна відзначити, що для визначення можливості повного змочування краплинною рідиною твердою поверхнею використовується критерій Вебера:

$$We = \rho \cdot V^2 \cdot d / \sigma, \quad (2.5)$$

де ρ - густина рідини, V - швидкість польоту краплі, d - діаметр краплі, σ - поверхневий натяг рідини.

За умови $We > 80$ крапля змочує тверду поверхню, при $We < 80$ крапля відскакує від поверхні. Проте суворо застосовність критерію Вебера показана тільки на гладких металевих поверхнях. Поширення цього критерію на гарячі пористі тіла досі не обґрунтовано. Якісно питання про умови контакту рідин з нагрітими поверхнями може бути вирішено на підставі врахування ефекту

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		35

Лейденфроста. В цілому можна зробити висновок, що необхідні для кількісного розрахунку теоретичні кількості ВР, з вищезгаданих причин, в даний час отримати не можливо.

Крім того, коефіцієнт використання багато в чому залежить від способу подачі ВР, характеру пожежі та кваліфікації персоналу. При гасінні твердих горючих матеріалів коефіцієнт використання води зазвичай варіює від 0,01 до 0,1 (для компактних струменів) і від 0,2 до 0,5 (для тонкорозпиленних струменів).

Питання про коефіцієнт використання пін в літературі розглянуто недостатньо. Серед основних факторів які обумовлюють втрати піни під час гасіння пожежі можна відмітити такі: віднесення піни конвективними потоками, руйнування пін під час подачі, руйнування піни під дією теплового випромінювання пожежі, руйнування піни в результаті контакту з поверхнею речовини. Крім того, під час гасіння водо-пінними засобами ТГМ суттєвий втрати піни відбуваються за рахунок її стікання з вертикальних та похилих поверхонь. Останній фактор повністю відсутній під час гасіння горючих рідин.

Для оцінки кількості втраченої піни за рахунок її зтікання з вертикальних твердих поверхонь були проведені дослідження по нанесенню повітряно-механічної піни на поверхні з різних матеріалів (рис.2.1).



Рис. 2.1– Дослідження зтікання піни з поверхні гуми при використанні ПУС ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NaHCO}_3 + \text{ПУ «Морской»-6\%$)

Таблиця 2.3.

Доля втрат піни за рахунок зтікання протягом 1 хвилини для різних товщин шару піни (*l*) при нанесенні їх на різні метериали (піноутворювач «Морской»-6%)

ПУС	Матеріал	<i>l</i> , см		
		1	3	5
		Втрати піни, %		
NH ₄ H ₂ PO ₄ (20%)+ + NaHCO ₃ (8%)	деревина	10	20	30
	гума	20	30	40
	ПВХ	25	40	40
	сталь	20	30	40
Al ₂ (SO ₄) ₃ (20%)+ + NaHCO ₃ (8%)	деревина	10	15	25
	гума	15	25	40
	ПВХ	15	30	40
	сталь	10	20	30
Al ₂ (SO ₄) ₃ (20%)+ +(NH ₄) ₂ CO ₃ (50%)	деревина	10	15	25
	гума	10	20	30
	ПВХ	15	25	30
	сталь	10	20	30
NH ₄ H ₂ PO ₄ (20%)+ +(NH ₄) ₂ CO ₃ (50%)	деревина	10	15	25
	гума	15	25	30
	ПВХ	15	25	35
	сталь	10	25	30
Fe ₂ (SO ₄) ₃ (20%)+ + NaHCO ₃ (8%)	деревина	5	15	25
	гума	10	20	30
	ПВХ	15	25	35
	сталь	5	15	25
Fe ₂ (SO ₄) ₃ (50%)+ +(NH ₄) ₂ CO ₃ (50%)	деревина	5	10	25
	гума	10	20	35
	ПВХ	10	25	40
	сталь	10	20	30

Аналіз наведених в таблицях результаті дозволяє зробити наступні висновки: найменший втрати піни за рахунок зтікання спостерігаються на деревині; найбільші втрати піни за рахунок зтікання спостерігаються на ПВХ; на тонких шарах піни втрати менші по зрівнянню з товстими; утворення аморфних осадів Al(OH)₃ і Fe(OH)₃ в ПУС приводе до зменшення зтікання піни (це спостерігається

в основному на тонких шарах піни) використання піноутворювача Tridol 6-10 С АFFF–6% збільшує втрати піни за рахунок зтікання.

Таблиця 2.4.

Доля втрат піни за рахунок зтікання протягом 1 хвилини для різних товщин шару піни (l) при нанесенні їх на різні метеріали (піноутворювач «Морской»-6%)

ПУС	Матеріал	l, см		
		1	3	5
		Втрати піни, %		
NH ₄ H ₂ PO ₄ (20%)+ + NaHCO ₃ (8%)	деревина	10	20	30
	гума	20	30	40
	ПВХ	25	40	40
	сталь	20	30	40
Al ₂ (SO ₄) ₃ (20%)+ + NaHCO ₃ (8%)	деревина	10	15	25
	гума	15	25	40
	ПВХ	15	30	40
	сталь	10	20	30
Al ₂ (SO ₄) ₃ (20%)+ +(NH ₄) ₂ CO ₃ (50%)	деревина	10	15	25
	гума	10	20	30
	ПВХ	15	25	30
	сталь	10	20	30
NH ₄ H ₂ PO ₄ (20%)+ +(NH ₄) ₂ CO ₃ (50%)	деревина	10	15	25
	гума	15	25	30
	ПВХ	15	25	35
	сталь	10	25	30
Fe ₂ (SO ₄) ₃ (20%)+ + NaHCO ₃ (8%)	деревина	5	15	25
	гума	10	20	30
	ПВХ	15	25	35
	сталь	5	15	25
Fe ₂ (SO ₄) ₃ (50%)+ +(NH ₄) ₂ CO ₃ (50%)	деревина	5	10	25
	гума	10	20	35
	ПВХ	10	25	40
	сталь	10	20	30

Шляхом для зменшення стікання піни з твердих поверхонь є використання високов'язких пін. Але збільшення в'язкості пін приводе одночасно до суттєвого погіршення проникаючих властивостей пін.

2.2.3. Вдосконалення способів подавання

В теперішній час для гасіння пожеж використовують повітряно-механічну піну, яку одержують і подають з допомогою різного виду піногенераторів. Пінний струмінь, що виходить з піногенератора в готовому вигляді, з-за його низької густини швидко сповільнюється в повітрі. Це приводить до утруднення подачі водопінних вогнегасних засобів на великі відстані. Для всіх засобів подавання пін в готовому вигляді характерні загальні недоліки. Піна, яка подається в осередок пожежі, з високою інтенсивністю горіння, в істотній мірі несеться за борт резервуара висхідними конвективними потоками, а також руйнується від прямого впливу факела полум'я і інтенсивного теплового випромінювання пожежі. Також відбувається механічне руйнування піни в результаті її «жорсткого» падіння на поверхню. Проблема подання піни на великі відстані вдалося вирішити шляхом застосування установок «Пурга». Однак спосіб подачі піни, що реалізується в установках цього типу, призводить до посиленого руйнування піни в ході її подання. Частково проблему подання пін на великі відстані вирішує застосування рідких складів, що спінюються в осередку пожежі [5-6]. Вони являють собою емульсію легкокиплячих рідин у водному розчині піноутворювача. При попаданні на нагріті поверхні в осередку пожежі легкокиплячих рідина переходить в газоподібний стан. За рахунок присутності піноутворювача вогнегасних розчині відбувається утворення піни, яка розтікається. Такі піни при наявності в матеріалі отворів і щілин здатні проникати всередину конструкції. На відміну від існуючого способу подання піни в готовому вигляді такий засіб дозволяє подавати ВР у вигляді компактних або розпилених струменів.

Недоліком складів, що спінюються в осередку пожежі є те, що вони спінюються тільки на нагрітих поверхнях. У разі потрапляння на недостатньо нагріті вертикальні і похилі поверхні рідкий склад стікає з них, що призводить до втрати вогнегасної речовини. При гасінні легкокиплячих горючих рідин з-за низької температури поверхні таких рідин розглянуті вогнегасні склади не утворюють піну.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
						39
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Ще одним методом підвищення дальності подавання піни при гасінні пожеж є використання компресійної піни. Установки гасіння з генеруванням піни компресійним способом (установки ГПКС) використовують в якості вогнегасної речовини компресійну піну, яка формується при змішуванні під тиском повітря, води і піноутворювача в заданих пропорціях і володіє рядом особливих властивостей. Автори цієї розробки відмічають ряд переваг компресійної піни. Компресійна піна має однорідну структуру і високу механічну міцність, володіє підвищеною адгезією до поверхонь і ефективно поглинає тепло.

Переваги установок ГПКС перед традиційними установками пінного пожежогасіння:

- висока ефективність гасіння при низькій інтенсивності зрошення;
- витрата води і піноутворювача зменшується по зрівнянню з традиційною піною в 3-5 разів;
- час гасіння зменшується у 2-3 рази;
- стійкість до повторного займання довше в 2,5 рази;
- можливість подачі піни на значні відстані.

Але, більша частина інформації, що стосується компресійної піни має рекламний характер і провести об'єктивний аналіз запропонованого методу гасіння поки не представляється можливим.

Вирішення проблеми збільшення дальності подавання піни можна знайти в використанні бінарних піноутворюючих систем з зовнішнім піноутворенням. Короткий опис ПУС було надано вище (розділ 2.2.1). В випадку ПУС, на відміну від існуючих засобів подання піни, ВР подається у вигляді двох розпилених струменів, які змішуються на твердих або рідких поверхнях. В результаті змішування компонентів ПУС, відбувається реакція з утворенням газу, що при наявності в складі розчинив ПУ приводить до утворення піни. На відміну від складів, що спінюються в осередку пожежі, спінювання може відбуватися на холодних поверхнях.

Були проведені експериментальні дослідження по гідравлічному і пневматичному подаванню компонентів ПУС. Для організації окремо-одночасного

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		40

подання були використані раніше створені установки для подавання гелеутворюючих систем (Рис. 2.2 і 2.3).

Загальна маса компонентів в обох установках становить 12 кг (по 6 кг кислотного та лужного компонентів). Загальна маса повністю заправлених установок «АУТГОС» і «АУТГОС-П» становить 20 і 28 кг відповідно. Максимальна дальність подачі ВР для установки «АУТГОС» становить 5 м, а для «АУТГОС-П» 7 м.



Рис. 2.2– Зовнішній вигляд автономної установки пожежогасіння АУТГОС:

1 - ємність з кислотним розчином; 2 - редуктор; 3 - система гнучких шлангів; 4 - ємність з лужним розчином; 5 - балон зі стисненим повітрям; 6 - стовбури з пістолетними рукоятками.



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд автономної установки пожежогасіння АУТГОС-П.
1 - система гнучких шлангів; 2 - ємність з кислотним розчином; 3 - балон зі стисненим повітрям; 4 - редуктор; 5 - манометр високого тиска; 6 - ємність з лужним розчином; 7 - форсунки пневмороспилювання з пістолетними рукоятками.

2.2.4. Покращення вогнезахисної дії вогнегасних речовин

Захист від теплового впливу пожеж класу А на будівельні конструкції, матеріали і різного виду обладнання, що знаходяться в зоні теплового впливу, в умовах розвиненого пожежі є одним з основних видів дій оперативно-рятувальних підрозділів. Такий вид вогнезахисту, на відміну від постійного вогнезахисту, назвемо тимчасовим або оперативним вогнезахистом. Оперативний вогнезахист набуває особливого значення в умовах нестатку сил і засобів при гасінні великих пожеж. У таких випадках однією з основних завдань підрозділів є недопущення розповсюдження пожежі. При цьому зазвичай використовуються ті ж ВР, що і для припинення горіння. У більшості випадків цією речовиною є вода. Як відомо вона має той недолік, що стікає з похилих і вертикальних поверхонь. Це призводить до того, що один і той же об'єкт необхідно обробляти водою багаторазово. Це істотно зменшує можливості оперативної вогнезахисту підрозділів беруть участь у гасінні пожежі.

Значними перевагами у здійсненні оперативної вогнезахисту мають гелеутворюючі вогнегасні і вогнезахисні системи. Вони виявляють багатопланову захист від займання. На початковому етапі (до моменту випаровування води) вони реалізують своє охолоджуючу дію. Після випаровування води утворюється суцільний шар ксерогелю, який проявляє теплоізолюючі властивості. Але такі системи неможна використовувати при гасінні пожеж класу В, тому що, що компоненти гелеутворюючих систем швидко занурюються в рідину. Навіть якщо гель встигає утворитися на поверхні рідини, він швидко тоне.

Спроби сумістити властивості піни і геля шляхом одержання газонаповнених гелей не дали позитивного результату. Якщо процес газовиділення відбувається

разом з процесом гелеутворення – гель руйнується і тоне. Не дали позитивних результатів і спроби нанести шар гелю на поверхню піни . В останньому випадку піна поступово руйнувалась і гель занурювався в рідину.

Піна на поверхні горючої рідини проявляє високі вогнезахисні властивості. Вогнезахисні же властивості піни на вертикальних і похилих поверхнях ТГМ невисокі з-за її стікання з них. Тонкій шар відсіку, що залишається на поверхні твердого матеріалу після зтікання піни проявляє короткочасну вогнезахисну дію.

Підвищити вогнезахисну дію піни можна шляхом підвищення її в'язкості. Це може привести до зменшення швидкості стікання пін з похилих і вертикальних поверхонь. Також підвищеними вогнезахисними властивостями будуть володіти піни до складу яких входять аморфні осадки. Так під час досліджень зтікання пін (Розд. 2.2 2.) встановлено, що утворення аморфних осадків $Al(OH)_3$ і $Fe(OH)_3$ в ПУС приведе до зменшення зтікання піни. Крім того після її стікання на поверхні твердого матеріалу залишається деяка кількість аморфних осадків, які утримують невелику кількість води.

Відповідні дослідження вогнезахисних властивостей пін було проведено за експресметодикою розробленою для ГУС для деревини [40-43]. Відповідні результати наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5.

Значення часу займання зразків деревини (τ) після зтікання піни для різних ПУС (ПУ «Морской» – 6%.)

Система	Суша деревина	Змочена деревина	$NH_4H_2PO_4$ (20%) + $NaHCO_3$ (8%)	$Al_2(SO_4)_3$ (20%)+ $NaHCO_3$ (8%)	$Al_2(SO_4)_3$ (20%)+ $(NH_4)_2CO_3$ (50%)	$NH_4H_2PO_4$ (20%)+ $(NH_4)_2CO_3$ (50%)
τ , с	15–25	50–60	70-75	80-90	90-100	80-85

Аналіз наведених результаті дозволяє зробити висновок, що час займання брусків деревини після їх обробки ПУС і стікання піни збільшується по зрівнянню з обробкою водою на 15–40 с. В найбільшій ступені вогнезахисні властивості забезпечує ПУС $Al_2(SO_4)_3$ (20%)+ $(NH_4)_2CO_3$ (50%).

2.3. Висновки до розділу 2

1. Шляхом до підвищення охолоджуючої дії водо–пінних засобів пожежогасіння є введення до складу розчинів речовин з високими значеннями теплот термодеструкції.

2. Для покращення ігібуювальної дії водо–пінних засобів пожежогасіння необхідно ввести до їх складу ефективних інгібіторів горіння: гідрогенфосфатів амонію, деяких карбонатів або гідроген карбонатів, галогенідів лужних металів і амонію, бром або йодпохідних вуглеводнів.

3. Збільшення розбавляючої дії водо–пінних засобів пожежогасіння можна досягнути шляхом заміни повітря на інший газ-наповнювач для піни.

4. Для збільшення ізолюючої дії пін потрібно підвищити стійкість піни, що може буде досягнуто шляхом відповідного підбору піноутворювача.

5. Шляхом до підвищення проникаючих властивостей пін є зміна способу подачі піни – замість подачі готової піни організувати зовнішнє піноутворення.

6. Шляхом для зменшення стікання піни з твердих поверхонь є використання високов'язких пін.

7. Для покращення вогнезахисної дії пін по відношенню до ТГМ до їх складу можна ввести речовини, що утворюють аморфні осади.

8. Вирішення проблеми збільшення дальності подачі піни можна знайти в використанні бінарних піноутворюючих систем з зовнішнім піноутворенням.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПІНОУТВОРЕННЯ В СИСТЕМАХ З ЗОВНІШНІМ ПІНОУТВОРЕННЯМ І ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІН, ЩО УТВОРИЛИСЬ

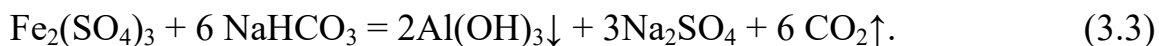
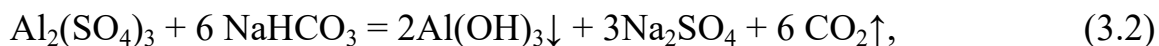
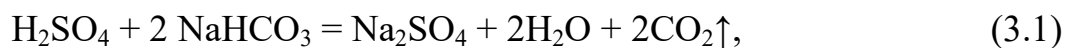
В розділі 2 було обґрунтовано, що зміна способу утворення та подавання піни надає додаткові можливості в покращені вогнегасних властивостей піни по відношенню до ТГМ. Для цього запропоновано використати процес зовнішнього піноутворення. Відповідний спосіб можна здійснити шляхом використання бінарних піноутворюючих систем. Для одержання піни на поверхні ТГМ необхідно здійснити роздільно-одночасну подачу двох компонентів піноутворюючої системи. Один або обидва компонента повинні містити в своєму складі піноутворювач. Крім того, розчини повинні містити речовини які забезпечують при їх змішуванні утворення газу. В такому випадку поступово утворюється піна.

Одночасно треба з'ясувати можливість утворення піни на поверхні горючих рідин під час використання ПУС. Для цього були проведені досліди з одночасно роздільного подавання компонентів ПУС на поверхню горючих рідин (бензін А-92). Встановлено, що при подачі двох розчинів в розпорошеному вигляді більша частина розчинів не тоне, а реагує на поверхні рідині. При цьому можна організувати подачу розчинів так, що на поверхні бензину утворюється суцільний шар піни.

3.1. Теоретичні дослідження піноутворювання під час зовнішнього змішування компонентів піноутворюючих систем

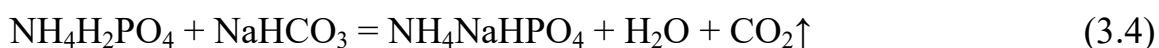
3.1.1. Вибір газотворюючих реакцій

Раніш в хімічно-піних вогнегасниках використовувався процес внутрішнього піноутворення. В таких вогнегасниках в якості кислотних компонентів системи використовувалися розчини $Al_2(SO_4)_3$ або $Fe_2(SO_4)_3$ з додаванням H_2SO_4 . В якості лужного компоненту використовувався розчин $NaHCO_3$. В таких вогнегасних відбувалися таки газотворюючі реакції:



Причому об'єм кислотного компоненту був обрано на багато меншим ніж об'єм лужного компоненту. Такий вибір був пов'язаний з тим, що розчинність NaHCO_3 набагато менша ніж розчинність кислотних компонентів (Табл. 3.1).

Також для лужного компонента NaHCO_3 можна запропонувати ще деякі кислотні компоненти. Але вибір бажано вести серед таких речовин які забезпечують підвищення вогнегасних властивостей системи, за рахунок задіяння інших механізмів припинення горіння. З таких речовин в першу чергу можна визначити сульфат амонію і дігідрофосфат амонію. Їх реакції с гідрогенкарбонатом натрію наведені нижче:



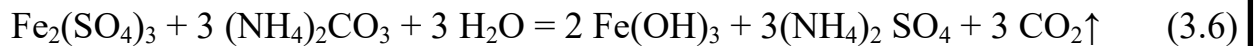
Особливо необхідно відмітити дигідрофосфат амонію, який крім необхідних кислотних властивостей є одним з кращих інгібіторів горіння. Ще однією позитивною властивістю цієї речовини є її висока розчинність у воді (39,5 г/100 г H_2O). Це дозволяє забезпечити надлишок $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ її по зрівнянні з NaHCO_3 .

Одним з суттєвих недоліків гідрогенкарбонату натрію як лужного компонента ПУС є його низька розчинність, що не дозволяє одержати великий об'єм газу в газогенеруючої реакції.

Для забезпечення утворення більшого об'єму газу в якості лужного компоненту потрібно використовувати більш розчинені солі. Розчинності карбонатів калію і натрію перевищують розчинність гірогенкарбонату натрію (112,3 г/100 г H_2O і 29,4 г/100 г H_2O), але їх розчини мають сильнолужну реакцію і для виділення з них всього вуглекислого газу потрібна подвійна кількість

кислотного компонента, чого досягнути важко особливо у випадку K_2CO_3 . Прийнятним варіантом є використання гідрокарбонату калію, розчинність якого складає 36,5 г/100 г H_2O . Ще більшу розчинність має карбонат амонію (Табл. 3.1) для якого простіше підібрати кислотний компонент ніж для K_2CO_3 і Na_2CO_3 завдяки гідролізу по катіону NH_4^+ . Карбонат амонію крім цієї переваги, є ще і речовиною з високими інгібувальними властивостями.

Вибір кислотного компонента ПУС для карбонату амонію викликає деякі труднощі. Із обраних кислотних компонентів тільки один має достатню розчинність, щоби забезпечити виділення всього об'єму вуглекислого газу, який спроможна забезпечити ця речовина. Такою речовиною є сульфат заліза (III). Відповідна реакція наведена нище:



Інші кислотні компоненти також можна використати як складові ПУС, але це призведе до деякого зменшення об'єму вуглекислого газу. Нижче в табл. 3.1 наведені дані з розчинності обраних компоненті ПУС.

Таблиця 3.1.

Розчинність речовин у воді, які можна використовувати в якості компонентів газотворюючих реакцій за температури 25 °С

Речовина	$NaHCO_3$	$Al_2(SO_4)_3$	$Fe_2(SO_4)_3$	$NH_4H_2PO_4$	$(NH_4)_2SO_4$	$(NH_4)_2CO_3$
Розчинність г/100 г H_2O	10	38,5	313	39,5	75,4	100
Розчинність %	9,0	27,7	75,8	28,3	43,0	50,0

3.1.2. Теоретичний розрахунок кратності пін для піноутворюючих систем

У випадку зовнішнього піноутворення для забезпечення оптимальних умов змішування необхідно використовувати однакові об'єми компонентів. Для оцінки кратності піни, що утвориться при змішування компонентів ПУС проведемо відповідні розрахунки. Максимальний об'єм піни утвориться при змішуванні насичених розчинів компонентів. Прийmemo, що температура розчинів і вуглекислого газу, що утворюється під час реакції дорівнює 20 °С, а тиск дорівнює стандартному –101300 Па.

У випадку використання в якості лужного компонента розчину NaHCO_3 , ця речовина буде в нестачі. Тому розрахунки проведемо по неї. Виходячи зі стехіометрії реакції (3.1-3.5) кількість молів вуглекислого газу який можна одержати зі 100 г розчину NaHCO_3 буде складати:

$$n = m(\text{NaHCO}_3)/M(\text{NaHCO}_3) = 9,0/84=0,107 \text{ моль}, \quad (3.7)$$

тут і далі m та M означають масу і молярну масу речовини відповідно.

З урахуванням того, що кількість молей CO_2 дорівнює кількості молей NaHCO_3 розрахуємо об'єм вуглекислого газу за рівнянням Клапейрона – Менделєєва:

$$V(\text{CO}_2) = nRT/P = 0,107 \cdot 8,314 \cdot 293/101300 = 2,57 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 2,57 \text{ л} \quad (3.8)$$

Об'єм 100 г розчину NaHCO_3 буде складати:

$$V(\text{NaHCO}_3) = m/\rho = 0,1/1062 = 9,41 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 = 94,1 \text{ мл}, \quad (3.9)$$

де ρ – густина розчину, яку беремо з довідника .

Якщо прийняти, що об'єм кислотного компонента дорівнює об'єму лужного і нема втрат газу, то можна розрахувати теоретичну максимально можливу кратність піни (K), що утворилась:

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$K = (V(\text{CO}_2) + 2 \cdot V(\text{NaHCO}_3)) / (2 \cdot V(\text{NaHCO}_3)) = 14,7 \quad (3.10)$$

Для збільшення кратності піни яка утворюється при змішуванні компонентів ПУС потрібно в якості лужного компоненту взяти карбонат який розчиняється краще ніж NaHCO_3 . Таким карбонатом є карбонат амонію. Аналогічним образом, як для NaHCO_3 , була розрахована кратність піни для піноутворюючої системи з карбонатом амонію, вона склала $K = 97,2$. Але у цьому випадку треба підібрати кислотний компонент з ще більшою розчинністю ніж у карбонату калію. Серед обраних кислотних компонентів цю роль претендує $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Але процес утворення пін в концентрованих розчинах солей суттєво відрізняється від розчинів малих концентрацій. Тому для ПУС з концентрованими розчинами кислотних і лужних компонентів потрібно провести експериментальні дослідження процесу піноутворення.

3.2. Експериментальне дослідження піноутворення під час зовнішнього змішування

В роботі запропоновано новий засіб пожежогасіння який може використовуватися для гасіння пожеж класу А і В. Він передбачає використання ПУС з зовнішнім піноутворенням. Для цього два компоненти системи подаються окремо-одночасно в розпиленому вигляді. Краплі водних розчинів, що потрапляють на поверхню твердого тіла або рідини змішуються, що забезпечує протікання хімічної реакції з видаленням газу. У випадку присутності піноутворювача в компонентах ПУС утворюються піна. Умови на твердій і рідкій поверхнях суттєво відрізняються. На поверхні рідини краплі можуть потонути, що не можливо на твердій поверхні. Тому процеси піноутворення на твердій і рідкій поверхнях треба розглянути окремо.

3.2.1. Піноутворення на твердій поверхні

Спочатку було досліджено процес піноутворення при звичайному зливанні двох компонентів ПУС. Це дозволило одночасно дослідити кінетику процесу піноутворення і кінетику руйнування піни.

Проведення експерименту здійснювалося відповідно до лабораторним методикам [30]. З допомогою мірних циліндрів на 25 мл відбиралися однакові обсяги (по 10 мл) обох компонентів. Вони виливалися в мірний циліндр на 250 мл. В результаті реакції виділявся вуглекислий газ, який забезпечував утворення піни. З допомогою шкали мірного циліндра візуально фіксувався максимальний обсяг піни. Кратність піни розраховувалося як результат від ділення максимального об'єму піни, що утворилося на сумарний об'єм компонентів ПУС. Одночасно проводилось спостереження за руйнуванням піни з часом. Фіксувався час, за який руйнувалося половина обсягу піни, що утворилася. В нашій роботі в якості кислотного компонента була обрана оцтова кислота (9%), а в якості лужного насичений розчин розчин NaHCO_3 (8,8%). В якості піноутворювача було обрано раніш не досліджений в таких роботах SOFIR AFFF AR. Цій піноутворювач рекомендовано до застосування гасіння пожеж В1 і В2.

Відповідні дані представлені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Значення кратності піни (K) та її стійкості ($\tau_{1/2}$) для системи CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) у присутності ПУ SOFIR AFFF AR.

K	$\tau_{1/2}$, хв
4,8	17

Для порівняння представлені результати отримані в роботі [42] (Табл 3.3)

Значення кратності піни (К) та її стійкості ($\tau_{1/2}$) для системи $Al_2(SO_4)_3+(NH_4)_2CO_3$ у присутності Tridol 6-10 С АFFF

Піноутворювач (конц. %)	Концентрація $Al_2(SO_4)_3$ (мас. %)	Концентрація $(NH_4)_2CO_3$ (мас. %)	К	$\tau_{1/2}$, хв
Tridol 6-10 С АFFF 6 %	26	8	2	5
		15	4,5	9,5
		28	4	10
		50	3,8	5

3.2.2. Піноутворення на поверхні горючої рідини при подаванні компонентів ПУС на її поверхню

Умови піноутворення при на несенні компонентів ГУС на поверхню рідини відрізняються від відповідного процесу на твердої поверхні. Частина крапель компонентів ПУС швидко тонуть. Причому, чим менша дисперсність крапель, тим швидше тонуть краплі не встигнувши прореагувати на рідкій поверхні. Але ця різниця спостерігається тільки на початковій стадії процесу. В подальшому, як тільки утворюються тонкий шар піни на поверхні рідини, краплі компонентів ПУС в обох випадках попадають на поверхню піни і відповідні процеси піноутворення відбуваються однаково.

Методика проведення експерименту була така. В якості резервуара для горючої рідини (бензин А-92) була використана циліндрична ємність діаметром 280 мм і висотою 230 мм, з товщиною стінки 2 мм (Рис.3.1). В цю ємність заливалося 5,5 л води. На поверхню води наливалося 0,5 л бензину А-92. Подавання компонентів ПУС відбувалося за допомогою побутових розпилювачів ОП-301. Було використано два способи подачі: переважно на поверхню рідини і переважно на поверхню стінок ємності (відповідає «м'якому» способу подавання

повітряно-механічної піни). Висота шару піни вимірювалась лінійкою. Об'єм піни розраховувався множенням площі поверхні рідини на висоту шару піни.



Рис. 3.1– Лабораторна установка для дослідження піноутворення на поверхні бензину

Кратність піни, що утворювалась на поверхні бензину 4,2. Стійкість такої піни склала 5 хв.

3.3. Висновки до розділу 3

1. Теоретично обґрунтовано, що максимальна кратність піни, яка утворюється при зливанні компонентів ПУС складає для NaHCO_3 –14,7, а для $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – 97,2.

2. Експериментально встановлено, що подавання компонентів ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR на поверхню бензину в розпиленому вигляді забезпечує утворення піни з кратністю до 4,2 а стійкість такої піни досягає 5 хв.

Розділ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІНОУТВОРЮЮЧИХ СИСТЕМ

На основі результатів, що наведені вище неможливо встановити кількісні характеристики вогнегасних властивостей ПУС. Але можливо встановити відносні характеристики ефективності засобів пожежогасіння, що досліджені. Причому відповідні вимоги до ПУС які використовуються при гасінні пожеж класу А і класу В суттєво відрізняються. Це приводить до потреби окремо дослідити вогнегасну спроможність ПУС по відношенню до гасіння ТГМ і горючих рідин.

4.1. Експериментальне визначення показника вогнегасної здатності піноутворюючих систем при гасінні пожеж класу А

Одним з найважливіших кількісних показників ефективності вогнегасної речовини є його показник вогнегасної здатності [7]. При гасінні твердих горючих матеріалів цей показник визначається масою вогнегасної речовини, що припадає на одиницю площі модельного вогнища пожежі достатньою для впевненого гасіння в ньому в умовах стандартного експерименту.

В якості горючого матеріалу була обрана деревина, вимоги до якої зафіксовано в ДСТУ 12.1.044-99 [24]. В якості модельного вогнища пожежі класу А був обраний штабель з 32 брусків розміром 20×20×150 мм, укладених у 8 шарів по 4 бруска в кожному (далі лабораторний модельний осередок) (рис.4.1). Відстань між брусками у рядку 20 мм. Загальна площа брусків, що складають модельний осередок, становить 0,41 м². Відкрита поверхня модельного вогнища (за вирахуванням площ перекривання брусків) становить 0,32 м². Це модельне вогнище пожежі класу А широко використовується при лабораторних визначеннях показника вогнегасної здатності різних вогнегасних засобів [33-34].



Рис. 4.1– Загальний вигляд модельного вогнища пожежі класу А

Процедура розпалювання модельного вогнища полягала в наступному. На ваги встановлювалася теплоізолююча підставка і визначалася її маса. Потім на підставці збирався штабель з брусків деревини і проводилося зважування штабелю з підставкою. По різниці мас розраховувалася маса штабеля. Після чого під штабель вводився прямокутний піддон розміром 12×12 см, в якому поверх шару води наливалося 60 мл бензину А-76. Бензин підпалювався. Після його повного вигорання (~3 хв) піддон забирався з підставки. Час вільного горіння штабеля вибирали так, щоб втрата маси штабеля за рахунок горіння становила нормативне значення - 45 % [66]. Загальний час розгорання модельного вогнища становило ~5 хв.

Для дослідження вогнегасної здатності була обрана ПУС: системи CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%).

Гасіння здійснювалося за допомогою розпилювачів «Master 2009» (Рис 4.2 і 4.3). Умови гасіння витримувалися згідно ДСТУ 3675-98 [39]. Маса вогнегасної речовини, що пішла на гасіння визначалася шляхом зважування розпилювачів до початку гасіння і після нього. Відповідні результати представлені у таблиці 4.1.



Рис. 4.2– Горіння модельного вогнища пожежі класу



Рис. 4.3– Гасіння модельного вогнища пожежі класу А

Таблиця 4.1.

Маси вогнегасних речовин (m) та їх відношення до загальної площі брусків модельного вогнища пожежі класу А (m/S) які пішли на гасіння для ПУС системи CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%).

Кислотний компонент, %	Лужний компонент, %	ПУ, %	m, г	m/S, г/м ²
CH_3COOH (9%)	NaHCO_3 (8,8%)	SOFIR AFFF AR(6%).	900	2196

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Порівняння з іншими рідкофазовими ВР показує, що ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR (6%) по показнику вогнегасної здатності перевищує воду зі змочувателем на 12 %.

Порівняння з іншими ПУС дозволяє встановити, що ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR (6%) поступається тільки ПУС з кислотним компонентом $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (20%).

4.2. Експериментальне визначення показника вогнегасної здатності піноутворюючих систем при гасінні пожеж класу В

За основу методики проведення експерименту була обрана методика викладена в роботі [36]. Як при дослідженні піноутворення на поверхні горючої рідини при подаванні компонентів ПУС на її поверхню, в якості резервуара для горючої рідини (бензин А-92) було використано циліндричну ємність діаметром 280 мм і висотою 230 мм, з товщиною стінки 2 мм. В цю ємність заливалось 4 л води. На поверхню води наливалося 2 л бензину А-92. За допомогою факела здійснювалось запалювання пального в деку. Гасіння починалось через 60 с після підпалювання (рис. 4.4).

Подавання компонентів ПУС відбувалось за допомогою двох побутових розпилювачів «Master 2000». Висота шару піни вимірювалась лінійкою. Маса компонентів ПУС визначалась шляхом зважування розпилювачів до і після гасіння лабораторного модельного осередку пожежі.

У ході експериментів було встановлено, що товщина шару піни, що забезпечує гасіння становить 3,7 – 7,5 см (рис. 4.5.).



Рис. 4.4 – Горіння горючої рідини в модельному вогнищі 2В



Рис. 4.5– Піна, що утворилася на поверхні бензину після припинення горіння

Результати гасіння модельного осередку пожежі 2В ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%) представлені в таблиці 4.2.

Аналіз результатів дозволяє зробити висновок, що підчас гасіння модельного вогнища 2В ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%) поступається ПУС $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + NaHCO_3 (8%) + Tridol 6-10 С AFFF, 6%. Другим важливим висновком є встановлення факту невеликого впливу природи кислотного і лужного компонентів на результати гасіння горючої рідини.

Маси вогнегасних речовин (m) та їх відношення до загальної площі модельного вогнища 2В (m/S) які пішли на гасіння для ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%).

Кислотний компонент, %	Лужний компонент, %	ПУ, %	m, кг	m/S, кг/м ²
CH_3COOH (9%)	NaHCO_3 (8,8%)	SOFIR AFFF AR (6%)	0,695	11.30

4.3. Висновки до розділу 4

1. В разі гасіння модельного вогнища пожежі класу А ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%) по показнику вогнегасної здатності перевищує воду зі змочувателем на 12 %. Порівняння з іншими ПУС дозволяє встановити, що ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%) поступається тільки ПУС з кислотним компонентом $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (20%).

2. Під час гасіння твердих горючих матеріалів заміна піноутворювача мало впливає на вогнегасну ефективність ПУС.

3. Найкращі результати при гасінні ТГМ забезпечують ПУС $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (20%) + Tridol 6-10 C AFFF, 6% (878 г/м²); $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + NaHCO_3 (8%) + Морской (6%) (878 г/м²).

4. Під час гасіння модельного вогнища 2В ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%) поступається ПУС $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + NaHCO_3 (8%) + Tridol 6-10 C AFFF, 6%.

Розділ 5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩО ДО ВИКОРИСТАННЯ ПУС ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ А І В

Найважливішою складовою успішного впровадження результатів на наукових досліджень у практику є складання точних інструкцій по застосуванню нових технічних засобів. Також для успішного впровадження нових розробок необхідно знання експлуатаційних властивостей речовин, матеріалів і технічних засобів. Велике значення мають також екологічна складова і економічні фактори.

5.1. Токсикологічні, екологічні та експлуатаційні характеристики компонентів ПУС

При використанні вогнегасних речовин необхідно забезпечити такі умови, які дозволяють забезпечити вміст їх в навколишньому середовищі нижче встановлених значень ГДК. Для цілей пожежогасіння доцільно використовувати речовини не нижче 3 і 4 класів небезпеки. Іншим важливим моментом є забезпечення відсутності небезпечних продуктів, які можуть утворитися в умови зберігання або застосування ВР.

ПУС складаються з двох розчинів. Один з них – це розчин лужного компонента. В якості лужних компонентів запропановано використовувати гідрогенкарбонат натрію (NaHCO_3) і карбонат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

NaHCO_3 – малонебезпечна речовина (IV клас небезпеки) використовується в медицині (слабкий дизефікуючий засіб) і в харчовій промисловості (харчова сода або питна сода). Водний розчин NaHCO_3 має слабо лужну реакцію, корозі-оно мало активен. При звичайної температури в зачиненому стані водний розчин NaHCO_3 стійкий. Але при температурі вище 50 °C починає розкладатися з виділенням вуглекислого газу. Насичений водний розчин за температури 25 °C має концентрацію 9%.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		59

Карбонат амонію $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – малонебезпечна речовина (IV клас небезпеки). Добре розчинний у воді (~50%). Дуже нестійкий як на повітрі, так і в розчині, тому що вже при кімнатній температурі виділяє аміак, перетворюючись в гідрокарбонат амонію NH_4HCO_3 . При температурі 60 С швидко розпадається на NH_3 , CO_2 і H_2O . Використовують хлібопеченні та кондитерської промисловості (харчова добавка E503). Водний розчин NaHCO_3 має слабо лужну реакцію, корозіюно мало активен. При звичайної температури в герметичному посуді водний розчин $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ стійкий.

Оцтова кислота (етанова кислота) одноосновна карбонова кислота складу CH_3COOH . За звичайних умов вона є безбарвною рідиною із різким запахом. Температура плавлення чистої кислоти дещо нижча від кімнатної температури, при замерзанні вона перетворюється на безбарвні кристали — це дало їй технічне найменування льодяна оцтова кислота. Пари кислоти в повітрі, пошкоджує очі, ніс та горло вже за концентрації понад 10 мг/м³. Серйозні наслідки спостерігаються при десятиденній повторюваній дії забрудненого кислотою повітря із вмістом до 26 мг/м³. Відноситься до другого класу небезпеки.

Концентрована оцтова кислота може викликати хімічні опіки, а потім викликати некроз тканин. Низькоконцентровані розчини оцтової кислоти (близько 5 %) можуть подразнювати слизові оболонки. Концентрована кислота значною мірою пошкоджує шкіру при контакті: у випадку її потрапляння, необхідно промити уражене місце великою кількістю води або розчину гідрокарбонату натрію. При проковтуванні оцтової кислоти спостерігається біль у стравоході і роті, це може призвести до появи нудоти і проблем із диханням.

Піноутворювачі, що використовуються в складі ПУС – відносяться до сертифікованих в Україні речовин, відносяться до III або IV класу небезпеки. Вони утворюють у воді стійкі розчини зі невеликою корозійною активністю.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Засоби подачі вогнегасних ПУС

Одна з умов успішного використання ПУС в цілях пожежогасіння є можливість подавання компонентів системи як в распиленому вигляді, так і в вигляді компактних струменів. Цю можливість забезпечують раніше розроблені автономні установки пожежогасіння гелеутворюючими складами «АУТГОС» (рис 2.2) і «АУТГОС-П» (рис 2.3).

В якості каркаса обох установок був використаний готовий каркас від ізолюючого протигаза фірми “Drager”. До каркаса кріпилися дві пластмасові ємності на 8 літрів (корпуса обприскувачів “Туман-8”) і балон зі стисненим повітрям. Для установки «АУТГОС» використовувався балон об'ємом 2літра, а для установки «АУТГОС-П» балон (ВМК 6,8-139-300) об'ємом 6,8 літра. Для забезпечення постійного тиску в ємностях з компонентами ПУС рівним 0,3 МПа використовувався редуктор прямої дії. В установці «АУТГОС-П» стиснене повітря подавалося в розпилювачі під тиском 0,3 МПа. Компоненти ПУС і повітря подавалися за допомогою системи гнучких шлангів з внутрішнім діаметром (5-8) мм.

Обидві установки забезпечують регульовану витрату компонентів ПУС рівну: 5-12 кг/хв.

Загальна маса компонентів ПУС в обох установках становить 12 кг (по 6 кг лужного і кислотного компонентів). Загальна маса повністю заправлених установок «АУТГОС» і «АУТГОС-П» становить 20 і 28 кг відповідно. Максимальна дальність подачі ІВ для установки «АУТГОС» становить 5 м, а для «АУТГОС-П» – 7 м.

Відмінність двох установок між собою полягає в тому, що установка «АУТГОС» забезпечує гідравлічний розпил ВР, а «АУТГОС-П» пнів-матический розпил. Для цього в останній установці використовувалися фор-сунки пневмораспыливания СО-71, які дозволяли варіювати кут распиленого струменя в межах (4-90) градусів. Ще однією особливістю установки «АУТГОС-П» є можливість її використання разом з ізолюючим протигазом. Запасу стиснутого повітря в балоні вистачає на розпилювання ВР та дихання протягом не менше 20

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

хвилин. Це, в свою чергу, дозволяє використовувати установку «АУТГОС-П» для гасіння пожеж в приміщеннях.

Підготовка установок до роботи полягає в заповненні через верхні заливні горловини ємностей рідкими компонентами ПУС і заправці повітрям балону до тиску 20 МПа.

5.3. Рекомендації щодо гасіння пожеж за допомогою ПУС

Рекомендації щодо гасіння пожеж базуються на результатах моделювання процесу гасіння пожеж ПУС (Розділ 5), які, в свою чергу, ґрунтуються на експериментальних даних по вогнегасним властивостям ПУС (Розділ 4). Нижче використовуватимуться такі умови подання ВР (витрата – 5кг/с) і значення коефіцієнта поверхні горіння – 5.

5.3.1. Ліквідація пожеж класу А за допомогою ПУС

Більшість реальних пожеж характеризується наявністю важкодоступних і прихованих поверхонь горіння. Тому розглянемо лише такі результати, які ґрунтуються на даних щодо гасіння модельних вогнищ пожежі у вигляді штабеля з брусків горючого матеріалу. Такі модельні вогнища пожежі моделюють наявність важкодоступних поверхонь горіння (тильні сторони брусків), але не моделюють наявності прихованих поверхонь горіння. Для гасіння прихованих поверхонь областей необхідно проведення операцій по забезпеченню доступу до них (розкриття і розбирання конструкцій).

Розглянемо гасіння пожежі, при якому відсутні приховані поверхні горіння.

Для гасіння пожеж класів А і В найкращі результати показала ПУС $Al_2(SO_4)_3$ (25%) + $NaHCO_3$ (8%) + Tridol 6-10 C AFFF, 6% яка показала високі вогнегасні властивості одночасно при гасінні пожеж класів А і В.

На стадії ліквідації процесу горіння ПУС мають перевагу перед водою. Відповідні показники вогнегасної здатності для води і $Al_2(SO_4)_3$ (25%) + $NaHCO_3$

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		62

(8%) + Tridol 6-10 C AFFF (6%), складають: $\Phi_0(\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ кг/м}^2$, $\Phi_0(\text{ПУС}) = 0,902 \text{ кг/м}^2$. Для ПУС при питомій витраті $1,0 \text{ кг/м}^2$ забезпечується надійне гасіння і відсутність повторного займання протягом 2,5 хв. При витраті ВР на засобі подачі 5 кг/с і коефіцієнті поверхні горіння 5 за 2,5 хв можна ліквідувати горіння на площі пожежі 150 м^2 (рівняння 5.4) забезпечивши відсутність повторного займання.

5.3.2. Ліквідування пожеж класу В за допомогою ПУС

Для гасіння бензину, також як і для гасіння ТГМ, найкращі результати забезпечує ПУС $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + NaHCO_3 (8%) + Tridol 6-10 C AFFF, 6%. Розглянемо гасіння вертикального резервуару з бензином. Прийmemo, що оптимальна інтенсивність подавання ПУС ($I_{\text{опт}}$) в 5 разів перевищує раніш розраховану критичну інтенсивність (рівняння 5.16). В такому випадку:

$$I_{\text{опт}} = 0,0081 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 0,0405 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с)}. \quad (5.1)$$

Це значення оптимальної інтенсивності подавання ВР не поступається нормативної величині для існуючих методів подавання піни. Але має перевагу в можливості використання більш простих засобів подавання ВР – звичайних стволів–розпилювачей.

5.4. Висновки за розділом 5

1. Компоненти піноутворюючих систем відносяться до III або IV класу небезпеки.

2. ПУС CH_3COOH (9%) + NaHCO_3 (8,8%) + ПУ SOFIR AFFF AR(6%) поступається за вогнгасними властивостями ПУС $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + NaHCO_3 (8%) + Tridol 6-10 C AFFF, 6% .

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докum.	Підпис	Дата		63

3. Для гасіння пожеж невеликих розмірів можна використовувати автономні установки пожежогасіння «АУТГОС» і «АУТГОС-П».

4. Для гасіння пожеж класів А і В найкращі результати показала ПУС $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + NaHCO_3 (8%) + Tridol 6-10 С АFFF, 6% яка показала високі вогнегасні властивості одночасно при гасінні пожеж класів А і В.

4. На стадії ліквідації процесу горіння ПУС мають перевагу перед водою. Відповідні показники вогнегасної здатності для води і $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + NaHCO_3 (8%) + Tridol 6-10 С АFFF (6%), складають: $\Phi_0(\text{H}_2\text{O}) = 1,23 \text{ кг/м}^2$, $\Phi_0(\text{ПУС}) = 0,902 \text{ кг/м}^2$. Для ПУС при питомій витраті $1,0 \text{ кг/м}^2$ забезпечується надійне гасіння і відсутність повторного займання протягом 2,5 хв. При витраті ВР на за-собі подачі 5 кг/с і коефіцієнті поверхні горіння 5 за 2,5 хв можна ліквідувати горіння на площі пожежі 150 м^2 (рівняння 5.4) забезпечивши відсутність повторного займання.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

Розділ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1. Загальні положення

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [46-50].

Роботодавець - власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник - особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

Дія цього Закону поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Права на охорону праці під час укладання трудового договору:

Умови трудового договору не можуть містити положень, що суперечать законам та іншим нормативно-правовим актам з охорони праці.

Під час укладання трудового договору роботодавець повинен проінформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору

Працівнику не може пропонуватися робота, яка за медичним висновком протипоказана йому за станом здоров'я. До виконання робіт підвищеної небезпеки та тих, що потребують професійного добору, допускаються особи за наявності висновку психофізіологічної експертизи. Усі працівники згідно із законом підлягають загальнообов'язковому державному соціальному страхуванню від

нешасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності.

Права працівників на охорону праці під час роботи. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля. Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або роботодавця. Факт наявності такої ситуації за необхідності підтверджується спеціалістами з охорони праці підприємства за участю представника профспілки, членом якої він є, або уповноваженої працівниками особи з питань охорони праці (якщо професійна спілка на підприємстві не створювалася), а також страхового експерта з охорони праці.

За період простою з причин, передбачених частиною другою цієї статті, які виникли не з вини працівника, за ним зберігається середній заробіток.

Працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням, якщо роботодавець не виконує законодавства про охорону праці, не додержується умов колективного договору з цих питань. У цьому разі працівникові виплачується вихідна допомога в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячного заробітку.

Працівника, який за станом здоров'я відповідно до медичного висновку потребує надання легшої роботи, роботодавець повинен перевести за згодою працівника на таку роботу на термін, зазначений у медичному висновку, і у разі потреби встановити скорочений робочий день та організувати проведення навчання працівника з набуття іншої професії відповідно до законодавства.

На час зупинення експлуатації підприємства, цеху, дільниці, окремого виробництва або устаткування органом державного нагляду за охороною праці чи

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

службою охорони праці за працівником зберігаються місце роботи, а також середній заробіток.

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. З цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання;

- розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;

- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;

- впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;

- забезпечує належне утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом;

- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин; - організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, та за їх підсумками вживає заходів до усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства (далі - акти підприємства), та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безоплатно працівників нормативно-правовими актами та актами підприємства з охорони праці;

- здійснює контроль за додержанням працівником технологічних процесів, правил поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;

- організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці;

- вживає термінових заходів для допомоги потерпілим, залучає за необхідності професійні аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків.

- роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

Обов'язки працівника щодо додержання вимог нормативно-правових актів з охорони праці

Працівник зобов'язаний:

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

Згідно з міждержавного стандарту карбонат и дигідрофосфат амонію відносяться до помірно небезпечних речовин (3-й клас безпеки), ГДК в повітрі робочої зони складає 5 мг/м³. Характер середовища водних розчинів цих речовин кислий, рН ≈ 5. Такі розчини викликають слабе подразнюючу дію на шкірні покриви, небезпечні при попаданні в дихальні шляхи і особливо в очі. Це викликає необхідність використовувати захисний одяг, респіратори, окуляри або маски для захисту очей.

Оцтова кислота, односиться до помірно небезпечних речовин (3-й клас безпеки), ГДК в повітрі робочої зони складає 1 мг/м³. Вихідний розчин має кислу реакцію середовища (рН 4,5). Він може викликати подразнення шкірних покривів. Також небезпечно вдихання парів оцтової кислоти і потрапляння її в очі. Це викликає необхідність використовувати захисний одяг, респіратори, окуляри або маски для захисту очей.

Відповідно до міжнародного стандарту (ISO № 3941 - 77) існує п'ять класів:

- клас А - пожежі ТГМ, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);
- клас В - пожежі рідин або легкоплавких ма теріалів;
- клас С - пожежі за участю газів;
- клас D - пожежі металів та їх сплавів;
- клас (Е) - пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

Крім перерахованих параметрів, враховують також категорію приміщення по вибухопожежної і пожежної безпеки. Вибір типу і визначення необхідної кількості вогнегасників для оснащення приміщення первинними засобами пожежогасіння проводиться на підставі рекомендацій, в залежності від їх вогнегасної здатності, класу пожежі горючих речовин та матеріалів у захисному приміщенні або на об'єкті.

Якщо на об'єкті можливі комбіновані осередки пожеж, то перевагу у виборі вогнегасника віддається більш універсальному по області при-трансформаційних

змін. Суспільні будинки й споруди повинні мати на кожному поверсі не менше двох переносних вогнегасників. Комплектування технологічного устаткування вогнегасниками відповідно до вимог технічних умов (паспортів) на обладнання або відповідних галузевих правил пожежної безпеки, твердженню в установленому порядку.

6.2. Вимоги безпеки праці, під час проведення роботи

Вимоги безпеки праці перед початком роботи:

1. Ознайомитися зі змістом роботи.
2. Організувати оточення місця роботи і вивести з нього всіх осіб, які не пов'язані з виконанням робіт.
3. Заборонити або обмежити рух транспортних засобів і громадян поблизу і в межах зони робіт.
4. При проведенні піротехнічних робіт суворо дотримуватись запобіжних заходів. До піротехнічних робіт слід приступати тільки після інструктажу особового складу щодо заходів безпеки і розписування в журналі інструктажу. Роботи потрібно проводити відповідно до наказів командирів і під керівництвом керівника робіт.
5. Підрозділ розбивається на розрахунки, кожному з яких доручається одна визначена робота. У кожному розрахунку призначається старший.
6. Керівник робіт формує розрахунки і ставить їм завдання з урахуванням того, щоб усі роботи по можливості були виконані в заданий термін і забезпечували своєчасну готовність.
7. Весь особовий склад, залучений до проведення робіт, повинен добре знати правила ведення цих робіт і запобіжні заходи.
8. Керівники робіт щодня повинні перевіряти знання правил і заходів безпеки і систематично контролювати їхнє виконання в ході робіт.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		70

ВИСНОВКИ

1. Найбільш доцільно в якості вогнегасного засобу, який би ефективно гасив пожежі класів А і В обрати ПУС, модифіковані так, щоби підвищити їх вогнегасні властивості по відношенню пожеж класу А.

2. Для підвищення проникаючих властивостей пін і дальності їх подавання треба змінити спосіб подавання піни – замість подавання готової піни організувати роздільно-одночасне подавання компонентів ПУС.

3. Теоретично обґрунтовано, що максимальна кратність піни, яка утворюється при зливанні компонентів ПУС складає для NaHCO_3 –14,7, а для $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ – 97,2.

4. Експериментально встановлено, що подавання компонентів ПУС на поверхню бензину в розпиленому вигляді забезпечує утворення піни з кратністю до 14, а стійкість такої піни може досягати 20 хв.

5. При гасінні модельних вогнищ пожежі класу А ПУС за показником вогнегасної здатності перевищують воду зі змочувателем на (12–40).

6. При гасінні модельних вогнищ пожежі класу В шляхом подавання компонентів ПУС на поверхню рідини перевагу мають ПУС з піноутворювачем Tridol 6-10 С АFFF, які забезпечують гасіння пожеже при оптимальної інтенсивності подавання $\text{VP} = 0,0405 \cdot 10^{-3} (\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

9. Зі всіх систем, що досліджені ПУС $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (25%) + NaHCO_3 (8%) + Tridol 6-10 С АFFF, 6% показала найвищі вогнегасні властивості одночасно при гасінні пожеж класів А і В.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Carlson G.P. What's all the talk abot class A foam? Fire Eng. 1991. V.144. № 10. P. 10-12.
2. Шараварников А.Ф., Гасіння горючин рідин. Пожежна техніка. Київ. 1992. С.148–151.
3. Вогнегасні речовини : посібник / Антонов А.В., Боровиков В.О., Орел В.П. та ін. К. : Пожінформтехніка. 2004. 176 с.
4. Мчедлов-Петросян М.О. Основи колоїдної хімії. Х. : ХНУ. 2004. 300 с.
5. Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань: ДСТУ 3789-98. – [Чинний від 1998-09-25]. – К.: Держстандарт України. 1999. 18 с. (Національні стандарти України).
6. Откідач Д.М., Цапко Ю.В., Соколенко К.І. Флегматузування горючих газових середовищ. Київ : Пожінформтехніка. 2005. 196 с.
7. Жартовский В.М. К вопросу о механизме пожаротушения порошками. Проблемы пожарной безопасности: [Сб. научн. трудов]. Харьков. 1993. № 20. С. 45–47.
8. Биков С.А. Аналіз тенденцій розвитку вогнегасників. Проблеми пожежної безпеки. Харків. 2000. №7. С. 47–54.
9. Быков С.А. Огнетушители. Современное состояние. Харьков: ХИПБ. 1999. 50 с.
10. Тарахно О.В. Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки. Харків: УЦЗУ. 2006. 395 с.
11. Бондаренко С.Н. Обзор современных средств объёмного тушения. Пожежна безпека. Львів: ЛДУБЖ. 2001. С. 174–176.
12. Касьянов М.А. Розвиток теорії і вдосконалення способів та засобів імпульсного пожежегасіння об'єктів промислового транспорту: автореф. Дис на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец 21.06.02 «Пожежна безпека». Макіївка, 2004. 35 с.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

13. Баланюк В.М., Левуш С.С., Грималюк Б.Т. Особливості пожежогасіння аерозольними сумішами, переваги та недоліки методу. Пожежна безпека. 2002. №2. С. 59–61.

14. Методичний посібник з питань експлуатації та використання вогнегасників / [Присяжнюк Л.А., Білкун Д.Г., Баленко В.К. та інш.]. К. : Основа. 1997. 150 с.

15. Кіреєв О.О., Каракулін А.Б., Шажко А.С. Дослідження вогнегасної дії окремих компонентів гелеутворювальних систем при гасінні пожеж класу А. Проблеми пожежної безпеки. 2013. № 33. С. 64–68.

16. Кіреєв О.О. Оцінка охолоджувальної дії розчинів солей, що використовуються на етапах запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2006. Вип. 3. С. 161–169.

17. Жартовский В.М., Цапко Ю.В. Профілактика горіння целюлозних матеріалів. Теорія і практика. Київ.: 2006. 248 с.

18. Котов А.Г., Андрійченко П.А. Газофазні вогнегасні склади. Київ.: Репро-Графіка. 2004. 215 с.

19. Ron D. Fire-snuffing halons hard to replace. Chem. And Eng. News. 1990. № 38. P. 33–34.

20. Лебідь В. І. Фізична хімія . Харків: Фоліо. 2005. 478 с.

21. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 2272. – [Чинний від 2006-06-06]. К. : Держстандарт України. 2006. 32 с. – (Національні стандарти України).

22. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять: ДСТУ 2272. – [Чинний від 2006-06-06]. К. : Держстандарт України, 2006. 32 с. (Національні стандарти України).

23. Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. Фізико–хімічні основи використання води в пожежній справі. Харків. 2004. 252с.

24. Лінчевський Є.А., Сировий В.В. Розробка тактичного забезпечення до імпульсних вогнегасників. Пожежна безпека: [зб. наук. праць]. Ч. 3. Черкаси: ЧИПБ. 1999. С. 21–23.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
						73
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

25. Cowan G. Wave of future is class "A" foam. Fire Fight. Can. 1995. V.39. № 2. P. 18–19.
26. Rudolph S., Braun U. Schaum und Wasser. Braundwatsh. 2002. B.57. N 2. P. 58–59.
27. Храмов С.П. Вода для гасіння пожеж. Пожежвибухобезпека. 2007. Т.17. № 4. С. 72–75.
28. Храмов С.П. Вода для гасіння пожеж. Пожежвибухобезпека. 2007. Т.17. № 4. С. 72-75.
29. Кіреєв А.А., Жернокльов К.В., Савченко А.В. Визначення показника вогнегасної здатності гелеутворювальних складів при гасінні модельного вогнища класу 1А. Проблеми пожежної безпеки. 2010. Вип. 28. С. 74–80.
30. Купка В.Ю., Кіреєв А.А., Жернокльов К.В. Шляхи підвищення ефективності гасіння пожеж класу В. Проблеми пожежної безпеки. 2012. № 31. С. 105–108.
31. Кіреєв А.А., Купка В.Ю., Жернокльов К.В. Дослідження стійкості гелевих шарів лежить на поверхні горючих рідин. Проблеми пожежної безпеки. 2012. № 32. С. 84–88.
32. Абрамов Ю.О., Кіреєв О.О., Щербіна О.М. Дослідження впливу товщини шару гелю на його вогнезахистні властивості. Пожежна безпека. 2006. №8. С. 159–162.
33. Абрамов Ю.А., Кіреєв А.А., Щербіна О.М. Термогравіметричні дослідження вогнезахисної дії на деревину гелів системи $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2 - \text{MgCl}_2$. Пожежна безпека. 2006. №9. С. 42–47.
34. Кіреєв О.О., Гишко Г.Б. Вогнезахистні властивості гелеутворюючих сполук при використанні їх для захисту озброєння та військової техніки від запалювальних речовин. Системи озброєння і військова техніка. 2006. Вип. 4(8). С. 30–33.
35. Кіреєв О.О. Вогнезахистні властивості силікатних гелеутворюючих систем. Науковий вісник будівництва. 2006. Вип. 37. С. 188–192.

36. Жартовский В., Цапенко А., Стеценко В. Дослідження процесів пожежегасіння комбінаціями деяких вогнегасних речовин. Пожежна безпека. 2003. № 7 (46). С. 28–29.

37. Кустов М.В., Калугін В.Д. Підвищення вогнегасної ефективності істинних розчинів за допомогою добавок електролітів. Проблеми пожежної безпеки. 2008. Вип. 24. С. 38–43.

38. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань: ДСТУ 3675–98. [Чинний від 1998-01-30]. К. : Держстандарт України, 1998. 34 с.

39. Боровіков В.О., Антонов А.В., Слуцька О.М. Методологія оцінювання вогнегасної ефективності піни низької кратності під час гасіння горючих рідин. Науковий вісник УкрНДіПБ. 2008. № 1 (17). С. 146–154.

40. Іванніков В.П., Ключ П.П., Мазур Л.К. Довідник з гасіння пожеж. К. : РІВ МВС УСРСР. 1975. – 226 с.

41. Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовой А.С., Сенчихін Ю.М. Пожежна тактика. Х.: Основа. 1998. 592 с.

42. Кіреєв А.А., Жернокльов К.В., Колонов О.М. Оцінка часу гасіння великих пожеж під час використання гелеутворюючих складів. Проблеми пожежної безпеки. 2009. Вип. 26. С. 36–43.

43. Кіреєв А.А., Жернокльов К.В., Куценко Л.М. Оцінка часу гасіння пожеж класу А гелеутворювальним складом. Облік часу повторного займання. Проблеми пожежної безпеки. 2011. Вип.29. С. 60–65.

44. Лебідь В.І. Фізична хімія. Харків: Фоліо. 2005. 478 с.

45. Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовой А.С., Сенчихін Ю.М. Пожежна тактика. Х.: Основа. 1998. 592 с.

46. Закон України «Про охорону праці» Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668.

47. Науково-практичний коментар до закону України «Про охорону праці» . К. 1997. С.32.

48. Д. В. Зеркалов. Безпека праці: Монографія. К. : Основа, 2012.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
						75
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

49. Міністерство надзвичайних ситуацій України, Наказ "Про затвердження Вимог до роботодавців щодо захисту працівників від шкідливого впливу хімічних речовин" від 22.03.2012 № 627.

50. Міністерство надзвичайних ситуацій України, Наказ "Про затвердження Правил охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях" від 11.09.2012. № 1192.

					НУЦЗУ.2.22-41 СХ та ХТ РПЗ-10	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		76