

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 дипломної роботи
за освітнім ступенем бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

На тему: «Розробка ізолюючих засобів з підвищенням часом дії для локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом токсичних рідин»

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу
за освітнім ступенем бакалавра,
Групи ХТ-15-242
галузь знань (спеціальності)
0513«Хімічна технологія та інженерія»
6.051301«Хімічна технологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Лещова В.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник: Кіреєв О.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Савченко О.В.
(прізвище та ініціали)

Харків 2019 року

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))

Освітній ступень бакалавра

Галузь знань 0513«Хімічна технологія та інженерія»

(шифр і назва)

Спеціальність 6.051301«Хімічна технологія»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри СХ та

ХТ

О.В. Тарахно

“___”

_____ 2019 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**

Лещова Валерія Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): «Розробка ізолюючих засобів з підвищенням часом дії для локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом токсичних рідин»

Керівник роботи Кіреєв Олександр Олександрович, професор, д.т.н, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “___” _____ 2019 року

№40

2. Строк подання курсантом роботи: _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

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

Презентаційний матеріал на _____ слайдах

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	Завдання прийняв
4			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Здобувач вищої освіти

Лещова В.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Кірсєв О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Звіт про ДР ____ с., ____ рис., ____ табл., ____ джерел, ____ додатки.

Ключові слова: хімічно небезпечні об'єкти, гелеутворююча система, небезпечна хімічна речовина, піноутворювач, повітряно-механічна піна, цивільний захист, дигідрофосфат натрія, поверхнево активні речовини, швидкотвердіючі піни, час гелеутворення, коефіцієнт уповільнення випарування, ізолююча здатність, стійкість.

Об'єкт досліджень: швидкотвердіюча піна системи ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{SiO}_2$).

Мета роботи: забезпечення ефективності локалізації надзвичайних ситуацій пов'язаних з випаруванням токсичних рідин за рахунок покращення ізолюючих властивостей і збільшення стійкості пін.

Стислий зміст роботи та висновки:

Проведено експериментальне дослідження ізолюючих властивостей швидкотвердіючих пін по відношенню до парів органічних токсичних рідин, а саме бензолу. Показано, що гелеподібний шар системи (12% $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + 15\% \text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{SiO}_2$) товщиною (2-4) см уповільнює випарування летких рідин.

Показано, що повітряно-механічна піна недостатньо ефективна як ізолюючий засіб для рідких токсичних речовин. Для забезпечення процесу затвердіння пропонується використовувати процес гелеутворення. Була обрана система, яка забезпечує час твердіння пін від 20 с до 120 с. Експериментально визначено кратність твердої піни, отриманої з гелевої системи $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ (час твердіння 38 с) і піноутворювача «Морской» вона становить 25. Коефіцієнт уповільнення випарування для піни товщиною 2 см – 5,5 і для товщини шару 4 досягає 8,5.

Область використання: цивільний захист, локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з випаруванням рідких токсичних рідин.

					НУЦЗУ.2.15-66.СХ та ХТ РПЗ-06	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		4

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИТОКОМ РІДКИХ ТОКСИЧНИХ РІДИН ТА ЇХ АНАЛІЗОМ	11
1.1. Класифікація небезпечних хімічних речовин	11
1.2. Визначення та аналіз способів ліквідації джерел забруднення	15
1.3. Швидкотвердіючі піни, методи їх отримання	19
1.4. Висновки	21
РОЗДІЛ 2 ПІДБІР УМОВ ТВЕРДІННЯ ПІН З ЗАДАНИМ ЧАСОМ ТВЕРДІННЯ	22
2.1. Вибір методики дослідження	22
2.2. Дослідження часу утворення гелю різних систем	25
2.3. Дослідження процесу одержання піни зі швидкотвердіючих складів	32
2.4. Висновки	34
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДОЇ ПІНИ	35
3.1. Визначення кратності твердої піни	35
3.2. Дослідження стійкості піни	36
3.3. Дослідження ізолюючих властивостей твердої піни	38
3.4. Дослідження ізолюючих властивостей повітряно-механічної піни товщиною 4 см	43
3.5. Розрахунок параметрів зони можливого ураження	45
3.6. Висновки	49
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1. Основні поняття	50
4.2. Основні вимоги безпеки праці перед початком роботи	52

НУЦЗУ.2.15-66.СХ та ХТ РПЗ-06				
Зм.	Лист	№ докум	Підпи	Дата
Розробив		Лещова В.А.		
Перевірив		Кірсев О.О.		
Н. Контр.		Скородумова О.Б.		
Затверд.		Тарахно О.В.		
<i>Розробка ізолюючих засобів з підвищенням часом дії для локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом токсичних рідин</i>				
			Лім.	Лист
			5	59
ХТкс-15-242				

4.3. Основні вимоги безпеки праці під час проведення робіт	53
4.4. Заходи безпеки по закінченню роботи	54
4.5. Висновки до розділу	55
ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	57

Перелік умовних позначень

ХНО-хімічно небезпечні об'єкти

ПНО - потенційно небезпечні об'єкти

ГУС-гелеутворююча система

НХР-небезпечна хімічна речовина

ПУ - піноутворювач

ПМП - повітряно-механічна піна

ШТП - швидкотвердіюча піна

НС - надзвичайна ситуація

ЦЗ- цивільний захист

АХНР-аварійно хімічні небезпечні речовини

ПДХНР- постійно діючі хімічні небезпечні речовини

БХНР- бойові хімічні небезпечні речовини

РНО - радіаційно небезпечні об'єкти

ЗІЗ - засоби індивідуального захисту

					НУЦЗУ.2.15-66.СХ та ХТ РПЗ-06	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Вступ

В Україні значних територій з несприятливим природним впливом та схильністю до проявів небезпечних природних явищ підсилює гостроту проблеми щодо вивчення стану техногенної й природної безпеки та необхідність пошуку шляхів його покращення.

Всього в Україні функціонує 931 об'єкт, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності 308,07 тис. тонн небезпечних хімічних речовин, у тому числі 4,08 тис. тонн хлору, 202,66 тис. тонн аміаку та 101,33 тис. тонн інших небезпечних хімічних речовин.

Ці об'єкти розподілені за ступенями хімічної безпеки таким чином:

I ступінь хімічної безпеки – 65 об'єктів;

II ступінь хімічної безпеки – 128 об'єктів;

III ступінь хімічної безпеки – 178 об'єктів;

IV ступінь хімічної безпеки – 567 об'єктів [1].

Аналіз стану техногенної безпеки в Україні свідчить про зношеність основних виробничих фондів на об'єктах економіки та господарювання, більшість з яких працює на критичній межі технологічної безпеки.

Основними причинами можливого виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з небезпечними хімічними речовинами, і незадовільною екологічною ситуацією в місцях розташування ХНО є висока концентрація ХНО; високий рівень сировинної та енергоємної продукції; застарілі технології та низький рівень прогресивного використання; ресурсозберігаючі та екологічно чисті технології; амортизація основних засобів підприємств; 87 низька ефективність очисних споруд; низький рівень культури виробництва та порушення дизайну; технологічних режимів, фінансових труднощів, як ХНО, так і держави в цілому [2].

Найбільш техногенно небезпечними об'єктами є виробництва з обертанням, небезпечних хімічних речовин, горючих речовин і матеріалів,

виробництва, пов'язані з веденням процесів при критичних параметрах (тиск, температура), зі складним апаратурним оформленням. До таких об'єктів слід віднести газо- і нафтопроводи, об'єкти хімічної, нафтохімічної, нафтопереробної промисловості, склади нафти і нафтопродуктів, об'єкти енергетики, виробництва з обертанням пилю і волокон та інші. Наявність в Україні таких об'єктів підсилює гостроту проблеми щодо вдосконалення засобів ліквідації та локалізації надзвичайних ситуацій пов'язаних з випаруванням токсичних рідин.

В залежності від виду небезпечних чинників ці об'єкти поділяються на:

- радіаційно небезпечні об'єкти (РНО);
- об'єкти комунального господарювання;
- пожежо- та вибухонебезпечні об'єкти;
- хімічно небезпечні об'єкти (ХНО);
- гідротехнічні споруди.

Радіаційно небезпечні об'єкти становлять особливу небезпеку, так як людина не відчуває на собі початкову дію радіації і безпечно поводить себе в зоні радіаційного опромінення.

Хімічно небезпечні об'єкти – промисловий об'єкт (підприємство) або його структурні підрозділи, де знаходяться в обігу (виробляються, переробляються, перевозяться, завантажуються або розвантажуються, використовуються у виробництві, розміщуються або складуються постійно або тимчасово, знищують тощо) одна або декілька небезпечних хімічних речовин (НХР).

На території України є близько 2 тис. хімічно небезпечних об'єктів (ХНО), в зонах їх розміщення проживає понад 22 млн. чоловік.

На хімічно небезпечному об'єкті у розпал аварії можуть виникати кілька чинників руйнування: пожежа, вибухи, хімічне забруднення повітря і місцевості та інше, також поза об'єктом - забруднення навколишнього середовища.

Небезпечна хімічна речовина - хімічна речовина, безпосередня чи опосередкована дія якої може спричинити загибель, гостре чи хронічне захворювання або отруєння людей і (чи) завдати шкоди довкіллю. Для більшості НХР характерна тривалість зараження навколишнього середовища та прояв віддалених ефектів ураження людей і об'єктів біосфери.

Виходячи з цього головною метою та завданням аварійно-рятувальних підрозділів ДСНС є евакуацією людей з небезпечного місця та локалізація зони хімічного ураження та припинення виходу НХР в навколишнє середовище.

Завдяки локалізації розливів токсичних рідин, проблемою з якою стикаються аварійно - рятувальні підрозділи, є короткий час дії ізолюючих засобів (пін) і високі витрати поглинаючих речовин (розсіяних струменів).

Отже, актуальність даної теми обумовлена тим, що існує потреба в поліпшенні ізоляційних властивостей і збільшенні терміну дії пін, як засобу локалізації вогнищ з розливом токсичних рідин.

Розділ 1.МЕТОДИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ВИТОКОМ РІДКИХ ТОКСИЧНИХ РІДИН ТА ЇХ АНАЛІЗОМ

1.1. Класифікація небезпечних хімічних речовин

За критерієм характеру впливу на населення НХР можна умовно поділяють на три групи [3]:

- аварійно хімічні небезпечні речовини (АХНР), використовувані в економіці, здатні викликати масові поразки населення при аваріях на об'єктах;

- постійно діючі хімічні небезпечні речовини (ПДХНР), що систематично чинять шкідливий вплив на організм людини

- бойові хімічні небезпечні речовини (БХНР), здатні викликати поразки населення при їхньому бойовому застосуванні можливим супротивником або при аваріях на об'єктах їхнього тимчасового зберігання і на підприємствах по знищенню.

Класифікація аварійно хімічно небезпечних речовин може бути проведена за наступними ознаками:

● за основними фізико-хімічними властивостями та умовами зберігання:

- рідкі та летючі, що зберігаються під тиском (стиснені та скраплені гази) хлор, аміак, сірководень, фосген та інші;

- рідкі та летючі, що зберігаються в ємностях без тиску – синильна кислота,

хлорпікрин тощо;

- кислоти, що димлять – сірчана, азотна, соляна тощо;

- сипучі та тверді нелетючі при температурі зберігання до 400С – сулема, фосфор, жовтий, миш'яковистий ангідрид;

- сипучі та тверді летючі речовини, при температурі зберігання до 40 С
- солі синильної кислоти, меркурани тощо.

● за класом небезпеки (ступінь впливу на організм людини):

- надзвичайно небезпечні,
- високо небезпечні;
- помірно небезпечні;
- мало небезпечні.

Для кількісної характеристики токсичності речовин використовують поняття токсичної дози (токсодози). Доза – це така кількість речовини, наслідком якої є певний токсичний ефект [2-3].

За ступенем токсичності хімічні речовини поділяють на: (табл. 1.1)

- надзвичайно токсичні, з $LC_{50} < 1$ мг/л і $LD_{50} < 1$ мг/кг;
- високотоксичні, з $LC_{50} = 1-5$ мг/л і $LD_{50} = 1-50$ мг/кг;
- сильнотоксичні з $LC_{50} = 6-20$ мг/л і $LD_{50} = 51-500$ мг/кг;
- помірнотоксичні з $LC_{50} = 21-80$ мг/л і $LD_{50} = 501-5000$ мг/кг;
- малотоксичні з $LC_{50} = 81-160$ мг/л і $LD_{50} = 5001-15000$ мг/кг;
- нетоксичні з $LC_{50} > 160$ мг/л і $LD_{50} > 15000$ мг/кг;

Таблиця 1.1

Характеристика НХР за ступенем токсичності [4].

Клас токсичності	ГДК в повітрі, мг/м ³	Середні смертельні	
		Концентрація, мг/л	Доза при внутрішньому надходженні, мг/кг
Надзвичайно токсичні	0,1	< 1	< 1
Високо токсичні	0,1-1	1-5	1-50
Сильно токсичні	1,1-10	6-20	51-500

Помірно токсичні	1,1-10	21-80	501-5000
Мало токсичні	> 10	81-160	5001-15000
Практично не токсичні	-	> 160	> 1500

У системі стандартів безпеки праці за ступенем дії на організм людини небезпечні хімічні речовини поділяють на чотири класи небезпеки: (табл. 1.2)

I – надзвичайно небезпечні речовини;

II – високо небезпечні речовини;

III – помірно небезпечні;

IV – мало небезпечні.

Таблиця 1.2

Класи небезпеки[4]

Клас небезпеки	Характеристика класу небезпеки	ССК, мг/м ³
1	Речовини надзвичайно небезпечні	<500
2	Речовини високо небезпечні	501 - 5000
3	Речовини помірно небезпечні	5001 - 50000
4	Речовини мало небезпечні	>50001

Хімічні об'єкти відносяться до потенційно небезпечних об'єктів для яких діють вимоги закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки». Згідно цього закону всі потенційно небезпечні об'єкти повинні пройти ідентифікацію у відповідності з постановою Кабінету Міністрів України від 11.07. 2002 р. №956 «Порядок ідентифікації та обліку об'єктів підвищеної небезпеки». Згідно цієї постанови небезпечні речовини, що обертаються на ПНО, поділяються на такі категорії:

- горючі (займисті) гази;
- горючі рідини;

- горючі рідини, перегріті під тиском;
- ініціюючі (первинні) вибухові речовини;
- бризантні (вторинні) та піротехнічні вибухові речовини;
- речовини-окисники;
- високотоксичні речовини;
- токсичні речовини;
- речовини, які становлять небезпеку для довкілля (токсичні для водних організмів) та/або можуть здійснювати довгостроковий негативний вплив на водне середовище;
- речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів.

Клас небезпеки речовин встановлюється за чотирма показниками: гранично допустимі концентрації речовини в повітрі робочої зони, середньої смертельної дози при потраплянні речовини до шлунку, середньої смертельної дози при потраплянні речовини на шкіру та середньої смертельної концентрації речовини в повітрі. Клас небезпеки встановлюють за найбільш жорстким показником, характерним для даної речовини (табл.1.3).

Таблиця 1.3

**Характеристика класів небезпеки хімічних речовин
(ГОСТ 12007-76)**

Показник	Норма для класу небезпеки			
	I	II	III	IV
гранично допустима концентрація речовини в повітрі робочої зони, мг/м ³	менше 0,1	0,1–1	1,1–10	більше 10
середня смертельна доза при потраплянні речовини до шлунку, мг/кг	менше 15	15–150	151–500	більше 500

середня смертельна доза при потраплянні речовини на шкіру, мг/кг	менше 100	100–500	501–2500	більше 2500
середня смертельна концентрація речовини в повітрі, мг/м ³ .	менше 0,5	0,5–5	5–50	більше 50

1.2. Визначення та аналіз способів ліквідації джерел забруднення

Реагування на надзвичайні ситуації - комплекс заходів, у тому числі аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, які проводяться у разі надзвичайної ситуації, спрямований на припинення впливу небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей, а також локалізацію зони надзвичайної ситуації.

Комплекс заходів захисту від наслідків хімічної НС включає:

- організаційні та операційні заходи щодо організації, планування та здійснення захисту населення на суміжній території;
- інженерно-технічні заходи щодо дотримання умов безпеки при використанні, зберіганні, транспортуванні НХР;
- підготовку сил і засобів для ліквідації наслідків хімічних надзвичайних ситуацій;
- громадяни повинні знати основні свої обов'язки, щодо безпеки життєдіяльності, дотримуватись установлених правил поведінки під час надзвичайних ситуацій;
- забезпечення безпеки населення і використання засобів індивідуального і колективного захисту;
- повсякденний хімічний контроль;
- проведення запобіжних і профілактичних заходів на ХНО;
- прогнозування можливих наслідків хімічної НС;
- попередження (оповіщення) про безпосередню небезпеку ураження НХР;

- тимчасову евакуацію (відселення) населення із небезпечних районів;
- хімічну розвідку району аварії;
- знаходження і надання медичної допомоги потерпілим;
- локалізацію і ліквідацію наслідків хімічної надзвичайної ситуації [5].

З метою ліквідації наслідків хімічного зараження проводяться наступні

заходи :

- спеціальна обробка техніки, транспорту, ЗІЗ, одяги, взуття;
- санітарна /ветеринарна/ обробка людей і сільськогосподарських тварин,
- знезаражування місцевості;
- локалізація аварії на ХНО, припинення викидів НХР, попередження зараження ґрунту і ґрунтових вод.

Обмеження та припинення розповсюдження НХР:

- Обмеження та припинення викидів НХР здійснюється перекриттям кранів і засувок на магістралях, закриття отворів на магістралях за допомогою хомутів, перекачкою рідини з аварійної ємності в запасну.
- Обмеження НХР що розтікається по місцевості з метою зменшення площі випаровування здійснюється обвалуванням речовини, що розлилася, створенням перешкод на шляху де вона розтікається, збором НХР природні поглибленнями, канами, кювети, обладнанням спеціальних пасток.
- При проведенні робіт у першу чергу необхідно запобігти попаданню НХР у ріки, озера, підвальні комунікації, підвали.
- Роботи можуть бути виконані з використанням бульдозерів, скреперів, екскаваторів та ін. техніки.

Особливістю надзвичайних ситуацій на ХНО є висока швидкість формування небезпечної зони і вплив факторів пошкодження, в свою чергу, вимагає прийняття ряду оперативних заходів, спрямованих на захист населення і сил ЦЗ при ліквідації їх наслідків [6].

					НУЦЗУ.2.15-66.СХ та ХТ РПЗ-06	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		16

Для зменшення швидкості випаровування НХР і обмеження поширення його газопарової фази рекомендується використовувати наступні методи:

- поглинання газопарової фази НХР за допомогою водяних завіс;
- ізоляція рідкої фази НХР пінами;
- поглинання рідкої фази НХР шаром сипучих адсорбційних матеріалів (ґрунт, пісок, шлак, керамзит і т.д.);
- розбавлення рідкої фази НХР водою або розчинами нейтральних речовин;
- дегазація (нейтралізація) НХР розчинами хімічно активних реагентів.

Масштаби і тривалість зараження НХР при аварії на ХНО обумовлюються:

- фізико-хімічними властивостями НХР;
- метеорологічними умовами;
- оперативністю оповіщення і вживання заходів;
- кількістю НХР, викинутих на місцевість, в атмосферу, у воду;
- підготовленістю обслуговуючого персоналу до ліквідації наслідків розливу НХР;
- характеристиками об'єктів зараження:

Методологія прогнозування наслідків витоку (викидів) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах та транспорт і передбачає прогнозування ступеня забруднення при аваріях з небезпечними хімічними речовинами на промислових об'єктах, дорожній, річковий, залізничний та трубопровідний транспорт, також можна для розрахунків на морському транспорті, якщо хмара НХР при аварії на ній може и отримати прибережну зону, де проживає населення.

З урахуванням типу хімічної обстановки, характеристики і стану НХР, можемо зробити наступні висновки:

1. Чим більша кількість речовини перейде в навколишнє середовище тим більше буде глибина зони хімічного забруднення.

2. Якщо речовина буде повільно витікати , глибина буде меншою, а час аварій збільшиться.
3. Чим важче речовина тим довше зберігається отруйна дія, в залежності від цього НХР поділяються на стійкі та нестійкі.
4. Чим важче речовина тим довше зберігається отруйна дія, в залежності від цього НХР поділяються на стійкі та нестійкі.
5. Чим важче речовина тим довше зберігається отруйна дія, в залежності від цього НХР поділяються на стійкі та нестійкі.
6. Чим важче речовина тим довше зберігається отруйна дія, в залежності від цього НХР поділяються на стійкі та нестійкі.
7. Чим більше температура повітря тим швидше випариться речовина тобто глибина збільшиться, а час дії зменшиться.
8. Чим більше швидкість вітру тим менше глибина та час дії хмари НХР.
9. Глибина залежить від вертикальної стійкості атмосфери тобто зміни температури повітря по висоті.
10. Чим більш закрита місцевість глибина зони забруднення менше, проте час її зберігання збільшується завдяки застою.
11. Чим важче речовина тим довше зберігається отруйна дія, в залежності від цього НХР поділяються на стійкі та нестійкі.

Основними методами локалізації та дезінфекції джерел хімічного забруднення з урахуванням НХР є[7]:

- постановка водяних, а також рідинних завіс з використанням нейтралізуючих розчинів;
- розсіювання хмар за допомогою теплових та повітряно-газових потоків;
- обвалування району виливу, збір рідинної фази НХР у приямки;
- зниження інтенсивності випарювання покриттям дзеркала виливу полімерною плівкою;
- засипання місця виливу сорбентами;

–розбавлення речовини виливу водою з введенням нейтралізаторів.

Найбільш універсальним способом локалізації розливів токсичних рідин вважається використання пін. Однак піни як засоби ізоляції токсичних рідин мають ряд недоліків:

- піни поступово руйнуються, особливо при контакті з полярними рідинами;
- фактори що призводять до збільшення витрати піни;
- нанесення шкоди навколишньому середовищу;
- висока собівартість.

Таким чином, рішення проблеми повітряно-пінних засобів ізоляції розливів токсичних рідин може бути досягнуто шляхом усунення зазначених вище недоліків.

Для усунення перерахованих недоліків повітряно-механічних пін ми пропонуємо використовувати швидкотвердіючі піни.

1.3.Швидкотвердіючі піни, методи їх отримання

Піни являють собою грубі концентровані дисперсні системи, в яких газ є дисперсною фазою, а рідина є дисперсійним середовищем. Бульбашки газу впінаються великі розміри, форму багатогранників і відділені одна від одної тонкими прошарками рідини. Структура піни зображена на рис.1.1.

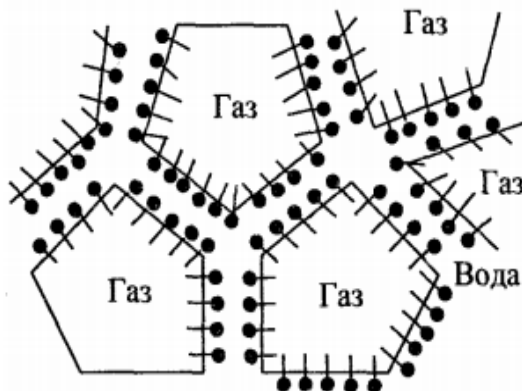


Рис.1.1. Структура піни

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Піни, як і будь-яку дисперсну систему можна отримати двома методами [8]: диспергаційним та конденсаційним.

Диспергаційний метод - заснований на фрагментації газу в бульбашки при його подачі в піноутворювач.

Це вимагає витрат на зовнішні роботи, які йдуть на подолання міжмолекулярних сил при фрагментації речовин. За його таємною схемою енергії існує прямо пропорційна залежність між розміром поверхні дисперсної фази і роботою, необхідною для формування цієї поверхні.

При цьому енергія, яка витрачається на диспергування одиниці об'єму пропорційна питомій поверхні, тобто дисперсності продукту диспергування.

Метод конденсації заснований на зміні параметрів фізичного стану системи, що призводить до насиченого розчину газу. Він включає отримання пін в результаті хімічних реакцій і мікробіологічних процесів, що супроводжуються виходом газу. Для отримання стійких пін використовують піноутворювачі. Піноутворювачами служать ПАР, які мають достатньо довгі вуглеводневі радикали (спирти, мила, білки). ПАР - (Поверхнево-активні речовини) хімічні речовини, які знижують поверхневий натяг рідини, полегшуючи розтікання, у тому числі знижуючи поверхневий натяг на межі двох рідин. Це речовини, молекули або йони яких концентруються під дією молекулярних сил (адсорбуються) біля поверхні розділу фаз і знижують поверхневу енергію. У вужчому значенні поверхнево-активними речовинами здебільшого називають речовини, що знижують поверхневий натяг на межі поділу: рідина (вода)— повітря (пара), рідина (вода) — рідина (олія), рідина — тверда поверхня. Молекули піноутворювачів адсорбуються на межі розділу "вода - повітря" і формують в'язку структуровану плівку. Ця плівка запобігає витіканню рідини з прошарків дисперсійного середовища. Найбільш поширеною є повітряно-механічна, яка в залежності від піноздатності поділяються на низької, середньої і високої кратності. Для гасіння пожежі шар піни наноситься на поверхню рідини, твердої речовини

або матеріалу, що горить. Під впливом високих температур, що супроводжують процес горіння, частина піни руйнується. Виділена внаслідок цього вода у вигляді крапельок охолоджує поверхневий шар рідини або матеріалу. Залишена частина піни перешкоджає надходженню горючих парів і газів у зону горіння та ізолює горючу речовину від кисню повітря. Для гасіння пожежі необхідно, щоб піна покрила всю поверхню речовини, яка горить, і щоб кількість піни, яка надходить у осередок пожеже, значно перевищувала швидкість її руйнування.

Швидкотвердіючі піни не можна отримати шляхом самовільного диспергування [9]. Метод інтенсивного струшування швидкотвердіючої піни застосовується для вивчення властивостей, кратності, дисперсності, стійкості та ізолююча здатність.

1.4. Висновки

1. Найбільш універсальним і розповсюдженим способом ізоляції токсичних рідин є повітряно-механічні піни.
2. Показано, що повітряно-механічні піни не достатньо ефективні як ізолюючий засіб для рідких токсичних речовин.
3. Запропоновано для цілей ізоляції поверхні токсичних рідин використовувати швидкотвердіючі піни.

Розділ 2. ПІДБІР УМОВ ТВЕРДІННЯ ПІН З ЗАДАНИМ ЧАСОМ ТВЕРДІННЯ

2.1. Вибір методики дослідження

Твердіюча піна являє собою однорідний матеріал дрібнопористої структури. Твердіюча піна практично герметична, вогнестійка. При прямому впливі полум'я його поверхневий шар обвуглений і деформований, але полум'я не поширюється по верхніх. Він стійкий до агресивних середовищ, володіє досить високими адгезійними властивостями до металів, гірських порід і деревини.

Тверду піну отримують, наприклад, шляхом механічного змішування водного розчину карбамідо-формальдегідної смоли з піноутворювачем і розчином ортофосфорної кислоти з наступним піноутворенням суміші стисненим повітрям. Має ізоляційні властивості [10].

Тверді піни широко використовуються в будівництві. Тому твердими пінами є тепло- та звукоізоляційні матеріали (пінобетон, пінопласт, піноскло). Також вони використовуються для виготовлення ізоляційних перемичок на шахтах, що ізолюють покриття, наприклад, при ремонті масляних резервуарів. У вугільних шахтах Польщі вони використовують вибухозахищені та ізолюючі перемички, а також викликають внутрішні порожнечі та закладки, використовуючи твердіючі піни різного складу. З їхньою допомогою можна ефективно контролювати газовиділення, що забезпечує перерозподіл газу в зоні земляних робіт у часі та просторі.

Типовою піною є дуже груба, висококонцентрована дисперсія газу (найчастіше повітря) в рідині. Газові бульбашки в таких системах мають розміри порядку міліметрів, а в деяких випадках і сантиметри. Окремі бульбашки піни, внаслідок надлишку газової фази і взаємного стиснення, втрачають сферичну форму і перетворюються в поліефірні клітини, стінки

яких складаються з дуже тонких плівок дисперсних середовищ. Вони (плівки) дуже тонкі; явище світлових перешкод часто відбувається, вказуючи на те, що товщина плівки порівнянна з довжиною світлової хвилі [5].

Поліедричні ячійки утворюють ячійкову структуру, в якій на одному ребрі сходяться три поверхні, розташовані під кутом 120° . В одній точці структури не можуть сходитися більше чотирьох ребер. Це вимога дотримання мінімуму вільної енергії. У пінах відсутній броунівський рух молекул. Чарункова структура забезпечує певну жорсткість або механічну міцність. Багато в чому піна схожа на висококонцентровані емульсії.

Газовану воду та ігристе вино (шампанське) є прикладами піноподібних структур з низькою концентрацією газу в рідкому дисперсійному середовищі. Ці системи надзвичайно нестійкі і не існують довго. Піни утворюються, коли газ диспергується в рідкому середовищі в присутності стабілізаторів (піноутворювачів).

Міцність і довговічність піни (термін служби) залежить від стійкості плівкоутворюючої рамки, властивості якої визначаються природою і кількістю піноутворювача. Типові піноутворювачі: спирти, жирні кислоти і мила, милоподібні речовини, білки, глюкозиди і т.д.

Стійкість піни. Стійкість піни визначається тривалістю існування піни, тобто часом від утворення стовпчика піни до моменту його етичного руйнування. Інший метод оцінки ґрунтується на висоті колони піни, що утворюється, коли струмінь повітря проходить через пінисту рідину. Стійкість також оцінюється тривалістю існування окремої бульбашки газу [11].

Стійкі піни виготовляються з використанням мила і милоподібних речовин. Спирти і жирні кислоти виробляють менш стійкі піни. Високомолекулярні піноутворювачі дають найбільш стійкі піни (тривалість життя досягає декількох тисяч секунд), а тривалість життя зростає зі збільшенням концентрації піноутворювача.

Крім природи і концентрації піноутворювача, на стійкість піни впливають температура, в'язкість розчину, присутність у ньому електролітів і рН середовища.

Причини стійкості піни. Механізм стійкості піни пояснюється дією різних факторів: дією ефекту Гіббса, в'язкістю плівки або особливими механічними властивостями (структурно-механічний фактор стійкості), наявністю з внутрішнього боку поверхні плівки гідратних або подвійних електричних шарів (термодинамічний фактор стійкості).

Спільна точка зору учених - відсутність єдиної теорії стійкості піни; умови одержання впливають як на саму стійкість піни, так і механізми її забезпечення [12].

Основні методи одержання - це пропускання бульбашок відповідного газу через розчин піноутворювача або інтенсивне перемішування розчину піноутворювача з газом.

Основними характеристиками швидкотвердіючих пін які обумовлюють ефективність використання пін як засобу ізоляції рідини являються: час твердіння, кратність піни та її ізолюючі властивості. Час твердіння доцільно обрати в межах 20-120 с. Нижня межа обумовлена часом змішування компонентів, часом піноутворення і часом подавання піни. Великий час твердіння є недоцільним тому, що піна в присутності солей швидко руйнується.

Для визначенню часу твердіння необхідно провести змішування компонентів і визначати час за який суміш загублює текучість. Такій самий експеримент потрібно провести і в присутності піноутворювача і умовах утворення піни шляхом інтенсивного струшування.

Крім того треба визначити кратність піни, яка обумовлює плавучість піни. При цьому доцільно використати стандартні методики.

Також важливо визначити ізолюючі властивості пін. Для цього можна використати методику, що раніш запропоновано для дослідження ізолюючих властивостей гелеподібних шарів в роботі [13].

2.2. Дослідження часу утворення гелю різних систем

Найбільш універсальним способом локалізації розливів токсичних рідин вважається використання пін [1-3]. Однак піни як засоби ізоляції токсичних рідин мають істотний недолік - вони поступово руйнуються, особливо при контакті з полярними рідинами. Це в свою чергу призводить до збільшення витрати піни. Таким чином, рішення проблеми невисокої ефективності повітряно-пінних засобів ізоляції розливів токсичних рідин може бути досягнуто шляхом усунення цього недоліку.

Для усунення цього недоліку повітряно-механічних пін запропоновано використовувати швидкотвердіючі піни. Час затвердіння піни доцільно вибрати в діапазоні 20-120 с. Нижня межа обумовлений часом отримання пін утворюючого розчину, його спінювання і часом подачі піни. Верхня межа в 120 секунд обумовлений руйнуванням піни з часом.

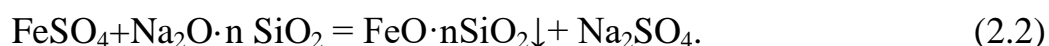
Для утворення твердої піни з рідких компонентів можна використовувати два підходи. У першому використовувати один розчин, який твердне з часом. Цей метод можна реалізувати за допомогою тиксотропних систем. Його використовували автори робіт [14]. Вони розробили метод отримання швидкотверднучих пін на основі структурованих частинок кремнезему. Такі піни застосовувалися для цілей пожежогасіння твердих і рідких речовин. Ніяких вказівок на ізолюючі властивості таких пін по відношенню до парам рідин не представлено.

Другий підхід полягає в змішуванні декількох речовин з отриманням самотвердіючі суміші, яку до досягнення стадії затвердіння спінюють. У літературі відома велика кількість досліджень отримання швидкотверднучих

низько кратних піни на основі рідкого скла і цемент . Однак ці системи були запропоновано для отримання піно бетонів, газобетонів і ливарних форми. Але густина таких систем не забезпечує їм плавучість в більшості рідин. Тому їх неможливо використовувати для ізоляції рідин.

Умови швидкого твердіння рідких систем було досліджено в роботах по вивченню гелеутворюючих систем (ГУС). Вони раніше були запропоновані для цілей пожежогасіння. ГУС представляє бінарну систему, що складається з двох окремо збережених і окремо - одночасно подаються складів. Обидва складу є водними розчинами, що полегшує зберігання і подачу їх в зону горіння, а також одночасно високу охолоджуючу дію завдяки наявності в їх складі води - речовини з унікально високим охолоджуючим дією. Склади повинні бути підібрані так, щоб при їх змішуванні на кордоні горюча речовина - повітря між компонентами відбувалося взаємодія, що приводить до швидкого утворення не текучого гелеподібного шару [15].

Досліджено умови швидкого затвердіння рідких систем в дослідженнях гелеутворюючих систем (ГУС). Вони були запропоновані раніше для протипожежних цілей. Такі системи добре зарекомендували себе при гасінні твердих горючих матеріалів. Досліджено 35 гелеутворюючих систем [16]. Найкращі вогнегасні властивості показали ГУС з гелеутворюючою речовиною натрієвого силікатного поля ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$). В якості каталізатора гелеутворення в таких системах були використані амонієві солі і солі двох і тривалентних металів:



У таблиці 2.1 наведені основні продукти реакції між гелеутворювача і каталізатором гелеобразовання і мінімальні концентрації компонентів ГУС, які забезпечують швидке гелеутворення і найбільшою мірою відповідають раніше сформульованим вимогам.

Таблиця 2.1

Значення мінімальних концентрацій компонентів гелеутворюючої системи полісилікат натрію (ω_1) і каталізатора гелеутворення (ω_2), що викликають швидке гелеутворення

№	Каталізатор гелеутворення	Основний продукт реакції	ω_1 , %	ω_2 , %
1.	CaCl_2	$\text{CaO} \cdot n\text{SiO}_2$	3	3
2.	MgCl_2	$\text{MgO} \cdot n\text{SiO}_2$	5	4
3.	MgSO_4	$\text{MgO} \cdot n\text{SiO}_2$	5	4
4.	FeSO_4	$\text{FeO} \cdot n\text{SiO}_2$	5	4
5.	K_2CO_3	H_2SiO_3	25	40
6.	AlCl_3	$2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3n\text{SiO}_2$	3,5	3
7.	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3n\text{SiO}_2$	4	3
8.	NH_4Cl	H_2SiO_3	8	8
9.	NH_4Br	H_2SiO_3	8	10
10.	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	H_2SiO_3	8	12
11.	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	H_2SiO_3	12	6+6
12.	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	H_2SiO_3	12	13
13.	AlBr_3	$2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3n\text{SiO}_2$	3	4
14.	$\text{MgCl}_2 + \text{CaCl}_2$	$\text{MgO} \cdot n\text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot n\text{SiO}_2$	3,5	3,5

15.	$\text{AlCl}_3 + \text{CaCl}_2$	$2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3n\text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot n\text{SiO}_2$	3	3,5
16.	$\text{AlCl}_3 + \text{AlBr}_3$	$2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3n\text{SiO}_2$	3	3,5

У всіх системах в якості гелеутворювача використовується водний розчин полісилікат натрію ($\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$, рідке скло), який відноситься до III класу небезпеки. Рідке скло випускається промисловістю у великих кількостях. Він використовується в якості в'язучого, інгібітору корозії сплавів заліза, як основний компонент силікатного клею, сировину для отримання інших силікатів і силікагелю[17]. Дослідження показали відсутність суттєвої корозії сталей і сплавів алюмінію, які використовуються у виробництві пожежної техніки при дії розчинів рідкого скла. Розчини рідкого скла також не викликають суттєвих пошкоджень матеріалів використовуються для виробництва пожежних рукавів.

Досліджено міцні властивості шарів гелю, отриманих з використанням різних каталізаторів гелеутворення [18]. На підставі досліджень властивостей ДОС, отриманих з використанням різних гелевих каталізаторів, було виявлено, що швидкість випаровування для тонких шарів гелю (~ 1,5 мм) для всіх досліджуваних систем коливається в межах 26–37. Це означає, що всі гелеподібні шари мають високі ізолюючі властивості. Результати експериментів з гелеутворенням наведені на рис. 2.1-2.2.



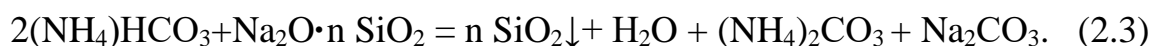
Рис.2.1 Ілюстрація експерименту по гелеутворенню



Рис. 2.2 Ілюстрація експерименту по гелеутворенню

Однак для більшості раніше запропонованих систем було важко регулювати час гелеутворення в межах необхідних меж (20–120 с). У

системах, перелічених у таблиці, тільки один з них (№ 12) вдався до регулювання часу гелеутворення в широкому діапазоні концентрацій компонентів [19]. Додаткові дослідження нових систем показали, що можливість такого регулювання забезпечується системами з каталізатором гелеутворення NH_4HCO_3 . У цьому випадку відбувається наступна реакція:



Подальші дослідження показали, що в якості каталізатора в гелеутворення можна використовувати суміш ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{SiO}_2$).

Ця система була обрана для подальшого дослідження. Час гелеутворення цієї системи є аналогом часу схоплювання самотверднучих систем.

Експериментальне визначення часу гелеутворення в системі дигідрофосфат натрія + рідке скло.

В результаті досліджень процесу гелеутворення в системі ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{SiO}_2$) встановлено, що гелеутворення настає при концентраціях полі силікат 1/1,5 і концентрація дигідрофосфат натрія 1/0,5.

Відповідно до цього були приготовлені розчини рідкого скла 1/0,5; 1/1; 1/1,5; 1/2; 1/2,5; 1/3. Розчини дигідрофосфат натрія були обрані такими: 1/0; 1/0,5; 1/1; 1/2.

Масовий вміст речовин (ω_i) в системі після змішування розраховувалося за формулою:

$$\omega_i = \frac{V_1 \cdot \rho_1 \cdot \omega_1^0}{V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2}, \quad (2.4)$$

де: ω_1^0 - масове зміст першого речовини в вихідному розчині;

V_1, V_2 - об'єм 1-го і 2-го розчинів;

ρ_1, ρ_2 - густина 1-го і 2-го розчинів.

Вихідні розчини готувалися ваговим методом, шляхом розчинення сухих твердих речовин у воді. Крім того концентрації їх контролювалися по густиною розчинів, яку визначали за допомогою ареометра.

Для приготування робочого розчину і контролю його концентрацій необхідне знання густини цього розчину. У зв'язку з тим, що в роботі в основному використовувалися технічні реактиви, некоректно користувалися довідковими даними. Для експериментального визначення густину розчину був використаний набір ареометрів АОН-1 (рис. 2.3).

Це дозволило визначати густину з точністю $\pm 1 \text{ кг / м}^3$. Вимірювання густини були проведені при температурі $20 \pm 1 \text{ }^\circ \text{C}$.

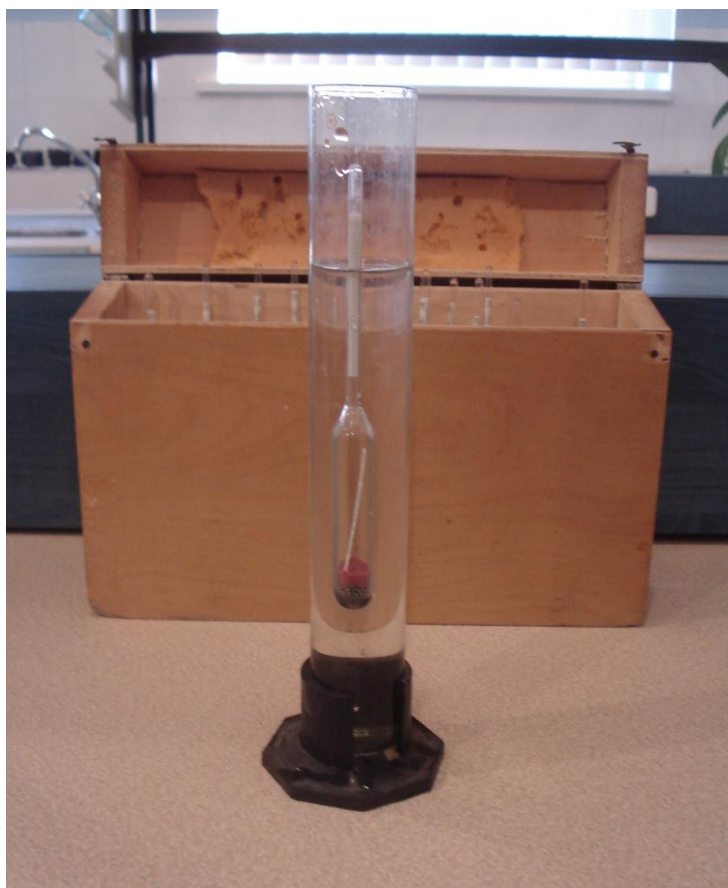


Рис. 2.3 Визначення густини розчинів за допомогою набору ареометрів АОН-1.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Для визначення часу гелеутворення зливалися по 5 мл розчинів гелеутворювача і каталізатора гелеутворення в пластмасовому стаканчику. Після цього проводилося перемішування розчинів і спостереження за втратою плинності. Експеримент проводився 3 рази, після чого розраховувалися середні значення, які наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

**Часи гелеутворення (в секундах) в системі
($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$)**

Мас% NaH_2PO_4	Мас % $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$.					
	27	22	16	14	11	9
19	+	+	49	45	155	120
13	50	23	38	26	72	70
10	-	49	25	29	89	46
7	-	-	-	-	98	125

+ миттєве утворення гелю,

- час гелеутворення більше 4 хвилин.

2.3. Дослідження процесу одержання піни зі швидкотвердіючих складів

Час твердіння пін визначався таким самим методом як і час гелеутворення за винятком того, що після змішування компонентів ГУС (с додаванням 6% піноутворювача) проводили інтенсивне струшування (10 с) і піну протягом 5 с виливали на горизонтальну поверхню. Далі візуально

визначали час втрати текучості піни. Експеримент показав, що цей час був близьким до часу втрати текучості твердуючої суміші. Результати експерименту ілюструються рисунками 2.4-2.7.



Рис.2.4 Ілюстрація швидкотвердіючої піни

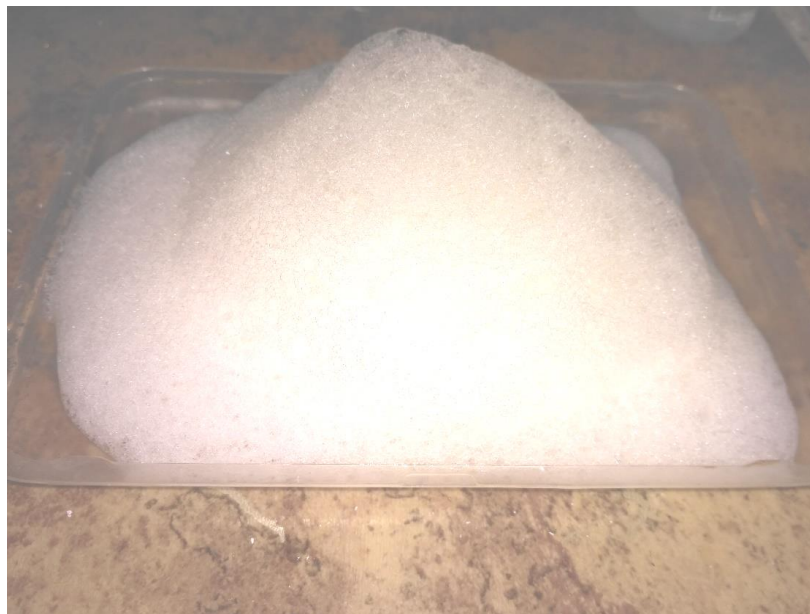


Рис.2.5 Ілюстрація швидкотвердіючої піни



Рис.2.6 Ілюстрація швидкотвердіючої піни в нахиленому стані

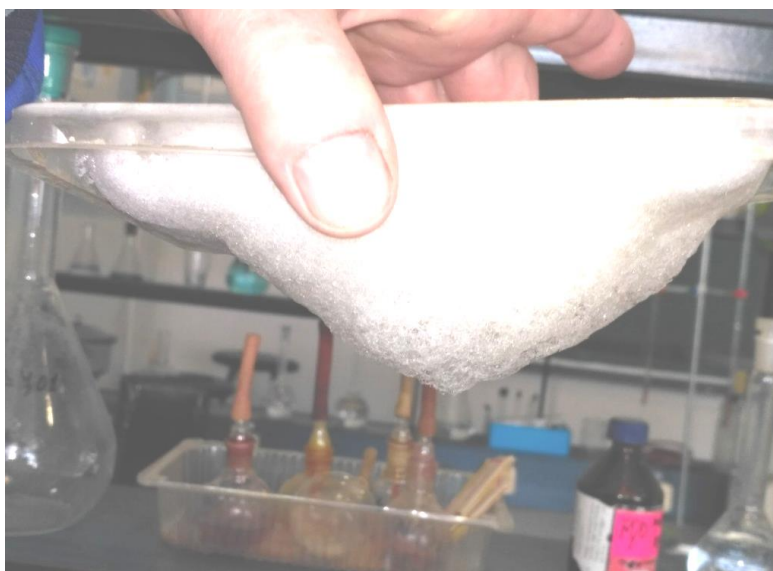


Рис.2.7 Ілюстрація швидкотвердіючої піни в переверненому стані

2.4. Висновки

1. Для забезпечення процесу твердіння запропоновано використовувати процес гелеутворення.
2. Підібрана система ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{ 2,7SiO}_2$) , які забезпечують час твердіння пін від 20 до 120 с.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДОЇ ПІНИ

3.1. Визначення кратності твердих пін

Кратність піни — відношення об'єму піни до об'єму робочого розчину піноутворювача, з якого вона утворилась.

Для утворення піни в пластиковому контейнері об'ємом 1000 мл перемішували 0,6 мл піноутворювача, 20 мл розчину для гелеутворення і 20 мл каталізатора гелеутворення. Після цього протягом 10с суміш енергійно струшували суміш і піну виливали на плоску горизонтальну пластикову пластину. Далі час твердіння піни було візуально визначено. Для досліджень була обрана система $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{SiO}_2$. Як піноутворювач використовувалися «Морський». Часи зміцнення піни були, як і час зміцнення суміші, 20–120 с відповідно.

Аналогічно визначали кратність отриманої піни. Для цього після струшування суміші розчинів у пластиковому контейнері, піна виливалася в градуюваний стаканчик і визначався обсяг піни. Кратність розраховувалася за співвідношенням:

$$K = V_{\text{п}} / V = 1000/40 = 25 \quad (3.1)$$

де $V_{\text{п}}$ - об'єм піни; V - об'єм рідини з якої утворилася піна.

Кратності піни для піноутворювачів «Морський», складала 25. На рис. 3.1 представлені основні етапи визначення кратності піни.



Рис.3.1 Дослідження кратності твердої піни

3.2. Дослідження стійкості піни

Стійкість – це здатність частинок дисперсної фази зберігати ступінь дисперсності незмінним. Вона пов'язана з надлишком вільної поверхневої енергії, яка визначається некомпенсованістю молекулярної взаємодії на межі поділу фаз. При відносно великих відстанях між частинками, поверхневі сили діють відокремлено і в дисперсійній системі є тиск.

При зближенні частинок утворюється тонкий шар між ними, тобто відбувається перекривання двох суміжних фазових ділянок і у шарі рідини виникає додатковий тиск порівняно з тиском об'ємної фази (розклинювальний тиск, Б.В. Дерягін). Це другий фактор, який визначає

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

стійкість дисперсних систем. Стійкі (ліофобні) дисперсні системи не утворюють агрегатів і не злипаються при зіткненні частинок дисперсної фази. При порушенні агрегативної стійкості утворюються агрегати, які в подальшому випадають в осад.

Стійкість визначає здатність дисперсних систем зберігати свій склад незмінним, тобто залишати концентрацію дисперсної фази і розподіл частинок за розмірами постійними у часі.

Визначили, що стійкість швидкотвердіючої піни складу NaH_2PO_4 (1\0,5) + $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,7\text{SiO}_2$ (1\1,5) становить більше 24 годин.



Рис. 3.1 Ілюстрація швидкотвердіючої піни



Рис. 3.2 Ілюстрація швидкотвердіючої піни через 24 години

3.3. Дослідження ізолюючих властивостей твердої піни

3.3.1. Дослідження випаровування бензола з вільної поверхні

Бензол — безбарвна, летка, вогненебезпечна рідина з характерним запахом. У воді практично не розчиняється. Горить дуже кіптявим полум'ям. Пара бензолу з повітрям утворює вибухову суміш. Рідкий бензол і пара бензолу отруйні. За звичайних умов більшість ароматичних вуглеводнів також являють собою безбарвні рідини, нерозчинні у воді, з характерним запахом[19].

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Швидкість випаровування рідин з вільної поверхні була визначена наступним чином: в ємність налили 365 мл бензолу, далі гравіметричним методом визначали втрату маси за 20 хвилин. Зважування здійснювалось за допомогою електронних ваг ТНВ 600, що забезпечують точність $\pm 0,01$ г. Виміри проводилися при температурі $(20 \pm 0,5)^\circ \text{C}$. Результати наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Результати випарування бензолу з вільної поверхні.

Час(хв)	Маса(г)
Початок експерименту	330,91
20	328,85

Втрату ваги визначаємо за формулою:

$$\Delta m_1 = m_0 - m_1 = 330,91 - 328,85 = 2,06 \text{ г} \quad (3.2)$$

m_0 – початкова маса бензолу;

m_1 – маса бензолу через 20 хв;



Рис. 3.3 Ілюстрація випарування бензолу з вільної поверхні

3.3.2. Дослідження випарування бензолу з швидкотвердіючою піною , товщиною 2 см

Описаним вище методом отримали піну. Далі нанесли її на поверхню сітки та поставили на ємність з бензолом. Швидкість випаровування бензолу з швидкотвердіючою піною , товщиною 2 см, визначали гравіметричним методом, розраховували втрату маси за 20 хвилин. Зважування здійснювалось за допомогою електронних ваг ТНВ 600, що забезпечують точність $\pm 0,01$ г. Виміри проводилися при температурі $(20 \pm 0,5)$ °С (рис.3.4.).

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата



Рис 3.4 Ілюстрація бензолу з швидкотвердіючою піною,
товщиною 2 см

- Маса бензолу з швидкотвердіючою піною, товщиною 2 см на початку експерименту становила 328,76 г.
- Маса бензолу з швидкотвердіючою піною, товщиною 2 см, через 20 хв експерименту становить 328,39 г.

Втрата маси по бензолу з швидкотвердіючою піною, товщиною 2 см, розраховується за формулою:

$$\Delta m_2 = m_0 - m_1 = 328,76 - 328,39 = 0,37 \text{ г} \quad (3.3)$$

m_0 – початкова маса бензолу без сітки

m_1 – маса бензолу без сітки через 20 хв

На підставі отриманих результатів був розрахований коефіцієнт уповільнення випаровування:

$$K = \Delta m_1 / \Delta m_2 = 2,03 / 0,37 = 5,5 \quad (3.4)$$

3.3.3. Дослідження випарування бензолу з швидкотвердіючою піною, товщиною 4 см

Описаним вище методом отримали піну. Швидкість випаровування бензолу з швидкотвердіючою піною, товщиною 4 см, визначали гравіметричним методом, розраховували втрату маси за 20 хвилин. Зважування здійснювалось за допомогою електронних ваг ТНВ 600, що забезпечують точність $\pm 0,01$ г. Виміри проводилися при температурі $(20 \pm 0,5)^\circ \text{C}$. (Рис.3.5).



Рис 3.5 Ілюстрація бензолу з швидкотвердіючою піною, товщиною 4 см

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

- Маса бензолу з швидкотвердіючою піною, товщиною 4 см на початку експерименту становила 327,97г.
- Маса бензолу з швидкотвердіючою піною, товщиною 4 см ,через 20 хв експерименту становить 327,73г.

Втрата маси по бензолу з швидкотвердіючою піною, товщиною 4 см, розраховується за формулою:

$$\Delta m_3 = m_0 - m_1 = 327,97\text{г} - 327,73\text{г} = 0,24\text{ г} \quad (3.5)$$

m_0 – початкова маса бензолу без сітки;

m_1 – маса бензолу без сітки через 20 хв;

На підставі отриманих результатів був розрахований коефіцієнт уповільнення випаровування:

$$K = \Delta m_1 / \Delta m_3 = 2,03 / 0,24 = 8,5 \quad (3.6)$$

3.4. Дослідження ізолюючих властивостей повітряно-механічної піни товщиною 4 см

Повітряно-механічна піна являє собою механічну суміш повітря, води і поверхнево-активної речовини, що знижує поверхневий натяг води (піноутворювача). Повітряно-механічна піна може бути звичайною, в якій міститься близько 90% повітря і 10% водного розчину піноутворювача (кратність піни до 12), і високократної, що містить 99% повітря, близько 1% води і 0,04% піноутворювача (кратність піни до 100 і більше)[20].

Піну отримали методом інтенсивного струшування піноутворювача «Морський» та води. Далі нанесли її на поверхню бензолу. Швидкість випаровування бензолу з повітряно-механічною піною товщиною 4 см,

визначали гравіметричним методом, розраховували втрату маси за 20 хвилин. Зважування здійснювалось за допомогою електронних ваг ТНВ 600, що забезпечують точність $\pm 0,01$ г. Виміри проводилися при температурі $(20 \pm 0,5)^\circ \text{C}$. (Рис.3.7).



Рис 3.7 Ілюстрація повітряно-механічної піни на поверхні бензолу, на початку експерименту

Маса бензолу з повітряно-механічною піною товщиною 4 см на початку експерименту становить 277,58 г.

- Маса бензолу з повітряно-механічною піною товщиною 4 см через 20 хв експерименту становить 276,23 г.

Втрата маси по бензолу з повітряно-механічною піною, товщиною 4 см, розраховується за формулою:

$$\Delta m_4 = m_0 - m_1 = 277,58 - 276,23 = 1,35 \text{ г} \quad (3.7)$$

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

m_0 – початкова маса бензолу з повітряно-механічною піною товщиною 4 см на початку експерименту;

m_1 – маса бензолу з повітряно-механічною піною товщиною 4 см через 20 хв експерименту;

На підставі отриманих результатів був розрахований коефіцієнт уповільнення випаровування:

$$K = \Delta m_1 / \Delta m_2 = 2,03/1,35 = 1,5 \quad (3.8)$$

Отже, для визначення кількісних характеристик ізолюючих властивостей швидкоотвердіючих пін був проведений ряд експериментів:

- випаровування бензолу з чистої поверхні;
- випаровування бензолу з швидкоотвердіючою піною;
- випарування бензолу з повітряно-механічною піною;

3.5. Розрахунок параметрів зони можливого ураження

Головною метою дипломної роботи є дослідження забезпечення ефективності локалізації надзвичайних ситуацій пов'язаних з випаруванням токсичних рідин за рахунок покращення ізолюючих властивостей і збільшення стійкості пін.

Щоб розглянути дані властивості на практиці необхідно провести розрахунок параметрів зони можливого ураження. Для цього можна скористатися “Методика прогнозування масштабів зараження сильнодействующими ядовитими веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте”.

Виявилось, що дана методика не підходить через недостатність даних, а саме:

- $k_1 = 0$ коефіцієнт який залежить від умов зберігання НХР;
- $k_3 = 0,01$ коефіцієнт який дорівнює відношенню порогової токсодози хлору допорогової токсодози іншого НХР;
- $k_5 = 0,08$ коефіцієнт враховуючий ступінь вертикальної стійкості атмосфери;
- $k_7 = 0,8$ коефіцієнт враховуючий вплив температури повітря швидкість випарювання та розповсюдження НХР;

Для того щоб розрахувати зону зараження без цих коефіцієнтів, було прийнято рішення використати сучасну програму ALOHA.

ALOHA - це програма моделювання небезпеки для програмного забезпечення CAMEO, яка широко використовується для планування і реагування на надзвичайні ситуації з хімічними речовинами.

ALOHA дозволяє вводити дані про реальний або потенційний викид хімічних речовин, а потім проводити оцінки зон загроз для різних типів небезпек. Може моделювати хмари отруйного газу, хмари горючого газу, BLEVE, реактивні пожежі, пожежі в басейнах і вибухи парових хмар.

Ключові особливості програми:

- мінімізує помилки введення даних шляхом перехресної перевірки вводяться значень та оповіщення користувача, якщо значення малоімовірно або фізично неможливо;
- містить власну хімічну бібліотеку з фізичними властивостями приблизно 1000 поширених небезпечних хімічних речовин, так що користувачам не доведеться вводити ці дані.
- обчислює, як швидко ОБ вивільнення з резервуарів, проток і газопроводів і прогнозує, наскільки ці показники випуску змінюються з плином часу;
- моделює різні сценарії викиду: хмари токсичного газу, BLEVE, реактивні пожежі, вибухи парових хмар і пожежі в басейнах;
- моделює розсіювання хімічних речовин на воді.

Ряд діалогових вікон пропонує користувачам ввести інформацію про сценарій:

- місце, дату і час;
- хімічна речовина;
- інформацію про погоду і місцевості;
- інформацію про розміри і тип обладнання;
- хімічний стан і температуру зберігання речовини;
- наповнюваність обладнання;
- тип відмови резервуара;
- вказати площу і тип витоку;
- висоту відкриття бака;
- параметри протоки (тип і температуру ґрунту, діаметр розливу);
- небезпека для загрози і токсичні рівні.

ALOHA може оцінити обсяг речовини, вивільненого в повітря в результаті руйнування резервуара. Програма розглядає цистерни, що містять гази під тиском, рідини притиску навколишнього повітря, гази, зріджені охолодженням, і гази, зріджені під тиском. ALOHA стосується тільки резервуарів, що містять одну хімічну речовину. У міру того, як матеріал звільняється з резервуара, ALOHA переоцінює умови в резервуарі і може при необхідності змінити розрахунок швидкості випуску. У цистернах, що містять рідини, точка виходу може бути вище рівня рідини, нижче рівня рідини або нарівні рідини [21].

Задача з розрахунку параметрів зони можливого ураження передбачена при аварія в наслідок якої перекинулася цистерна в якій знаходилося 50 м³ бензолу.

Для розрахунків приймаємо що, речовина витікає вільно через пробойну діаметром 0,5 м., площа розливу 160 м². Погода: температура повітря 15°C, швидкість вітру 1 м/с. Час доби - день, стан атмосфери інверсія.

Після введення даних програма видала наступний графік (рис 3.8).

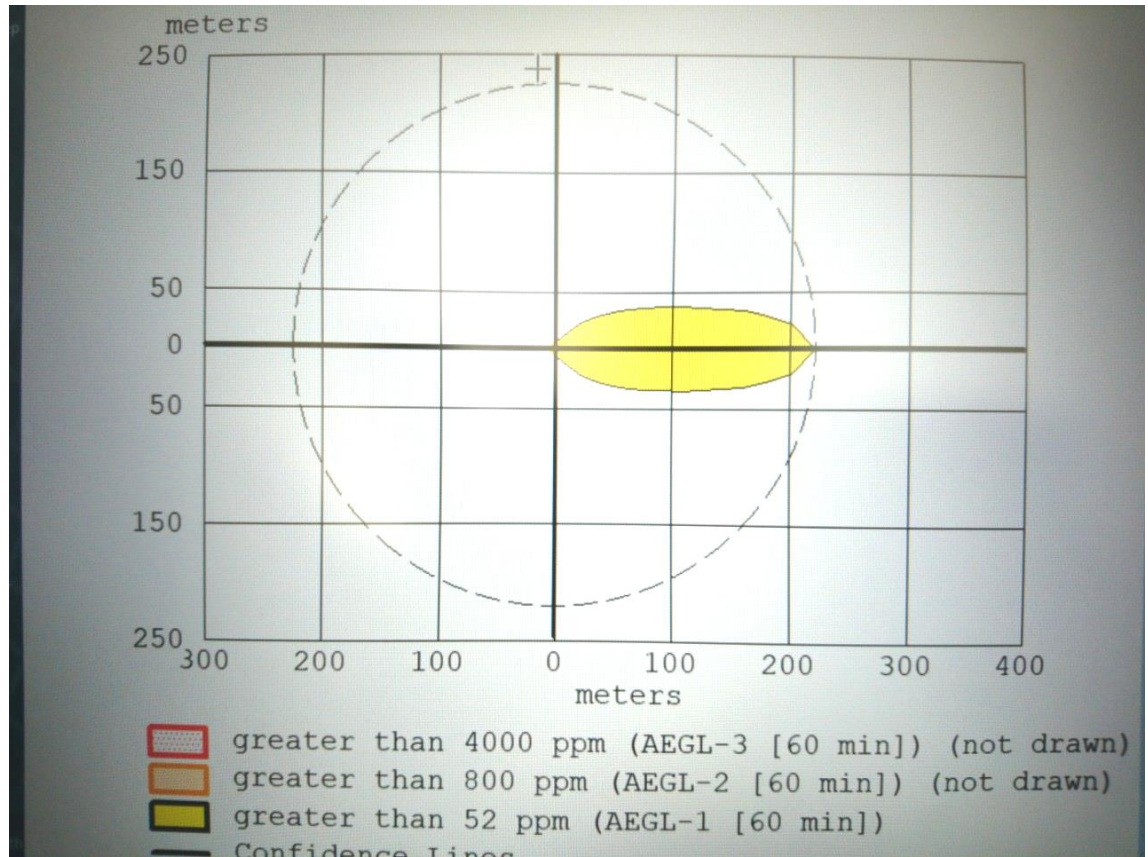


Рис.3.8. Зона зараження токсичними парами бензолу без урахування коефіцієнту уповільнення випаровування (К)

Далі перевіряємо ізолюючі властивості швидкоотвердіючої піни. Так як коефіцієнт уповільнення випаровування для швидкоотвердіючої піни перевищує 5 графік виглядав так (рис.3.9):

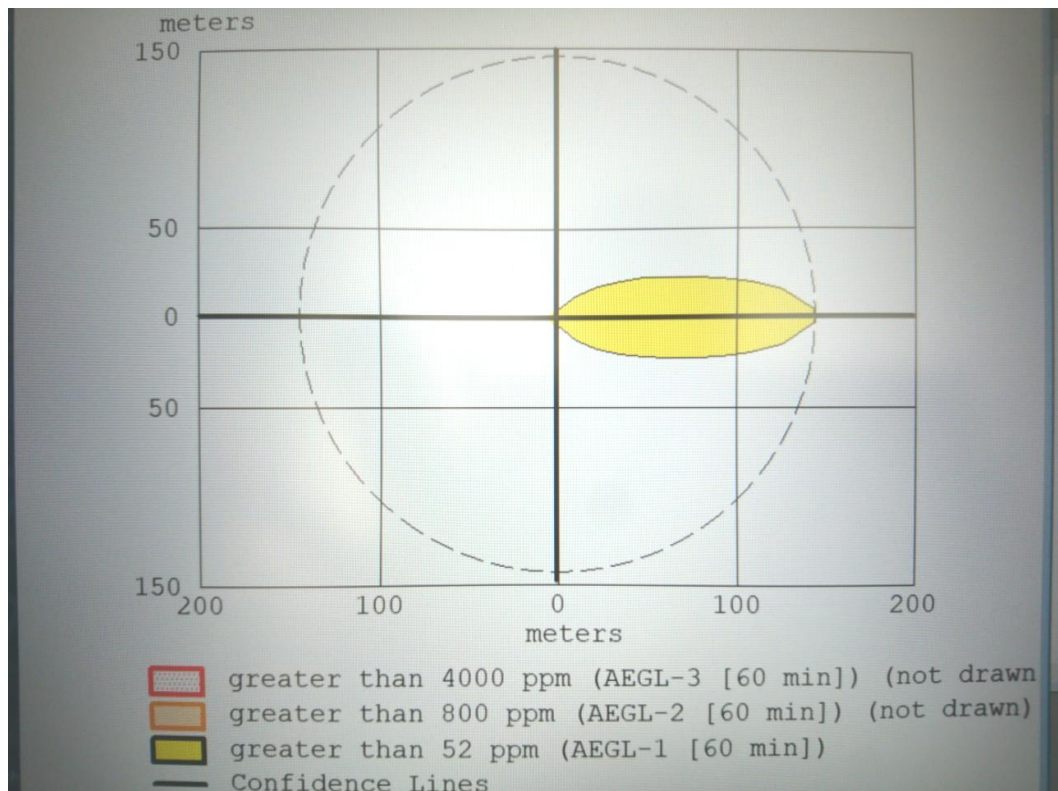


Рис.3.9.Зона зараження токсичними парами бензолу з урахування коефіцієнту уповільнення випаровування (К)

Під час проведення лабораторного експерименту було зроблено наступні висновки: коефіцієнту уповільнення випаровування для повітряно-механічної піни в 5-6 рази менше за коефіцієнт уповільнення випаровування швидкотвердіючої піни.

3.6. Висновки

1. Кратність швидкотвердіючої піни становить 25.
2. Час ізолюючої дії швидкотвердіючої піни досягає 24 години.
3. Коефіцієнт уповільнення випаровування для швидкотвердіючої піни товщиною 2 см становить 5,5; для товщини 4 см становить 8,5.
4. Коефіцієнт уповільнення випаровування для повітряно-механічної піни товщиною 4 см становить 1,5.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Основні поняття

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.

Охорона праці являє собою сукупність законів, нормативно-правових актів, а також комплекс різноманітних заходів та засобів, які забезпечують безпеку праці, збереження життя, здоров'я та працездатності людей при виконанні ними трудових обов'язків. [22].

Організація роботи щодо забезпечення безпеки праці в підрозділах МНС України здійснюється згідно із Законами України „Про охорону праці” та „Про пожежну безпеку”, відповідними нормативно-правовими актами України, нормативними документами МНС України, а також цими Правилами в обсязі та порядку, передбаченими для відповідних професій.

Законодавство України встановлює загальні гарантії права на безпечні та здорові умови праці, а також передбачає спеціальні гарантії для певних категорій, що зумовлено підвищеними вимогами охорони їх здоров'я. До таких категорій належать працівники, які працюють у шкідливих і небезпечних умовах праці, неповнолітні особи, жінки, особи з пониженою працездатністю тощо.

Відповідність умов трудового договору чинному законодавству про охорону праці повинна забезпечуватися і під час його реалізації. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів лабораторних установок, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються в

лабораторіях, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативно-правових актів з охорони праці [23].

Технологічними (інженерними) заходами й засобами охорони праці є застосування технічно досконалого та справного обладнання, інструментів і пристроїв, використання за призначенням досконалих засобів індивідуального захисту (ізолюючих костюмів, спецодягу, спецвзуття, засобів захисту органів дихання, рук, голови, обличчя, очей, органів слуху, засобів захисту від падіння з висоти тощо.) та ін.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають дослідження впливу виробничих факторів на людину та встановлення допустимих значень цих факторів на робочих місцях, визначення фактичних значень конкретних параметрів виробничих факторів на робочих місцях, а також визначення відповідності умов на робочих місцях вимогам нормативних документів [24].

Усі експериментальні дослідження проводилися в лабораторіях з використанням.

Похідних бензолу - хімічні сполуки, в яких водень у молекулі бензолу C_6H_6 частково або повністю замінено галогенами, нітро-, аміно-, окси-, гідрокси- тощо групами. Специфічні особливості шкідливої дії бензолу і його похідних:

- у разі виконання робіт з речовинами, віднесеними до канцерогенних (бензол) необхідно вжити запобіжних заходів;

- у разі виконання робіт з речовинами, які потребують спеціальних заходів щодо захисту шкіри та очей, суб'єкт господарювання повинен забезпечити працівників необхідним спецодягом, засобами захисту очей, а також не допускати перевищення граничнодопустимих рівнів забруднення шкіри такими речовинами;

- у разі виконання робіт з речовинами, які віднесені до промислових алергенів, потрібно забезпечити виконання заходів санітарно-гігієнічного та лікувально-профілактичного спрямування.

Небезпечність хімічної речовини - властивість хімічної речовини спричиняти шкідливий вплив на стан здоров'я людини і її нащадків.

Робота з хімічними речовинами - господарська діяльність, яка на будь-якому етапі виробництва передбачає виготовлення, застосування, оброблення, зберігання, транспортування, знешкодження, утилізацію хімічних речовин, а також утворення нових хімічних речовин в результаті перероблення і як побічних продуктів виробництва [25].

Тому потрібно: припливно-витяжна вентиляція в усіх приміщеннях вмикається за 30 хвилин до початку проведення робіт і вмикається після закінчення проведення робіт. При цьому спочатку вмикають витяжну вентиляцію, а потім припливну; вимикають навпаки - спочатку припливну, а потім витяжну. Роботи в лабораторії повинні проводитися тільки при справній вентиляції, необхідно передбачити автоматичне включення та блокування вентиляції. У разі виявлення будь-яких несправностей вентиляції працівник повинен повідомити про це керівника лабораторії, а також службу охорони праці; витяжні шафи, лабораторні та робочі столи у спеціальних приміщеннях (наприклад, кімнатах для робіт зі ртуттю) не повинні мати під робочою поверхнею ящиків і шаф .

Забороняється залишати без нагляду робоче місце, ввімкнені нагрівальні прилади і працююче лабораторне обладнання, перелік якого визначений інструкцією з охорони праці, виробничої санітарії і пожежної безпеки [26].

4.2. Основні вимоги безпеки праці перед початком роботи

- необхідно пройти інструктаж на робочому місці;
- отримати для виконання робіт спецодяг, засоби індивідуального захисту, інструмент, пристосування і перевірити їх ком плектність та цілість;

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

- виконуватися тільки в витяжній шафі з загальною системою вентиляції, яка працює з засобами індивідуального захисту.
- роботи з ЛЗР та ГР повинні виконуватись тільки у витяжній шафі, пристосованій для цієї роботи, у невеликих кількостях, при працюючій загальнообмінній вентиляції, вимкнених електроприладах і газових пальниках;
- при роботі необхідно застосовувати призначені засоби індивідуального захисту. Щоб уникнути травм не носити взуття на високому каблуці і ковзній підшві;
- вихід з лабораторії в спец. одягу заборонений;
- пити воду, зберігати і приймати їжу, користатися книгами, зберігати особисті речі дозволяється тільки в спеціально відведеному місці;
- усі реактиви повинні мати чіткі написи;
- судини з летучими речовинами повинні відкриватися в момент використання. Залишати відкритими забороняється;
- з хлором при роботі слід уникати розбризкування засобу та попадання його на шкіру та в очі;
- під час проведення всіх робіт із дезінфекції слід дотримуватись правил особистої гігієни, забороняється палити, пити і вживати їжу. Після роботи обличчя і руки слід вимити водою з милом;
- при роботі з рідким склом треба працювати в хлопково-паперовому халаті та резинових перчатках.

4.4. Заходи безпеки по закінченню роботи

- Припинення робіт визначається відповідною усною командою або сигналом керівника робіт (старшого).

- При відході з місця робіт усі з якихось причин не витрачені хімічні речовини слід здати на польовий видатковий склад, засоби, не придатні для подальшого використання, знищуються на місці робіт.
- По закінченні робіт призначений на даний робочий день керівник робіт підводить підсумки, де вказує на помилки при виконанні робіт.
- Особовий склад, який брав участь у проведенні робіт, повинен ретельно вимити руки та обличчя теплою або холодною водою з милом, при можливості прийняти душ [26].

4.5. Висновки до розділу

1. Виконання вимог правил безпеки в лабораторіях при роботі з хімічно небезпечними речовинами згідно наказу МНС України.
2. Дотримання правил безпеки при роботі з ЛЗР і ГР здійснюється лише за вимогами охорони праці.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що повітряно-механічні піни не ефективні як ізолюючий засіб для рідких токсичних речовин.
2. Запропоновано для цілей ізоляції поверхні рідин використовувати швидкотвердіючі піни.
3. Підібрано систему ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$), яка забезпечує час твердіння пін від 20 с до 120 с.
4. Для забезпечення процесу твердіння запропоновано використовувати процес гелеутворення.
5. Коефіцієнт уповільнення випарування для піни товщиною 2 см складає 5,5, а для товщини шару 4 досягає 8,5.
6. Для одержання швидкотвердіючих пін використовуються речовини третього класу небезпеки.
7. Експериментально визначено кратність твердих пін, які одержано з піноутворювачами «Морської».
8. Ізолюючі властивості та стійкість швидкотвердіючої піни порівняно з повітряно-механічною піною більша.
9. Коефіцієнт уповільнення випаровування для повітряно-механічної піни в 5-6 рази менше за коефіцієнт уповільнення випаровування швидкотвердіючої піни.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році.
2. Пожежогашіння та аварійно-рятувальні роботи. Довідник / За загальною редакцією Назарова О.О., Кулешова М.М. Х.: АЦЗУ, 2006. 376 с.
3. Аварії на радіаційно, хімічно та біологічно небезпечних об'єктах. Довідник / Грек А.М., Сакун О.В., Григорєв О.М. та ін. Х.: ФВП НТУ «ХП», 2012. – 172 с.
4. Безпека потенційно небезпечних технологій та виробництв: курс лекцій. Для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-кваліфікаційний рівень – «бакалавр» / Укладач Н.І. Коровникова. – Х.: НУЦЗУ, 2016. – 234 с.
5. Методика прогнозування масштабів зараження сильнодіючими отруйними речовинами при аваріях (руйнуваннях) на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті (РД52.04.253-90), Держгідромет СРСР, 1991 р., Москва.
6. Наказ № 57513.03.2012 Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.
7. Колоїдна хімія: підручник\ М.О. Мchedлов-Петросян, В.І Лебедь, О.М. Глазков, О.В. Лебідь; за ред. Проф. М.О. Мchedлова-Петросяна,- 2-ге вид, випр, і доп, - Х.: ХНУ імені В.Н Каразіна, 2012.- 500с
8. Дикань С.А., Зима О.Є. Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях , Університетський курс. — Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. — 273 сторони.
9. Пат. № 1349758 (СССР). Спосіб тушення пожеги розлившейся горючей жидкості/ Е.Н. Понимасов, В.Е. Малейкин, И.М. Абдурагимов, Л.К. Исаева, И.Р. Бештев; №3892516; заяв. 12.05.85; опубл. 07.07.87.
10. Аварійно-рятувальні роботи з радіаційного та хімічного захисту. Курс лекцій / І.М. Грицина, Ю.О. Куліш, В.В. Тригуб. – Х.: НУЦЗУ, 2013.–

132 с.

11. Тихомиров В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. — М.: Химия, 1983.

12. Клименко А.О., Мельник М.В., Павлюк В.М., та ін. Навчально-методичний посібник з фізичної та колоїдної хімії для студентів вищих медичних навчальних закладів. – Івано-Франківськ, 2004, – 172 с.

13. А.І. Костржицький - Фізична та колоїдна хімія

14. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. – Л. : Химия, 1974. – 352 с.

15. Кіреєв О.О. Вогнезахисті властивості силікатних гелеутворюючих систем / О.О. Кіреєв // Науковий вісник будівництва. – 2006. – Вип. 37. – С. 188–192.

16. Абдурагимов И.М. Прорывные технологии пожаротушения / И.М. Абдурагимов // Лесной комплекс Сибири .- 2015.- № 5.- С. 80-85.

17. Пат.837551 СССР, Жидкая самотвердеющая смесь. Молочкина Д.И. . – №837551; заявл. 12.04.1979; опубл. 15.06.1981, Бюл. №22.

18. Абрамов Ю.А. Гелеобразующие огнетушащие и огнезащитные средства повышенной эффективности применительно к пожарам класса А / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев. – Харьков.: НУГЗУ, 2015. – 254 с.

19. Кіреєв О.О. Вогнезахисті властивості силікатних гелеутворюючих систем / О.О. Кіреєв // Науковий вісник будівництва. – 2006. – Вип. 37. – С. 188–192.

20. Дадашов И.Ф. Моделирование изолирующих свойств гелеобразного слоя по отношению к парам горючих / И.Ф. Дадашов, А.А. Киреев, А.Я Шаршанов, А.А. Чернуха // Проблемы пожарной безопасности. – 2016. – Вып.40. – С.78-83.

21. <https://ppt-online.org/425212>

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

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

24. Безпека праці: Монографія / Д. В. Зеркалов. – Електрон. дані. – К. : Основа, 2012. – 1 електрон.

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

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

					НУЦЗУ.2.15-66.СХ та ХТ РПЗ-06	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		59