

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: «Розробка ізолюючих засобів локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом токсичних рідин на основі гелеутворюючих систем»

Виконав: здобувач вищої освіти 2
курсу за другим (магістерським)
рівнем вищої освіти,
групи МХТк-19-222
галузь знань (освітньо-професійної
програми)

16 «Хімічна та біоінженерія»,
(«Радіаційний та хімічний захист»)

Валерія ЛЄЦОВА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: Олександр КІРСЄВ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент: Олександр САВЧЕНКО

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Харків - 2021 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник кафедри СХ та ХТ

Олена ТАРАХНО
“ ” 2021 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Лешової Валерії Андріївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка ізолюючих засобів локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом токсичних рідин на основі гелеутворюючих систем»
керівник роботи Кірсев Олександр Олександрович, професор, д.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом НУЦЗУ України від “ 15 ” жовтня 2020 року №152
2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи: 28.01.2021 року
3. Вихідні дані до роботи: амоній хлорид 4,1%, (NH₄Cl) рідке скло 4,5%, (Na₂O · n SiO₂) піноутворювач «Морський» 6%, інше вода (H₂O).
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз небезпек, пов'язаних з рідкими токсичними речовинами та методів локалізації, та ліквідації надзвичайних ситуації пов'язаних з розливом токсичних рідин; технології одержання швидкоотвердуючих пін з високими ізолюючими властивостями; дослідження властивостей твердої піни; розрахунок параметрів зони можливого ураження ; охорона праці; економічний аналіз застосування ізолюючих властивостей швидкоотвердуючих пін; висновки.

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

Мета роботи; актуальність даної роботи; для забезпечення процесу твердіння запропоновано використовувати процес гелеутворення; рівні та інтервали варіювання діючих факторів, які підлягають дослідженню; матриця планування двофакторного експерименту; ілюстрація отриманої швидкоотвердуючої піни системи з піноутворювачем; досліджено стійкість твердої піни системи з піноутворювачем; загальні результати досліджень; висновки.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання роботи	Примітка
1	Підбір джерел інформації, обґрунтування вибору дослідницьких методик		
2	Складання плану дипломної роботи		
3	Аналітичний огляд джерел інформації		
4	Аналіз масштабних аварій пов'язаних з небезпечними хімічними речовинами		
5	Обрання гелеутворюючої системи для отримання швидкотвердаючої піни		
6	Визначення стійкості швидкотвердіючої піни		
7	Дослідження ізолюючих властивостей швидкотвердіючої піни		
8	Підготовка розділу з охорони праці		
9	Підготовка розділу з економічними розрахунками		
10	Оформлення звіту про виконання дипломної роботи, підготовка презентації для захисту		
11	Відправлення дипломної роботи на рецензування		
12	Представлення завершеної дипломної роботи на допуск до захисту		
13	Захист дипломної роботи		

Здобувач вищої освіти _____ Валерія ЛЄЦОВА
 (підпис) (Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____ Олександр КІРЄЄВ
 (підпис) (Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Звіт про КР 92 с., 26 рис., 9 табл., 48 джерел, 17 додатки.

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

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

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.

Показано, що повітряно-механічна піна недостатньо ефективна як ізолюючий засіб для рідких токсичних речовин. Як альтернатива повітряно-механічної піни запропоновано використовувати швидко твердіючі піни. Для забезпечення процесу затвердіння піни пропонується використовувати процес гелеутворення. В якості гелеутворюючої системи обрано систему $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$. Для цієї системи було експериментально визначено залежність часу втрати текучості від концентрації компонентів системи. Для практичного застосування було обрано гелеутворюючу систему з наступними концентраціями компонентів $\text{NH}_4\text{Cl} - 4.1\%$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 - 4.5\%$. Для цієї системи час втрати текучості склав 45 с.

Піна, що одержана за допомогою обраної гелеутворюючої системи в разі використання її піноутворювача «Морський» (6%) мала наступні характеристики:

Кратність 9,2, стійкість більше за 12 годин, коефіцієнт уповільнення випарування для піни товщиною 2 см – 7.9 і для товщини шару 4 см досягає 8,5.

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

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		4

ABSTRACT

QP report: 92 pages, 26 figures, 9 tables, 48 sources, 17 appendices.

Keywords: air-mechanical foam, ammonium chloride, carboxymethylcellulose, chemically hazardous objects, civil protection, fast-curing foams, foaming agent, gelation time, gel-forming system, hazardous chemical, persistence retardation coefficient, surfactants.

Object of research: fast-curing foam system ($\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{SiO}_2$).

Purpose: to ensure the effectiveness of localization of emergencies associated with the evaporation of toxic liquids by improving the insulating properties and increasing the stability of foams.

Summary of work and conclusions

It is shown that air-mechanical foam is not effective enough as an insulating agent for liquid toxic substances. It is proposed to use fast-curing foam as an alternative to air-mechanical foam. To ensure the curing process of the foam, it is proposed to use the gelation process. The system ($\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot n \text{SiO}_2$) was chosen as the gelling system. The dependence of the time of loss of fluidity on the concentration of system components for this system was experimentally determined. A gelling system with the following concentrations of components $\text{NH}_4\text{Cl} - 4.1\%$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 - 4.5\%$ was selected for practical use. The loss of fluidity for this system was 45 s.

The foam obtained with the help of the chosen gel-forming system in the case of using it with the foaming agent "Sea" (6%) had the following characteristics:

multiplicity of 25, stability of more than 12 hours, the evaporation rate for foam with a thickness of 2 cm - 7.9 and for a layer thickness of 4 cm - 8.5.

Scope: civil protection, localization of emergencies related to the evaporation of liquid toxic substances.

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
Изм	Лист	Подп.	№ докум	Дата		5

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1.	13
АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕК, ПОВ'ЯЗАННИХ З РІДКИМИ ТОКСИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ ТА МЕТОДІВ ЛОКАЛІЗАЦІЇ, ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЇ ПОВ'ЯЗАНИХ З РОЗЛИВОМ ТОКСИЧНИХ РІДИН	13
1.1. Аналіз небезпек пов'язаних з аваріями на об'єктах з присутністю рідких токсичних речовин	13
1.2. Аналіз крупних аварій з небезпечними хімічними речовинами	15
1.3. Класифікація небезпечних хімічних речовин та вплив токсичності на організм людини	23
1.4. Сучасні методи локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій пов'язаних з розливом токсичних рідин	28
1.5. Висновки	32
РОЗДІЛ 2.	33
ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ШВИДКОТВЕРДІЮЧИХ ПІН З ВИСОКИМИ ІЗОЛЮЮЧИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	33
2.1. Обґрунтування вибору ізолюючого засобу підвищеної ефективності для локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом токсичних рідин	33
2.2. Підбір умов твердіння пін з заданим часом твердіння	33
2.3. Вибір методики дослідження	35
2.4. Дослідження часу утворення гелю	38
2.5. Дослідження процесу твердіння піни	49

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Розробка ізолюючих засобів локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом токсичних рідин на основі гелеутворюючих систем	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Розробила		Лещова В.А.						
Перевірила		Кіресв О.О.					6	92
Н.контр.		Скородумова О.Б.				МХТк-19-222		
Затверд.		Тарахно О.В.						

2.6. Висновки	51
РОЗДІЛ 3.	52
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДОЇ ПІНИ	52
3.1. Визначення кратності твердих пін	52
3.2. Дослідження стійкості піни	53
3.3. Дослідження ізолюючих властивостей твердої піни	55
3.3.1. Дослідження випаровування бензену з вільної поверхні	55
3.3.2. Дослідження ізолюючих властивостей повітряно-механічної піни товщиною 4 см	57
3.3.3. Дослідження випарування бензену з швидкотвердіючою піною на основі гелеутворюючої системи дигідрофосфат натрія + рідке скло, товщиною 4 см	58
3.3.4. Дослідження випарування бензену з швидкотвердіючою піною на основі гелеутворюючої системи амоній хлорид + рідке скло, товщиною 2 см	60
3.3.5. Дослідження випарування бензену з швидкотвердіючою піною на основі гелеутворюючої системи амоній хлорид + рідке скло, товщиною 4 см	61
3.4. Висновки	63
РОЗДІЛ 4.	64
РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЗОНИ МОЖЛИВОГО УРАЖЕННЯ	64
4.1. Визначення зони ураження токсичними парами	64
4.2. Висновки	67
РОЗДІЛ 5.	68
ОХОРОНА ПРАЦІ	68
5.1. Основні поняття	68
5.2. Вимоги з охорони праці при роботі в лабораторних приміщеннях вищих навчальних закладів ДСНС України	70
5.3. Основні вимоги безпеки праці перед початком роботи	72
5.4. Основні вимоги безпеки праці під час проведення робіт	73

5.5. Заходи безпеки в лабораторії	74
5.6. Заходи безпеки по закінченню роботи	75
5.7. Пожежовибухонебезпека бензену	75
5.8. Зберігання піноутворювача	76
5.9. Висновки	77
РОЗДІЛ 6.	79
ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІЗОЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШВИДКОТВЕРДІЮЧИХ ПІН	79
6.1. Розрахунок можливого екологічного збитку від застосування ГУС	79
6.2. Висновки	86
ВИСНОВКИ	87
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	88

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АХНР - аварійно хімічно небезпечна речовина

БХНР - бойова хімічна небезпечна речовина

ДСНС - державна служба надзвичайної ситуації

ГДК - гранично-допустима концентрація

ГДК м.р. - гранично-допустима концентрація максимальна разова

ГУС - гелеутворююча система

НС - надзвичайна ситуація

НХР - небезпечна хімічна речовина

РНО - радіаційно небезпечний об'єкт

СДОР - сильнодіюча отруйна речовина

ССК - середня смертельна концентрація

ХНО - хімічно небезпечний об'єкт

ЦЗ - цивільний захист

ПУ - піноутворювач

ПДХНР - постійно діюча хімічна небезпечна речовина

ПМП - повітряно-механічна піна

ПАР - поверхнево активна речовина

ШТП - швидкотвердіюча піна

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
						9
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Вступ

В Україні існують значні території з несприятливим природним впливом та схильністю до проявів небезпечних природних явищ підсилює гостроту проблеми щодо вивчення стану техногенної та природної безпеки, а також необхідність пошуку шляхів його покращення.

Всього в Україні функціонує 1030 об'єктів, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності 423,07 тис. тонн небезпечних хімічних речовин, у тому числі 5,07 тис. тонн хлору, 205,76 тис. тонн аміаку та 106,36 тис. тонн інших небезпечних хімічних речовин.

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

I ступінь хімічної безпеки – 75 об'єктів;

II ступінь хімічної безпеки – 138 об'єктів;

III ступінь хімічної безпеки – 189 об'єктів;

IV ступінь хімічної безпеки – 657 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 таких об'єктів; високий рівень сировинної та енергоємної продукції; застарілі технології та низький рівень їх прогресивного використання; амортизація основних засобів підприємств; 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,

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

нафтопереробної промисловості, склади нафти і нафтопродуктів, об'єкти енергетики, виробництва з обертанням пилу 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.

Головними факторами проведення оцінки рівня хімічної безпеки у сфері обігу, використання та утилізації НХР, що використовуються в сільському господарстві, є великі обсяги виробництва сільгосппродукції з використанням засобів захисту рослин, а також вільний доступ населення до певних хімічних речовин, що підвищує вірогідність їх неконтрольованого витоку та можливості подвійного застосування [3].

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 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.

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.

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
						12
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ НЕБЕЗПЕК ПОВ'ЯЗАНИХ З РІДКИМИ ТОКСИЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ ТА МЕТОДІВ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЇ ПОВ'ЯЗАНИХ З РОЗЛИВОМ ТОКСИЧНИХ РІДИН

1.1. Аналіз небезпек пов'язаних з аваріями на об'єктах з присутністю рідких токсичних речовин

На території України є близько 1,5 тис. хімічно небезпечних об'єктів (ХНО), в зонах їх розміщення проживає понад 40 млн. чоловік.

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

За останні п'ять років в світі сталося більше 100 великих аварій на хімічно небезпечних об'єктах. Аналіз основних причин аварій, що сталися на ХНО, дозволив виділити наступні взаємопов'язані групи НС, викликані: - відмовами (неполадками) обладнання (21%); - помилковими діями персоналу (38%); - зовнішніми впливами природного і техногенного характеру (4%). - розгерметизація (розрив) сховища (37%) (рис.1.1).

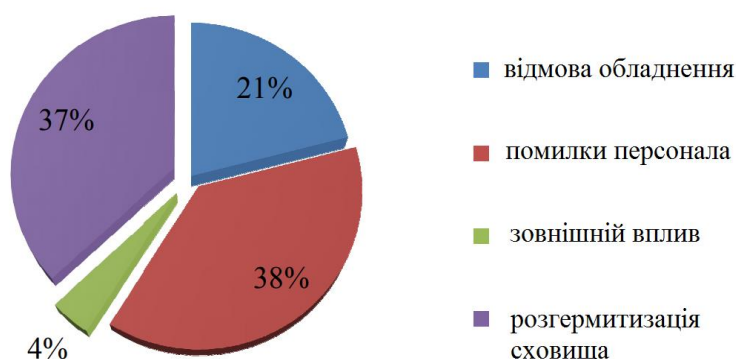


Рис.1.1 Характер аварій на хімічних небезпечні підприємства.

Аналіз рис.1.1 показав, що найсуттєвішою причиною аварій залишається людський фактор, а саме помилка персоналу. Однак поряд з цим вагомою причиною виникнення надзвичайних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах є розгерметизація різних ємностей для зберігання хімічно небезпечних речовин [4], що призводить до великих розмірів зони уражень і, як наслідок, значних людських жертв.

Всього за останні сто років в світі виникло більше 70 масштабних аварій з викидом хімічно небезпечно речовин. Результати аналізу таких аварій по рокам представлені на рис.1.2.

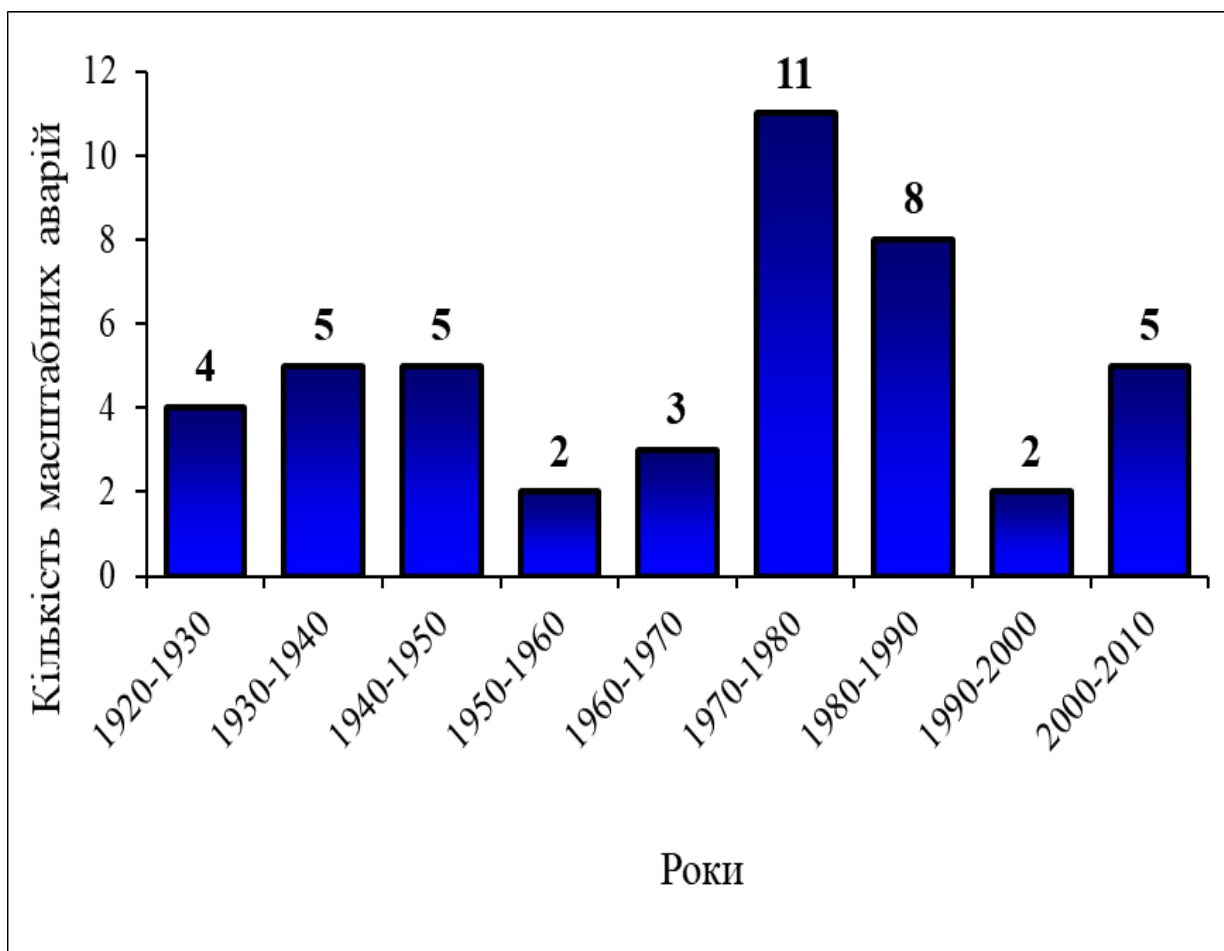


Рис.1.2 Аварії, пов'язані з хімічними речовинами за 1920-2010 роки.

Аналіз рис.1.2 показав, що за останні сто років в світі найбільша кількість аварій було у 1970-1980 роках. Це пояснюється швидким

зростанням хімічної промисловості у світі, при цьому розробка нових ефективних заходів безпеки не встигала за темпом індустріалізації. В ці же роки спостерігається найбільша кількість загиблих при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах.

Хімічна промисловість є однією з найважливішою (галузю) промисловістю України. Використання складних технологічних процесів та великої кількості небезпечних хімічних речовин обумовлює високі ризики виникнення аварій та надзвичайних ситуацій, які можуть супроводжуватися викидами в атмосферу аварійно хімічно небезпечних речовин (АХНР) [5].

1.2. Аналіз крупних аварій з небезпечними хімічними речовинами

В якості характерних прикладів розглянемо наступні аварії:

1. Вибух і пожежа на хімічному заводі в Фліксборо 1974 року

Величезною сили вибух 1 червня 1974 року в 16 годин 53 хвилини струсонув завод і його околиці. Вибухова хвиля, подібно смерчу, прокотилася по навколишніх містечках і селах, зриваючи з будинків дахи, вибиваючи вікна і двері, завдаючи каліцтва людям. Над заводом замайорів величезний вогненна куля. Полум'я охопило виробничі споруди. Вибуху передувала виробнича аварія на установці 25А, на якій здійснювався процес окислення циклогексану. Отриманий в результаті окислення циклогексаном відокремлювався методом дистиляції, а не вступивши в реакцію циклогексан повертався в реактор на повторний цикл. Процес окислення одночасно проходив в технологічному ланцюгу із шести реакторів місткістю кожен по 45 тисяч літрів при тиску 9 атмосфер і температурі 155 градусів.

Реактори були виконані з м'якої сталі товщиною 13 міліметрів і покриті зсередини, щоб уникнути корозії, нержавіючої сталлю товщиною 3 міліметри. Зовні кожен реактор мав термоізоляційне покриття. У процесі роботи в одному з реакторів була виявлена несправність, що заважала його демонтажу. У технологічному ланцюжку установки залишилося п'ять

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		15

реакторів. Замість демонтажного реактора проклали тимчасовий трубопровід, приєднаний фланцями до сусідніх реакторів. Таким чином, послідовний ланцюг реакторів окислення циклогексану була порушена, але вона продовжувала функціонувати по ненадійною схемою, що, однак, не викликало занепокоєння і тривоги у адміністрації та інженерного складу заводу. Тимчасовий трубопровід не був випробуваний відповідно до технічних вимог і виконаний на швидку руку.

В результаті під час роботи реакторів труба деформувалася, стався її розрив і через тріщину, що утворилася з великим шумом став виділятися киплячий в реакторах циклогексан. Навряд чи на заводі був хоча б одна людина, який не знав про небезпеку, яку представляє собою ця легкозаймиста рідина. Циклогексан має велику теплотворну здатність, у відкритій ємності над її поверхнею утворюються пари, які спалахують від відкритих джерел вогню при температурі -18°C , а нагріта до 260°C рідина запалюється навіть без наявності зовнішніх джерел запалювання. У суміші з повітрям, пари циклогексану здатні утворювати вибухонебезпечну концентрацію.

Температурні межі запалення пароповітряних сумішей циклогексана коливаються від -18°C до $+20^{\circ}\text{C}$. Робочі і співробітники заводської лабораторії, зреагувавши на виникнення можливого вибуху, швидко вибігли з приміщень і кинулися подалі від небезпечного місця. Черговий персонал не вжив жодних заходів, щоб ліквідувати витік циклогексана і запобігти вибуху, хоча для цього було достатньо часу: виділення нагрітого продукту тривало 45 хвилин.

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
						16
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		



Рис.1.3 Завод у Фліксборо, Великобританія, 1 червня 1974 року

Через 45 хвилин після аварії в реакторі, стався потужний вибух. За силою він був еквівалентний дії 45-тонного заряду тротилу, якби він був підірваний на висоті 45 метрів від землі. В результаті вибуху спалахнула пожежа, основне вогнище якого охопила площу 180 x 250 метрів. Ізольовані вогнища горіння виникли у багатьох інших місцях великій території заводу. Над виробничими будівлями піднявся парус полум'я заввишки більше 100 метрів. Палали будівлі цехів, зруйновані технологічні установки, горіли деформовані металеві резервуари.

На щастя, катастрофа вибухнула в суботній день, коли на заводі знаходився тільки черговий персонал, який спостерігає за технологічним процесом.

Роботи з охолодження пошкоджених конструкцій та розбирання завалів тривали до 20 червня. Всього в операції з гасіння пожежі та ліквідації брали участь 250 пожежників [6].

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

2. 1 лютого 1988 на перегоні "Приволжжя - пугач" під Ярославлем сталася аварія вантажного поїзда, який перевозив сильнодіючі отруйні речовини (СДОР). З рейок зійшли 7 вагонів, в тому числі 3 цистерни з гептилом (НХР першого класу токсичності). Причина аварії - розблокування стрілки через падіння на неї зруйнованого буфера. При падінні з залізничного насипу у одній з цистерн відкрилася кришка люка і вилилося близько 750 літрів АХНРа, зібрано назад в ємності 450 літрів. Утворився осередок хімічного зараження площею близько 5000 м². Під загрозою ураження опинилися 3 тисячі людей. Городян евакуювали із зони можливого зараження і розмістили в клубі "Гігант" і в Палаці культури імені Добриніна.

Взагалі у всіх роботах по ліквідації аварії були задіяні 1171 людина. Осередок засипали спеціально підготовленої речовиною. Потім ґрунт зрізали, вивезли і поховали. Тим часом фахівці проводили розвідку по визначенню площі розтікання і глибини проникнення гептилу в насип. Обсяг сильно зараженої ґрунту, де рівень гептилу досягав 20 грамів на 1 кілограм ґрунту, склав 150 кубічних метрів. 3 лютого приступили до робіт з виїмки ґрунту. В цей день було вивезено в Ростовський район і спалено 100 кубометрів слабо зараженого ґрунту. Але весь ґрунт вивезти в Ростовський район не вдалося - збунтувалися жителі сусідніх сіл і не дали спалювати ґрунт в діючому кар'єрі.

Весь інший сильно заражений ґрунт вивезли в Гаврилов-Ямський район. Причому возили вже не днем, а під покривом нічної темряви, щоб не викликати обурення сільських жителів.

Вивезли землю в два місця. Одне з них розташовується в двох км на північний схід від села Троїцького, а друге - в двох км на південний захід від цього ж села. Вчені запропонували знезаражувати гептил термічним способом - спалюванням ґрунту в гасі. Концентрація гептилу в ґрунті, вивезених в Ростовський район, була після однократного спалювання нижче гранично допустимого рівня.

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		18

Складніше виявився процес спалювання сильно зараженої ґрунту в Гаврилов-Ямському районі. Спалювання відбувалося повільно через відсутність спеціальних печей. Ґрунт спалювали кілька разів, але навіть після багаторазових спалювання зміст гептилу перевищувало ГДК. Спалений ґрунт поховали в могильнику на південний захід від села Троїцького. Була вирита траншея 21 x 3 x 1,5 метра. По всьому профілю траншеї була прокладена поліетиленова плівка в два шари.

В наслідок витікання хімічної небезпечної речовини постраждало 58 осіб, які отруїлися гептилом. Але отруєні були не тільки люди, а й земля. Місця для спалювання ґрунту визначалися в поспіху, в області адже немає спеціального заводу для переробки відходів. На відновлювальні роботи було потрібно майже 18 діб [7].

3. 10 липня 1976 р о 12:40 в м. Севезо з труб хімічного комбінату «ICMESA», що виробляє різні хімічні речовини (в основному ароматичні сполуки), при вибуху робочого котла стався викид отруйної хмари, в якому було близько двох кілограмів діоксину, внаслідок чого відбулося тотальне забруднення 1500 га густо населеної місцевості. Світ обійшла страшна фотографія дівчинки, яка була отруєною, але залишилася живою (рис.1.5). Її обличчя було закрито марлею, бо шкіра на обличчі облізла повністю.



Рис.1.4 Фотографія дівчинки, яка була отруєною, але залишилася живою

Після аварії місто протягом 16 місяців було безлюдним. Причиною аварії послужило порушення технологічного процесу. В результаті в реакторі почалася неконтрольована реакція, підвищилися температура і тиск, відбулося спрацювання запобіжного розривного диска печі і витік вмісту реактора в атмосферу, в тому числі діоксину.

Витік тривав протягом двох-трьох хвилин, після чого утворилася біла хмара, за формою нагадує перевернутий конус. Хмара стала поширюватися за вітром на південний схід, розтягнулася на відстань приблизно дев'ять км. та нависла над містом, областю Бріанза і п'ятьма муніципалітетами Ломбардського регіону провінції Мілан.

У перший момент після викиду вмісту реактора фахівці заводу порахували, що сталася невелика аварія. В цей же день, о 17:45, офіційні представники заводу інформували мера, керівника охорони здоров'я і поліцію м. Меду про вихід гербіцидних парів на заводі, що містять трихлорфенол (про існування діоксину не було відомо і тому не згадано).

Було запропоновано проінформувати про це населення і утриматися від вживання овочів і фруктів з місцевих земельних ділянок. На наступний день такі ж рекомендації були передані муніципалітету м. Севезо щодо людей, які проживають безпосередньо поблизу заводу. Тільки 19 липня хімічна лабораторія в Швейцарії визначила присутність діоксину в надісланих зразках з м. Севезо і повідомила про це владу міністрів зараженого регіону, в тому числі міністра охорони здоров'я провінції Ломбардія.

Район ураження був розділений на 3 зони: із зони "А" (80,3 га, щільність зараження 580 мкг / м²) було евакуйовано все населення протягом 19 днів, з зон "В" і "С" (сумарна площа 296,4 га; щільність зараження 3 і 0,9 мкг / м² відповідно) - діти та вагітні жінки.

Сотні людей отруїлися і потрапили до лікарень. Їх шкіра покрилася екземою, виразками і опіками, їх мучили блювота, шлункові коліки і розлади. У вагітних жінок, які зазнали впливу хімічних речовин, спостерігався високий відсоток викидів. Серед населення всіх зон в подальшому виявлено

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		20

187 випадків хлоракне (специфічного для впливу діоксину захворювання), з них 9 - у важкій формі.

Тварини гинули в основному від хімічних опіків кінцівок або дихальних шляхів. Відзначається, що дрібні тварини гинули швидше великих: в першу чергу гинули кролики, пізніше – коні (рис.1.5). Ліквідація наслідків аварії тривала більше року [8].



Рис.1.5 Фотографія отруєної худоби

4. Аварія в Бхопалі 1984р.

Трагедія сталася тоді, коли ніхто не був готовий до екстрених дій, і люди мирно спали в своїх будинках, - вночі, з 2 на 3 грудня 1984 року. Отруйний газ вирвався з резервуара назовні і важкої хмарою навис над містом. Вже за лічені хвилини люди почали прокидатися від задущливого кашлю. Концентрація отруйного газу в повітрі була настільки високою, що жителі міста вмирали в перші ж години після вибуху. Не розуміючи, що відбувається, вони виходили на вулиці в пошуках свіжого повітря.

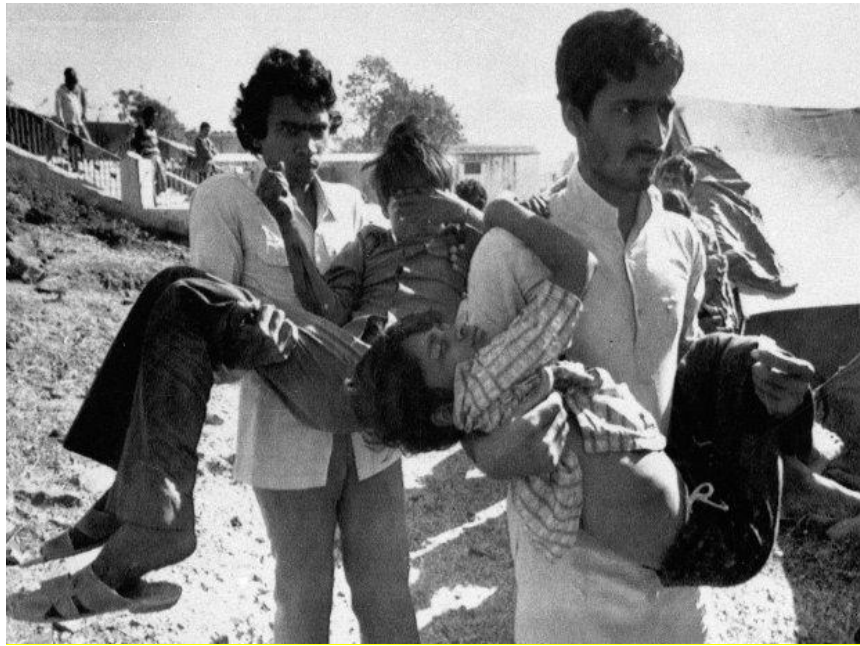


Рис.1.6 Люди виходили на вулицю в пошуках свіжого повітря

Першими відчували на собі дію отрути жителі, які незадовго до цього оселилися неподалік від заводу. Проживання на цій території вважали незаконним, і, щоб не виселяти людей на вулицю, уряд довго закривав на це очі. Хоча завод і був зведений з порушенням встановлених норм щодо відстані від населеного пункту. Всього за два кілометри від нього була розташована залізнична станція, навколо якої і почали заселятися люди. Чи не була кращою і система безпеки підприємства. Профспілка неодноразово скаржився керівництву на її перестав функціонувати, але марно.

Протягом перших годин в місті загинуло понад три тисячі жителів. Коли ж вони зрозуміли причину раптових смертей, було вже надто пізно. Вранці від небезпечної хмари не залишилося і сліду, проте наслідки впливу отрути були відчутні ще довго. В цей день в Бхопалі відбувалися масові поховання, люди продовжували вмирати, багато хто намагався втекти з міста, хоча отрута вже встиг глибоко проникнути в їх організм і повільно їх вбивав.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

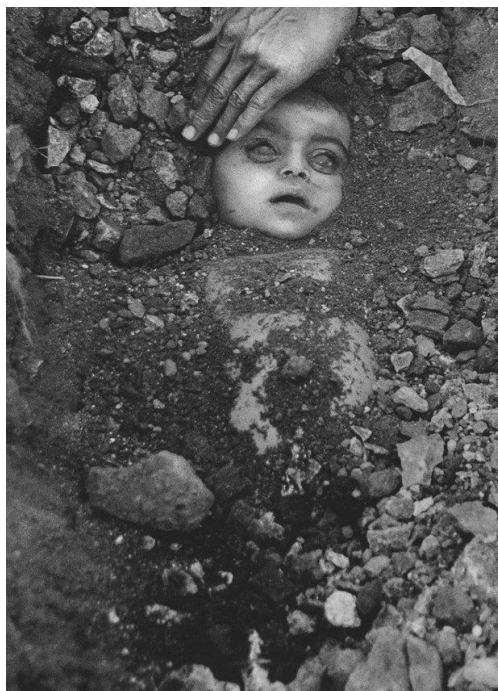


Рис.1.7 Фото, яке стало символом трагедії в Бхопалі

Вся територія міста була покрита трупами тварин, смерть спіткала не тільки малих домашніх улюбленців, а й велику худобу - всюди валялися мертві туші корів і биків. Протягом наступних років від отрути загинуло понад 15 тисяч чоловік [9].

1.3. Класифікація небезпечних хімічних речовин та вплив токсичності на організм людини

За критерієм характеру впливу на населення НХР умовно поділяють на три групи [10]:

- 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.

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, хлорпикрин 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.

У системі стандартів безпеки праці за ступенем дії на організм людини небезпечні хімічні речовини поділяють на чотири класи безпеки (табл.1.1):

I - надзвичайно небезпечні речовини;

II - високонебезпечні речовини;

III - помірнонебезпечні;

IV - малонебезпечні.

Таблиця 1.1

Класи безпеки [11]

Клас безпеки	Характеристика класу безпеки	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

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

За ступенем токсичності хімічні речовини поділяють на: (табл.1.2)

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

Таблиця 1.2

Характеристика НХР за ступенем токсичності [11].

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

АХНР поряд із загальною також володіють виборчою токсичністю, тобто вони представляють найбільшу небезпеку для конкретного органу або системи живого організму.

По виборчій токсичності для живих організмів виділяють:

- «сердечні» АХНР, які володіють кардіотоксичеським дією. До них відносяться солі металів – кадмію, барію, калія, кобальту;
- «нервові» АХНР, викликають порушення психічної активності – це фосфорорганічні з'єднання, чадний газ;
- «печінкові» АХНР – це феноли і альдегіди, хлоровані вуглеводні;
- «ниркові» АХНР, до яких відносять з'єднання важких металів, етилгліколь, щавлева кислота;
- «кров'яні» АХНР, відносять зокрема анілін і його похідні, нітрит, миш'яковистий водень;
- «легеневі» АХНР, до яких перш за все відносять оксиди азоту, озон, фосген.

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 [12].

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

1.4. Сучасні методи локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій пов'язаних з розливом токсичних рідин

Ліквідація наслідків надзвичайної ситуації - проведення комплексу заходів, що включає аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, які здійснюються у разі виникнення надзвичайної ситуації і спрямовані на припинення дії небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей, а також на локалізацію зони надзвичайної ситуації.

Локалізація - це комплекс дій особового складу під безпосереднім керівництвом, які спрямовані на унеможливлення подальшого поширення вогню і створюють умови забезпечують подальшу його ліквідацію наявними силами і засобами [13].

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 [14].

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.

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 [13].

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
						29
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

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.

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 [15].

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 більше температура повітря тим швидше випариться речовина тобто глибина збільшиться, а час дії зменшиться.

4. Чим більше швидкість вітру тим менше глибина та час дії хмари НХР.

5. Глибина залежить від вертикальної стійкості атмосфери тобто зміни температури повітря по висоті.

6. Чим більш закрита місцевість глибина зони забруднення менше, проте час її зберігання збільшується завдяки застою.

7. Чим важче речовина тим довше зберігається отруйна дія, в залежності від цього НХР поділяються на стійкі та нестійкі.

Основними методами локалізації джерел хімічного забруднення з урахуванням НХР є:

- 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 [16].

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, що призводять до збільшення витрати піни;
- піни наносять шкоду навколишньому середовищу;
- висока собівартість пін.

Таким чином, рішення проблеми використання повітряно-пінних засобів ізоляції розливів токсичних рідин може бути досягнуто шляхом

усунення зазначених вище недоліків.

Основним недоліком повітряно-механічних пін є їх малий час існування. Вони поступово, протягом 10-20 хвилин руйнуються і втрачають свої ізолюючі властивості. Процеси локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій може тривати годинами і навіть днями. Цього недоліку позбавлені швидкотвердіючі піни [17].

1.5. Висновки

1. В країнах з ровинутою хімічною промисловістю існують високі ризики виникнення аварій та надзвичайних ситуацій, які можуть супроводжуватися викидами в атмосферу аварійно хімічно небезпечних речовин (АХНР).

2. Основними шляхами проникнення токсичних речовин в організм людини є дихальні шляхи, шкіра, органи травлення. Найбільш небезпечним є органи дихання.

3. Рідкі токсичні речовини в наслідок аварії можуть спричинити велику кількість людських втрат та великі екологічні збитки.

4. Найбільш розповсюдженим способом ізоляції токсичних рідин є повітряно-механічні піни, але вони не достатньо ефективні як ізолюючий засіб для рідких токсичних речовин, завдяки їх швидкому руйнуванню.

5. Запропоновано для цілей ізоляції поверхні токсичних рідин використовувати швидкотвердіючі піни, які зберігають ізолюючі властивості значно довше ніж повітряно-механічні піни.

РОЗДІЛ 2.

ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ШВИДКОТВЕРДІЮЧИХ ПІН З ВИСОКИМИ ІЗОЛЮЮЧИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

2.1. Обґрунтування вибору ізолюючого засобу підвищеної ефективності для локалізації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з розливом токсичних рідин

Основним недоліком повітряно-механічних піл як засобу ізоляції поверхні токсичних рідин є їх швидке руйнування. Як альтернатива повітряно-механічних піл, в якості ізолюючого засобу запропоновано використовувати швидкотвердіючі піни (ШТП) [18].

В цих роботах встановлено, що час існування швидкотвердіючої піни складає від десятків годин до декількох діб. Також показано, що такі піни мають підвищені ізолюючі властивості по зрівнянню з повітряно-механічною піною.

На теперішній час відомо біля десятку систем, що забезпечують утворення ШТП. Нами знайдено ще одну систему, яка надає можливість отримання швидкотвердіючої піни.

2.2. Підбір умов твердіння піл з заданим часом твердіння

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 відділені одна від одної тонкими шарками рідини. Структура піни зображена на рис.2.1.

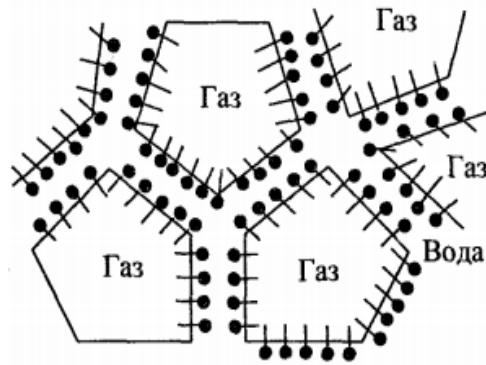


Рис.2.1 Структура піни

Піни, як і будь-яку дисперсну систему можна отримати двома методами [19]: 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 [20]. 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. Метод інтенсивного струшування швидкотвердіючої піни застосовується для вивчення властивостей, кратності, дисперсності, стійкості та ізолююча здатність [20].

2.3. Вибір методики дослідження

Твердіюча піна являє собою однорідний матеріал дрібнопористої структури. Твердіюча піна практично герметична, вогнестійка. При прямому впливі полум'я його поверхневий шар обуглений 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 [21].

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 [22].

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 [23].

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.

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 втрачає 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 [24].

2.4. Дослідження часу утворення гелю

Найбільш універсальним способом локалізації розливів токсичних рідин вважається використання пін. 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 невисоку ефективність 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.

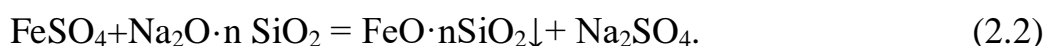
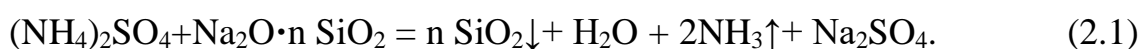
Для утворення твердої піни з рідких компонентів можна використовувати два підходи. У першому використовувати один розчин, який твердне з часом. Цей метод можна реалізувати за допомогою тиксотропних систем. Його використовували автори робіт [25]. Вони розробили метод отримання швидкотвердіючої піни на 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 [26].

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 25 гелеутворюючих систем. 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 гелеутворення 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	$\omega_1, \%$	$\omega_2, \%$
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.	$AlCl_3$	$2Al_2O_3 \cdot 3nSiO_2$	3,5	3
7.	$Al_2(SO_4)_3$	$2Al_2O_3 \cdot 3nSiO_2$	4	3
8.	NH_4Cl	H_2SiO_3	8	8
9.	NH_4Br	H_2SiO_3	8	10
10.	$(NH_4)_2SO_4$	H_2SiO_3	8	12
11.	$(NH_4)_2SO_4 + NH_4H_2PO_4$	H_2SiO_3	12	6+6
12.	$NH_4H_2PO_4$	H_2SiO_3	12	13
13.	$AlBr_3$	$2Al_2O_3 \cdot 3nSiO_2$	3	4
14.	$MgCl_2 + CaCl_2$	$MgO \cdot nSiO_2 + CaO \cdot nSiO_2$	3,5	3,5
15.	$AlCl_3 + CaCl_2$	$2Al_2O_3 \cdot 3nSiO_2 + CaO \cdot nSiO_2$	3	3,5
16.	$AlCl_3 + AlBr_3$	$2Al_2O_3 \cdot 3nSiO_2$	3	3,5

У всіх системах в якості гелеутворювача використовується водний розчин полісилікат натрію ($Na_2O \cdot nSiO_2$, 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 [27]. 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 [28]. 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.2.2-2.3.

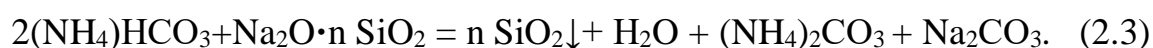


Рис.2.2 Ілюстрація експерименту по гелеутворенню

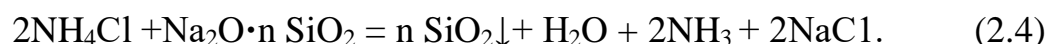


Рис.2.3 Ілюстрація експерименту по гелеутворенню

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. Раніше проведені дослідження нових систем показали, що можливість такого регулювання забезпечується системами з каталізатором гелеутворення NH_4HCO_3 . У цьому випадку відбувається наступна реакція:



Нами проведені дослідження показали, що в якості каталізатора в гелеутворення можна використовувати NH_4Cl . В такому випадку відбувається така реакція:



Ця система була обрана для подальшого дослідження. Таким чином, задачею дослідження є визначення концентраційного складу гелеутворюючої системи: $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$, який забезпечить ефективну локалізацію зони розливу та зручність його застосування.

З метою пошуку найбільш дешевої, ефективної та екологічно безпечної системи, для дослідів було обрано ГУС - $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl}$. Робочі розчини каталізаторів гелеутворення готувались об'ємним методом з насичених розчинів NH_4Cl (концентрати).

Робочі розчини гелеутворювача готувались об'ємним методом з рідкого скла з концентрацій 36 мас.%. Густина розчинів гелеутворювача та каталізатора гелеутворення визначалися аерометричним методом. 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.2.4).

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

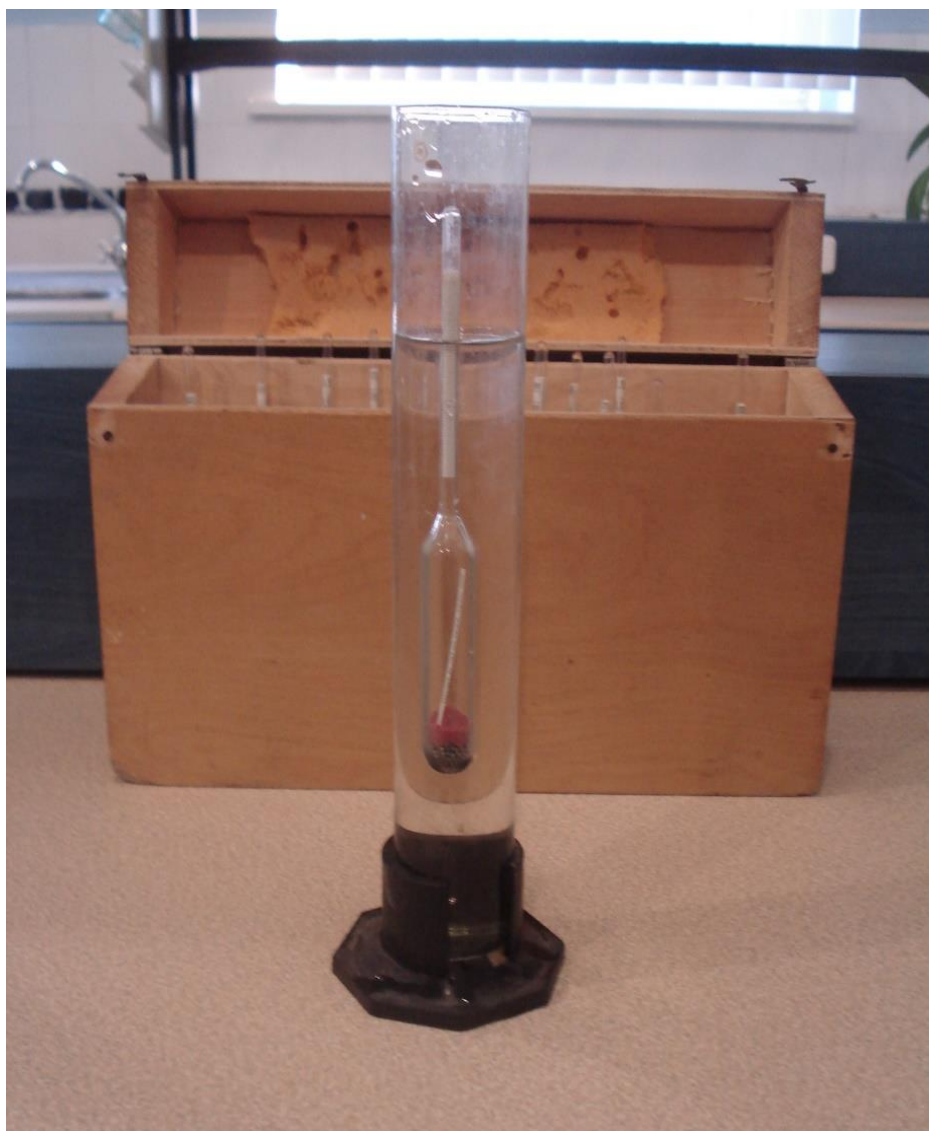


Рис.2.4 Визначення густини розчинів за допомогою набору ареометрів АОН-1.

Процедура визначення часу втрати текучості була наступною. Зливали однакові об'єми робочих розчинів (по 10 мл) каталізатора гелеутворення та гелеутворювача і змішували їх протягом 5 с. Після розмішування компонентів спостерігали за поведінкою системи, та візуально фіксували час втрати системою текучості. Дослідження проводились при температурі навколишнього середовища $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$. Для кожної комбінації концентрацій компонентів ГУС дослід проводився три рази [29].

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

$$\omega_i = \frac{V_1 \cdot \rho_1 \cdot \omega_1^0}{V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2}, \quad (2.5)$$

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.

Метою оптимізації концентраційного складу швидкотвердіючих піпн на основі гелеутворюючих систем було проведено експериментальні дослідження. В якості плану експерименту обрано двох факторний рото табельний план с зірковими точками.

Для побудови полінома другого порядку використовували метод, запропонований Г.Е. Боксом і К.Б. Вільсоном [30-31]. У роботі використовували ротатабельні плани другого порядку, так як вони, на відміну від ортогональних, дозволяють передбачити значення функції відгуку з дисперсією, однаковою на рівних відстанях від центру плану. Для цього додатково проводили експерименти в центрі плану (на нульовому рівні) і на відстані d від центра. В цьому випадку зоряне плече d вибирали з умови інваріантності плану до звернення. В умовах проведення двухфакторного експерименту для побудови центрального композиційного

ротатабельного плану брали 4 зіркові точки і 5 точок на нульовому рівні. Величина плеча d для зіркових точок дорівнює 1,414.

Планування експерименту проводилося з використанням ротатабельного плану Бокса для двофакторного експерименту ($k_{1,2}=2$), який рекомендуються при $k_{1,2} \leq 5$ [30-31].

Загальна кількість дослідів визначається за формулою:

$$N_{1,2} = 2^2 + 2 \cdot 2 + 5 = 13 \quad (2.6)$$

Кодування, іменування значення факторів та інтервали їх варіювання наведено в табл.2.2, значення яких визначалися з використанням співвідношень:

$$X_1 = \frac{x_i - 4,35}{1} \quad X_2 = \frac{x_i - 2,5}{0,5} \quad (2.7)$$

Таблиця 2.2

**Рівні та інтервали варіювання
діючих факторів, які підлягають дослідженню**

Фактори	Рівні варіювання					Інтервал варіювання фактору
	-1,414	-1	0	1	+1,414	
C(NH ₄ Cl), % (x ₁)	4,1	4,5	5,5	6,5	6,9	1
C(Na ₂ O·2,5SiO ₂), % (x ₂)	3,1	3,5	4,5	5,5	5,9	1

Проведемо обробку даних експерименту з визначення сумарної величини втрат при твердінні гелеутворюючої системи.

Отримане рівняння регресії має:

$$y = 445,9917 - 101,0241 \cdot x_1 - 46,1576 \cdot x_2 + 5,8851 \cdot x_1^2 + 5 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1,5484 \cdot x_2^2 \quad (2.8)$$

Матриця планування двофакторного експерименту наведено в табл.2.3 [30-31].

Таблиця 2.3

Матриця планування двофакторного експерименту визначення часу сумарної величини втрат при твердінні гелеутворюючої системи

№	Матриця планування		Робоча матриця			Дані до розрахунку	
	x ₁	x ₂	C(NH ₄ Cl)	C(Na ₂ O·2,5SiO ₂)	Час,с	Час y' _u	Час (y _u -y' _u) ²
1	1	1	6,5	5,5	10	10,3	0,09
2	-1	1	4,5	5,5	28	29,1	1,21
3	1	-1	6,5	3,5	11	10,8	0,04
4	-1	-1	4,5	3,5	51	50,7	0,09
5	-1,414	0	4,1	4,5	45	45,7	0,49
6	1,414	0	6,9	4,5	7	7,4	0,16
7	0	-1,414	5,5	3,1	23	23,2	0,04
8	0	1,414	5,5	5,9	12	12,9	0,81
9	0	0	5,5	4,5	19	17,3	2,89
10	0	0	5,5	4,5	16	17,3	1,69
11	0	0	5,5	4,5	16	17,3	1,69
12	0	0	5,5	4,5	15	17,3	5,29
13	0	0	5,5	4,5	13	17,3	18,49
$\Sigma_1^{13} = 266 \quad \Sigma_1^{13} = (y - y')^2 = 32,98$							

При визначенні числа вимірів для кожного дослідів проводилося п'ять повторних вимірювань на нульовому рівні (досліди 9 - 13) і визначалося наближене значення середньоквадратичної похибки.

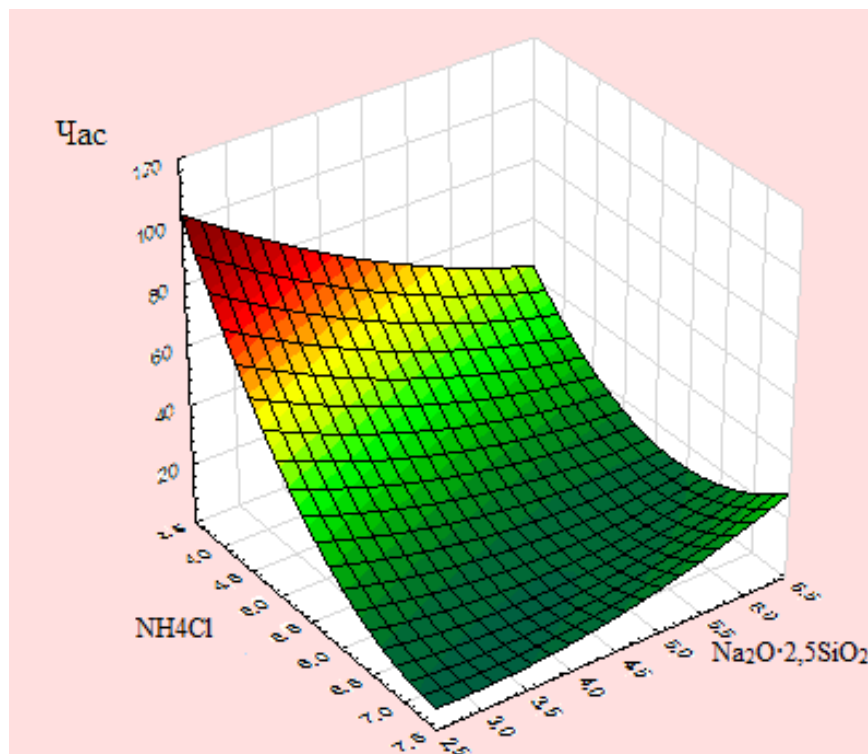


Рис.2.5 Результати експерименту досліджень обробленні за допомогою програмного комплексу «STATISTICA».

Гіпотеза про адекватність рівняння перевіряється в такій послідовності.

Так як досліди дублювалися тільки в нульовій точці, то дисперсія адекватності згідно рівняння [30-31]:

$$s_{ad}^2 = \frac{37,8234 - 16,024}{3} = 7,266 \quad (2.9)$$

Дисперсія відтворюваності для цього випадку визначається за формулою:

$$s_{\{y\}}^2 = \frac{16,024}{4} = 4,01 \quad (2.10)$$

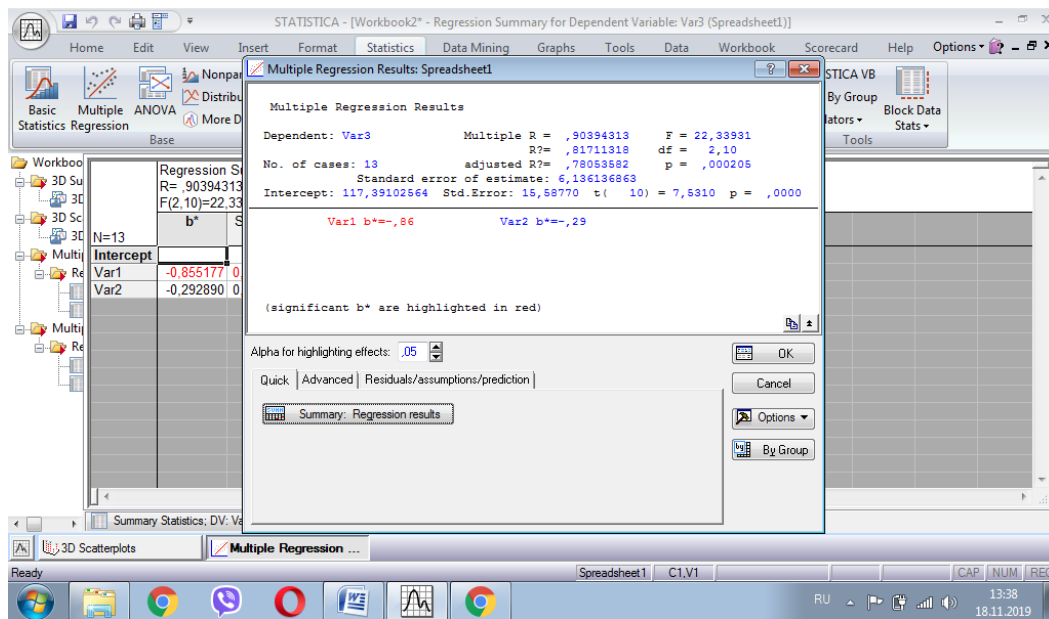


Рис.2.6 Розрахункове значення критерію Фішера

Знаючи число ступенів свободи для більшої - 2 і меншої – 10 дисперсії. Для таких параметрів коефіцієнт $P = 0,000205$. Так, як $P < 0,05$ можна зробити висновок, що отримана модель вкладається в довірчий інтервал 0,95 за критерієм Фішера [30-31].

Таким чином, отримана безпечна для екосистем тверду піну на основі гелеутворюючої системи та поверхнево-активних речовин з необхідним діапазоном часу твердіння піни. За оптимальний час втрати текучості ШТП обраної ми обрали 45с. Такому часу відповідає піноутворююча система яка містить рідке скло 4,5%, амоній хлорид 4,1%, піноутворювач «Морський» 6%, інше вода.

2.5. Дослідження процесу твердіння піни.

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 твердіючої суміші. Результати експерименту ілюструються рисунками 2.7-2.9.



Рис.2.7 Ілюстрація швидкотвердіючої піни



Рис.2.8 Ілюстрація швидкотвердіючої піни



Рис.2.9 Ілюстрація швидкотвердіючої піни в нахиленому стані

2.6. Висновки

1. Для забезпечення процесу твердіння піни запропоновано використовувати процес гелеутворення.
2. На основі обробки експериментальних даних отримані графічна та аналітична залежності часу втрати текучості пеноутворюючої системи від концентрації компонентів.
3. Підібрана система яка містить: рідке скло 4,5%, амоній хлорид 4,1%, піноутворювач «Морський» 6%, інше вода, яка забезпечують час твердіння піни 45 с.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01

Лист

51

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 і піну виливали на плоску горизонтальну пластикову пластину. Далі час твердіння піни було візуально визначено. Для досліджень була обрана система $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$. Як піноутворювач використовувалися «Морський». Часи зміцнення піни були, як і час зміцнення суміші, 20–120 с відповідно [32].

Аналогічно визначали кратність отриманої піни. Кратність ми досліджували не один результати були в межах 8-10, ми обрали середній результат. Для цього після струшування суміші розчинів у пластиковому контейнері, піна виливалася в градуйований стаканчик і визначався обсяг піни. Кратність розраховувалася за співвідношенням:

$$K = V_{\text{п}} / V = 925/100 = 9,2 \quad (3.1)$$

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

Кратності піни для піноутворювачів «Морський», складала 9,2. 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 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 [33].

Визначили, що стійкість швидкотвердіючої піни складу NH_4Cl (4,1%) + $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,5\text{SiO}_2$ (4,5%) становить більше 12 годин.

Процес руйнування ПШТ відрізняється від відповідного процесу для повітряно-механічних пін. Для останніх руйнування відбувається в основному за рахунок поступового потоншення плівок піни за рахунок стікання води під дією гравітаційних сил. В ШТП руйнування відбувається за рахунок випарування води з гелевих шарів. Це призведе до сушіння гелю та усадки гелевих шарів, що призведе до їх розтискування та обсіпання. Останній процес відбувається набагато повільніше ніж процес стікання рідини з плівок піни.



Рис.3.2 Ілюстрація виду швидкотвердіючої піни



Рис.3.3 Ілюстрація виду швидкотвердіючої піни через 12 години

3.3. Дослідження ізолюючих властивостей твердої піни

3.3.1. Дослідження випаровування бензену з вільної поверхні

Бензен — безбарвна, летка, вогнонебезпечна рідина з характерним запахом. У воді практично не розчиняється. Горить дуже кіптявим полум'ям. Пара бензену з повітрям утворює вибухову суміш. Рідкий бензен і пара бензену отруйні. За звичайних умов більшість ароматичних вуглеводнів також являють собою безбарвні рідини, нерозчинні у воді, з характерним запахом [34].

Швидкість випаровування рідин з вільної поверхні була визначена наступним чином: в ємність налили 333,28 мл бензену, 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.

Результати випарування бензену з вільної поверхні.

Час(хв)	Маса(г)
Початок експерименту	333,28
20	331,19

Втрату ваги визначаємо за формулою:

$$\Delta m_1 = m_0 - m_1 = 333,28 - 331,19 = 2,09 \text{ г} \quad (3.2)$$

m_0 – початкова маса бензену;

m_1 – маса бензену через 20 хв;



Рис.3.4 Дослідження випарування бензену з вільної поверхні

3.3.2. 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) [35].

Піну отримали методом інтенсивного струшування піноутворювача «Морський» та води. Далі нанесли її на поверхню бензену. Швидкість випаровування бензену 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.3.5).



Рис.3.5 Дослідження швидкості випарування бензену крізь шар повітряно-механічної на початку експерименту

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Маса бензену з повітряно-механічною піною товщиною 4 см на початку експерименту становить 278,35 г.

• Маса бензену з повітряно-механічною піною товщиною 4 см через 20 хв експерименту становить 277,00 г.

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

$$\Delta m_2 = m_0 - m_1 = 278,35 - 277,00 = 1,35 \text{ г} \quad (3.3)$$

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

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

На підставі отриманих результатів був розрахований коефіцієнт уповільнення випаровування:

$$K = \Delta m_1 / \Delta m_2 = 2,09 / 1,35 = 1,5 \quad (3.4)$$

3.3.3. Дослідження випарування бензену з швидкотвердіючою піною на основі гелеутворюючої системи дигідрофосфат натрія + рідке скло, товщиною 4 см

Описаним вище методом отримали піну. Швидкість випаровування бензену 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.3.6).



Рис.3.6 Дослідження швидкості випарування бензену крізь шар швидкоотвердіючої піною на основі гелеутворюючої системи дигідрофосфат натрія + рідке скло товщиною 4 см

- Маса бензену з швидкоотвердіючою піною, товщиною 4 см на початку експерименту становила 439,27г.
- Маса бензену з швидкоотвердіючою піною, товщиною 4 см ,через 20 хв експерименту становить 439,03г.

Втрата маси по бензену з швидкоотвердіючою піною, товщиною 4 см,розраховується за формулою:

$$\Delta m_3 = m_0 - m_1 = 439,27\text{г} - 439,03\text{г} = 0,24\text{ г} \quad (3.5)$$

m_0 – початкова маса бензену без сітки;

m_1 – маса бензену без сітки через 20 хв;

На підставі отриманих результатів був розрахований коефіцієнт уповільнення випаровування:

$$K = \Delta m_1 / \Delta m_3 = 2,09 / 0,24 = 8,7 \quad (3.6)$$

3.3.4. Дослідження випарування бензену з швидкотвердіючою піною на основі гелеутворюючої системи амоній хлорид + рідке скло, товщиною 2 см

Описаним вище методом отримали піну. Далі нанесли її на поверхню сітки та поставили на ємність з бенzenом. Швидкість випаровування бензену 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 $(20 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ (рис.3.7).



Рис.3.7 Дослідження швидкості випарування бензену крізь шар швидкотвердіючою піною, товщиною 2 см

- Маса бензену з швидкотвердіючою піною, товщиною 2 см на початку експерименту становила 406,29 г.
- Маса бензену з швидкотвердіючою піною, товщиною 2 см, через 20 хв експерименту становить 406,03 г.

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

$$\Delta m_4 = m_0 - m_1 = 406,29 - 406,03 = 0,26 \text{ г} \quad (3.7)$$

m_0 – початкова маса бензену без сітки

m_1 – маса бензену без сітки через 20 хв

На підставі отриманих результатів був розрахований коефіцієнт уповільнення випаровування:

$$K = \Delta m_1 / \Delta m_4 = 2,09 / 0,26 = 7,9 \quad (3.8)$$

3.3.5. Дослідження випарування бензену крізь шар швидкотвердіючою піною на основі гелеутворюючої системи амоній хлорид + рідке скло, товщиною 4 см

Описаним вище методом отримали піну. Далі нанесли її на поверхню сітки та поставили на ємність з бенzenом. Швидкість випаровування бензену 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.3.8).



Рис.3.8 Дослідження випарування бензену крізь шар швидкотвердіючої піною на основі гелеутворюючої системи амоній хлорид + рідке скло, товщиною 4 см

- Маса бензену з швидкотвердіючою піною, товщиною 4 см на початку експерименту становила 406,285 г.
- Маса бензену з швидкотвердіючою піною, товщиною 4 см, через 20 хв експерименту становить 406,04 г.

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

$$\Delta m_5 = m_0 - m_1 = 406,285 - 406,04 = 0,245 \text{ г} \quad (3.9)$$

m_0 – початкова маса бензену без сітки

m_1 – маса бензену без сітки через 20 хв

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

На підставі отриманих результатів був розрахований коефіцієнт уповільнення випаровування:

$$K = \Delta m_1 / \Delta m_5 = 2,09/0,245 = 8,5 \quad (3.10)$$

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

- 1) випаровування бензену з вільної поверхні;
- 2) випаровування бензену з повітряно-механічною піною;
- 3) випаровування бензену з швидкоотвердіючою піною на основі гелеутворюючої системи дигідрофосфат натрія + рідке скло, товщиною 4 см;
- 4) випаровування бензену з швидкоотвердіючою піною на основі гелеутворюючої системи амоній хлорид + рідке скло, товщиною 2 см;
- 5) випаровування бензену з швидкоотвердіючою піною на основі гелеутворюючої системи амоній хлорид + рідке скло, товщиною 4 см;

3.4. Висновки

1. Кратність швидкоотвердіючої піни становить 9,2.
2. Час ізолюючої дії швидкоотвердіючої піни досягає 12 години.
3. Коефіцієнт уповільнення випаровування для швидкоотвердіючої піни на основі гелеутворюючої системи амоній хлорид + рідке скло товщиною 2 см становить 7,9; для товщини 4 см становить 8,5.
4. Коефіцієнт уповільнення випаровування для швидкоотвердіючої піни на основі гелеутворюючої системи дигідрофосфат натрія + рідке скло, товщиною 4 см становить 8,7.
5. Коефіцієнт уповільнення випаровування для повітряно-механічної піни товщиною 4 см становить 1,5.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЗОНИ МОЖЛИВОГО УРАЖЕННЯ

4.1 Визначення зони ураження токсичними парами

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 сильнодіючими отруйними речовинами при аваріях (руйнуваннях) на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті».

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 безпеки для програмного забезпечення SAMEO, 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

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		64

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 ОВ 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

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		65

гази під тиском, рідини притиску навколишнього повітря, гази, зріджені охолодженням, і гази, зріджені під тиском. АЛОHA стосується тільки резервуарів, що містять одну хімічну речовину. У міру того, як матеріал звільняється з резервуара, АЛОHA 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 [36].

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

Для розрахунків приймаємо що, речовина витікає вільно через пробійну 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).

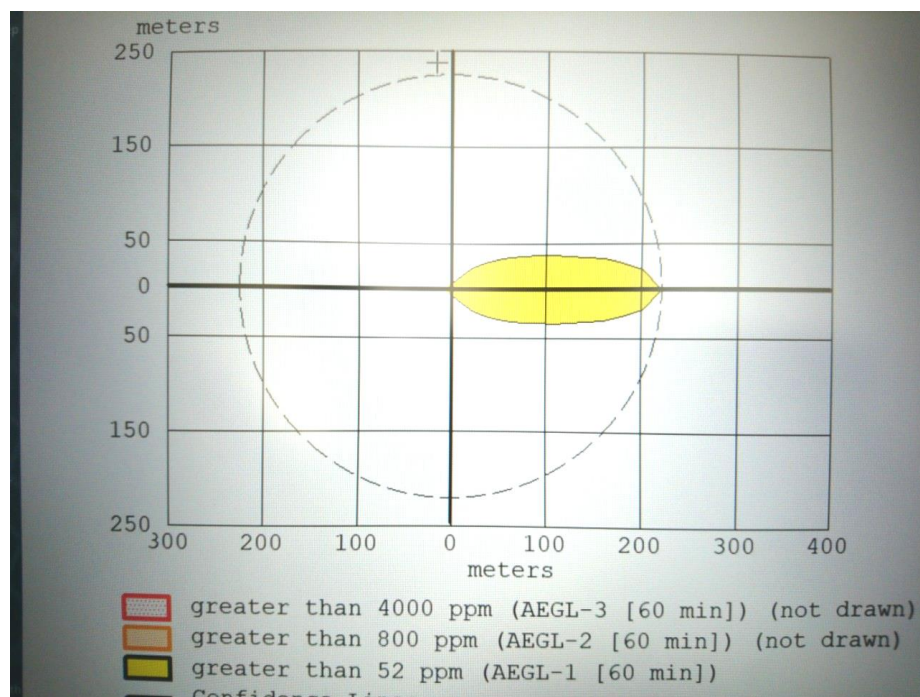


Рис.3.8. Зона зараження токсичними парами бензену без урахування коефіцієнту уповільнення випаровування (К)

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

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

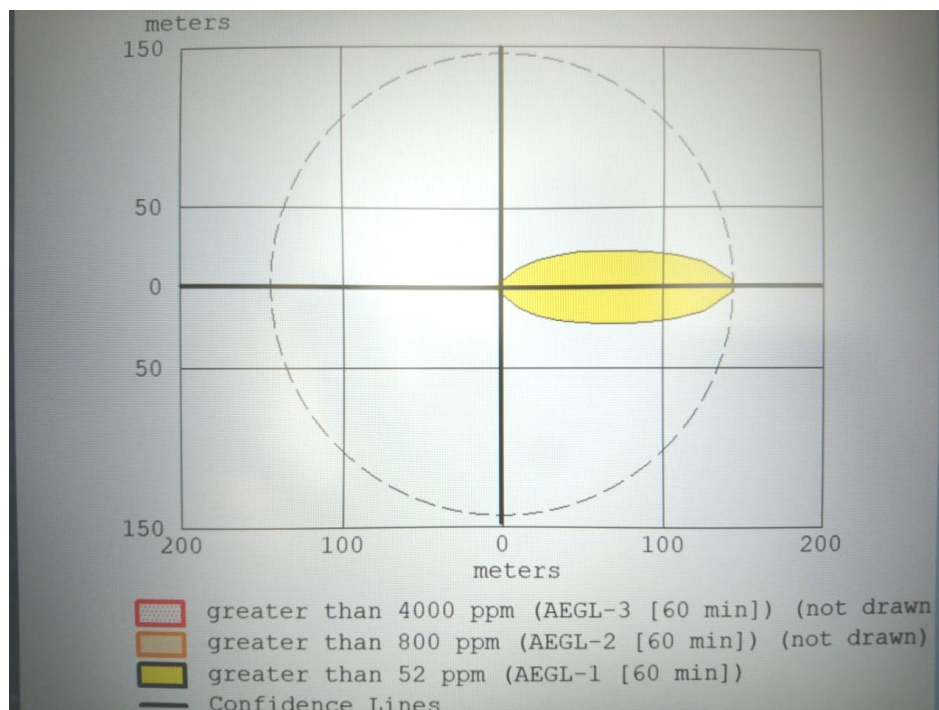


Рис.3.9.Зона зараження токсичними парами бензену з урахування коефіцієнту уповільнення випаровування (К)

4.2 Висновки

1. Визначені зони зараження в випадку аварійного розливу бензену при відсутності ізоляції поверхні рідини та у випадку використання повітряно механічної та швидкотвердіючої піною.
2. Коефіцієнту уповільнення випаровування для повітряно-механічної піни в 5-6 рази менше за коефіцієнт уповільнення випаровування швидкотвердіючої піни.

Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата

НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01

Лист

67

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. 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. [37].

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 [38].

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 [39].

Усі експериментальні досліди проводилися в лабораторіях з використанням.

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

- у разі виконання робіт з речовинами, віднесеними до канцерогенних (бензен) 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.

Тому потрібно: припливно-витяжна вентиляція в усіх приміщеннях вмикається за 30 хвилин до початку проведення робіт і вимикається 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 [40].

5.2. Вимоги з охорони праці при роботі в лабораторних приміщеннях вищих навчальних закладів ДСНС України

Робота в лабораторних приміщеннях вищих навчальних закладів ДСНС України повинна відповідати таким вимогам [41]:

1. До роботи у лабораторіях допускаються особи:

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
						70
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- які можуть працювати у лабораторних приміщеннях за станом здоров'я;

- які ознайомлені з Правилами технічної експлуатації електричних установок споживачів, Правилами безпеки при експлуатації електроустановок

споживачів, Правилами пожежної безпеки в Україні та цими Правилами;

- які пройшли інструктаж з безпечних методів роботи з установками лабораторій, про що має бути відповідний запис у журналі;

- які ознайомлені з чинними Правилами безпеки в газовому господарстві;

- які ознайомлені з «Основними правилами безпеки праці у хімічних лабораторіях».

2. Головними небезпечними виробничими факторами при проведенні дослідних робіт у лабораторіях є:

- небезпека ураження електричним струмом;

- небезпека отруєння токсичними продуктами;

- небезпека контакту з нагрітими до високих температур елементами обладнання та приладами;

- небезпека травмування колючими та ріжучими інструментами, що застосовуються при підготовці зразків, і уламками скла при руйнуванні приладів і обладнання, що досліджуються.

3. Під час виконання дослідних робіт має бути вжито заходів перестороги, щоб уникнути впливу небезпечних факторів. На робочому місці мають знаходитись тільки необхідні для виконання роботи прилади і обладнання, а також засоби індивідуального захисту.

4. Робоче місце лаборанта має відповідати вимогам електробезпеки і санітарно-гігієнічним вимогам.

5. Лабораторія має бути забезпечена первинними засобами пожежогасіння: вуглекислотним чи порошковим вогнегасником, ковдрою з негорючого матеріалу (кошмою).

6. Оператор лабораторії має бути забезпечений такими засобами індивідуального захисту: халат бавовняний, темний костюм бавовняний, захисний фартух, протигаз з набором коробок марок А, КД, БКФ, захисні гумові рукавиці. Забороняється використання засобів захисту, які мають пошкодження або термін використання їх закінчився.

7. У лабораторії має бути аптечка з медикаментами, необхідними для надання первинної допомоги та інструкціями щодо їх застосування. Працівники лабораторії мають вміти надавати первинну допомогу при отриманні найбільш імовірних травм і пошкоджень під час проведення дослідних робіт.

8. Забороняється виконувати в лабораторії будь-які роботи, що не пов'язані безпосередньо з виконанням покладених завдань.

9. При виникненні пошкоджень обладнання необхідно припинити роботу, вимкнути живлення і вжити заходів щодо їх усунення.

5.3. 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;
- справність обладнання, пристроїв, посуду, інструменту і приладів;
- підготувати робоче місце: прибрати зайві речі, перевірити достатність освітлення робочого місця; у разі роботи за верстатом впевнитись у справності дерев'яного гратчастого настилу;
- наявність на місцях хімічних реактивів;

- справність і вільний доступ до входів і виходів;
- забороняється зберігати в кишенях шпильки, скляні, що ріжуть, колючі предмети;
- наявність і справність засобів індивідуального і колективного захисту;
- наявність проточної води, а за її відсутності - достатнього запасу води;
- наявність в аптечці нейтралізуючих, знезаражуючих та стерильних медикаментів;
- переконаєтеся в справності вентиляції, перевірте освітленість робочого місця. Приточно-витяжну вентиляцію у всіх приміщеннях лабораторії необхідно включати не пізніше, ніж за 5 хв до початку роботи [42].

5.4. Основні вимоги безпеки під час проведення робіт

- робоче місце повинне утримуватися в чистоті і порядку, мати достатнє освітлення;
- всі операції, пов'язані з використанням або можливим утворенням отруйних вибухових речовин або речовин, що мають запах, вони повинні 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 каблучі і ковзній підошві;
- 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 рукавицях [43].

5.5. Заходи безпеки в лабораторії

- дослідні роботи виконувати згідно зі стандартами та встановленими методиками проведення досліджень;
- з'єднання приладів і обладнання, роботи з регулювання і ремонту приладів, виконувати при знятих робочих напругах і залишкових зарядах;
- перевірити відсутність напруги на ділянці роботи показником напруги заводського виготовлення, справність якого перед застосуванням перевірена згідно з інструкцією;
- працювати, стоячи на діелектричному килимку;
- застосовувати інструменти з ізольованими ручками (у викрутці, окрім того, має бути ізольовано і стержень), за умови відсутності такого інструменту користуватись діелектричними рукавицями;

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		74

- знати місцезнаходження рубильника аварійного вимкнення напруги. Персоналу, який виконує дослідження, забороняється залишати робоче місце до кінця дослідження [44].

5.6. 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 [45].

5.7. Пожежовибухонебезпека бензену

Бензен має такі характеристики:

- група горючості - легкозаймиста рідина (ЛЗР);
- температура спалаху, -11°C ;
- температура самозаймання, -560°C ;
- концентраційні межі поширення полум'я, % (об.). - 1,43-8,0;
- температурні межі поширення полум'я: нижній -15°C ; верхній $+13^{\circ}\text{C}$;
- мінімальна енергія запалювання при 25°C , мДж - 0,22 ;
- нормальна швидкість поширення полум'я при 25°C , м / с - 0,478;
- мінімальна вибухонебезпечне вміст кисню% (об.):
- при розведенні азотом - 11,5 ;
- при розведенні діоксидом вуглецю - 14,4 ;

- максимальний тиск вибуху, кПа – 880;
- швидкість наростання тиску вибуху МПа / с - 15,8;
- мінімальна флегматизуюча концентрація флегматизатора,% (об.):
- діоксиду вуглецю – 31;
- азоту - 45;
- швидкість вигорання кг / м²с - 0,112;
- безпечна експериментальна максимальна щілина, мм - 0,99;
- група вибухонебезпечної суміші – Т1;
- категорія вибухонебезпечності суміші – II А ;
- засоби пожежогасіння: повітряно-механічна піна, порошки.

5.8. Зберігання піноутворювача

Улаштування та обладнання складів піноутворювача і порошку має відповідати діючим правилам пожежної безпеки, ПУЭ, нормам та вимогам інших чинних нормативних актів і забезпечувати тривале зберігання піноутворювача і порошку. Надійне зберігання піноутворювача досягається лише за дотримання певних вимог [41]:

1. Склади піноутворювача будуються заглибленими і утепленими (з температурою від +50 С до +300 С). Приміщення обладнуються припливно-втяжною вентиляцією і освітленням, які відповідають вимогам ПУЭ.

2. Ємкості з піноутворювачами, які перебувають на території пожежного депо, повинні мати запірну арматуру і огороження, які виключають доступ до них сторонніх осіб.

3. Під час роботи, що пов'язана з розвантаженням піноутворювачів, промиванням апаратури та тари, слід виключити можливість потрапляння розчину на шкірні покриви, слизові оболонки очей та в кишково-шлунковий тракт. Обслуговуючий персонал при цьому повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту водонепроникним спецодягом, гумовими чобітьми, прогумованими рукавицями, захисними окулярами та щитками.

Для захисту рук слід користуватись захисними кремами типу "Силіконовий" або "Ланоліновий". В разі потрапляння продукту в очі або на шкіру його треба змити великою кількістю проточної води.

4. Тим, хто працює з піноутворювачами, необхідно дотримуватись правил особистої гігієни. Перед вживанням їжі та курінням треба вимити руки з милом, після закінчення роботи з піноутворювачами - прийняти душ. При сильному забрудненні необхідно змінити одяг.

5. Ті, хто працює з піноутворювачами, мають проходити попередні та періодичні (не рідше 1 разу на рік) медичні огляди.

6. Вогнегасні порошки зберігаються в сухому приміщенні, яке провітрюється (при температурі від +50 С до +400 С) та обладнується припливно - витяжною вентиляцією відповідно до вимог ПУЕ.

7. Тару з порошком розміщують на стелажах або полицях згідно з інструкцією заводу-виробника.

8. Доставка піноутворювача і порошку на склади пожежних частин (загонів) має здійснюватися найбільш безпечними і зручними при навантаженні та розвантаженні способами, які виключають небезпеку травматизму, забруднення тіла, шляхів дихання людини, ґрунту, який знаходиться навколо складу. Заправка порошком має бути механізована.

9. Наказом начальника частини призначається відповідальний за стан складу піноутворювача і порошку, їх облік і використання.

10. Особи, які працюють на складах, мають одержувати інструктажі з правил безпеки праці і пожежної безпеки, з відповідним записом у журналі реєстрації інструктажів [45].

5.9. Висновки

1. Виконання вимог правил безпеки в хімічній лабораторії при роботі з хімічно небезпечними речовинами згідно наказу МНС України .

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		77

2. Дотримання правил безпеки при роботі з ЛЗР і ГР здійснюється лише за вимогами охорони праці.

3. Визначили пожежовибухонебезпеку бензену та як зберігається піноутворювач.

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		78

РОЗДІЛ 6.

ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІЗОЛЮЮЧИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШВИДКОТВЕРДНУЧИХ ПЕН

6.1 Розрахунок можливого екологічного збитку від застосування ГУС

Екологічний збиток — фактичні або можливі екологічні та соціальні втрати, що виникають у результаті певних подій або явищ, в тому числі зміни природного середовища, його забруднення. Розглядають прямий та опосередкований (непрямий) збиток.

Прямий збиток виникає внаслідок безпосереднього руйнування матеріальних цінностей, погіршення умов ведення господарства та впливу на здоров'я людини. При цьому слід розглядати збиток різних часових інтервалів і ступенів впливу. Так, крім одномоментного збитку, може виникати перманентний збиток (наприклад, при ерозії та засоленні ґрунтів), латентний (прихований) збиток, який проявляється лише через певний час (переважно при дії на здоров'я людини та природні екосистеми).

Збиток опосередкований (непрямий) виникає в результаті негативної дії на продуктивні сили суспільства в цілому, в тому числі на людину. В цьому випадку спостерігається ріст захворювань, інвалідності тощо.

Екологічний збиток від забруднення природного середовища визначається сумою затрат на відшкодування збитку, спричиненого окремими джерелами в межах певної території [46]. У всіх випадках при визначенні очікуваного збитку на основі варіантних розрахунків встановлюється мінімальна сума, призначена на попередження та компенсацію впливу забрудненого середовища. Такий підхід реалізується для оцінювання екологічного збитку в масштабах промислових комплексів та окремих технологічних процесів.

Екологічний збиток формується під впливом трьох груп факторів:

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		79

— впливу (характеризує ступінь забруднення того або іншого елемента навколишнього середовища);

— сприйняття (об'єкти, що зазнають негативного впливу забруднення);

— стану (відображає рівень нормативних економічних показників, які переводять натуральні показники у вартісні).

Для кількісної оцінки екологічного збитку використовують три основні методи:

- метод прямого розрахунку, що базується на порівнянні показників забрудненого та умовно чистого (контрольного) районів;
- аналітичний метод, що ґрунтується на отриманні математичних залежностей між показниками стану відповідної економічної системи та рівнем забруднення навколишнього середовища;
- емпіричний, суть якого полягає в тому, що залежність збитку від рівня забруднення, отримана на основі двох перших методів на окремих об'єктах, узагальнюється і переноситься на однорідні досліджувані об'єкти.

Визначимо екологічний збиток, що завдається навколишньому середовищу при попаданні хімічних речовин у водні об'єкти або в ґрунт. Використання ГУС для локалізації токсичних рідин передбачає наявність в системі як вихідних, так і кінцевих продуктів реакції. Виконання умови стехіометричності за умови подачі компонентів для створення ГУС і в даному випадку дозволяє мінімізувати кількість хімічних сполук, які виступають в подальшому забруднювачами навколишнього середовища.

Розрахунок екологічного збитку проводився згідно із затвердженими методиками розрахунку [46] з використанням довідникових [48] або з визначених даних з маси забруднюючої речовини, її гранично допустимій концентрації (ГДК), коефіцієнтів небезпеки.

Маси відповідних розчинних речовин були розраховані та

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
						80
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

використовувалися в подальшому для розрахунку екологічного збитку (табл. 6.1). Порівнювався розмір розчинних продуктів реакції різних ГУС від можливого екологічного збитку за умови забезпечення стехіометричності реакції утворення ГУС.

Таблиця 6.1

Значення мас розчинних продуктів реакції ГУС з розрахунку на 150 кг системи для мінімальних і стехіометричних концентрацій компонентів.

№	Мінімальні концентрації		Стехіометричні концентрації	
	Розчинні речовини	маси, кг	Розчинна речовина	маса, кг
1	2	3	4	5
1.	CaCl ₂ ; NaCl	0,9; 1,1	NaCl	1,7
2.	MgCl ₂ ; NaCl	1,2; 1,2	NaCl	2,5
3.	MgSO ₄ ; Na ₂ SO ₄	0,8; 1,5	Na ₂ SO ₄	2,2
4.	FeSO ₄ ; Na ₂ SO ₄	0,9; 1,4	Na ₂ SO ₄	1,7
5.	K ₂ CO ₃ ; NaOH	21; 4,6	–	–
6.	AlCl ₃ ; NaCl	0,6; 0,8	NaCl	2,0
7.	Al ₂ (SO ₄) ₃ ; Na ₂ SO ₄	0,4; 1,2	Na ₂ SO ₄	1,7
8.	NH ₄ Cl; NaCl	2,2; 2,3	NaCl	4,6
9.	NH ₄ Br; NaBr	1,4; 3,9	NaBr	5,5
10.	(NH ₄) ₂ SO ₄ ; Na ₂ SO ₄	3,8; 2,6	Na ₂ SO ₄	6,7
11.	AlBr ₃ ; NaBr	0,9; 1,5	NaBr	2,6
12.	NaCl; NaOH	10,0; 3,8	–	–

Розмір збитків за забруднення земель визначається “Методикою визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням

земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства” (далі – “Методика 1”), згідно з якою кінцева формула для розрахунку екологічного збитку одним компонентом має вигляд:

$$P_z = A \cdot \Gamma_{oz} \cdot K_o \cdot K_{ez} \cdot \frac{M_i}{T_{zim} \cdot \Pi_i \cdot I_n}, \quad (6.1)$$

де P_z - розмір збитків за забруднення земель, грн;

A – питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки, значення якого дорівнює 0.5.

Γ_{oz} – нормативна грошова оцінка земельної ділянки, яка зазнала забруднення, грн/м²;

K_o – коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини, значення якого визначається за додатком 1 “Методики 1”;

K_{ez} – коефіцієнт еколого-господарського значення земель, визначається за додатком 2 “Методики 1”.

T_{zim} – товща земельного шару, що є розмірною одиницею для розрахунку витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування, $T_{zim} = 0,4$ м;

I_n – індекс поправки до витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування забруднюючою речовиною, визначається за додатком 3 “Методики 1”;

M_i – маса i -ї забруднюючої речовини;

Π_i – відносна густина забруднюючої речовини, т/м³, визначається за додатком 4 “Методики 1”.

Використання однотипних ГУС дозволяє зробити припущення, що площа забрудненої ділянки для всіх досліджуваних варіантів буде однаковою і

значення $K_{ег}$, I_n , $\Gamma_{оз}$ також будуть однакові для всіх систем. У загальному

випадку розмір збитку від забруднення земель буде визначатися значеннями K_o , K_l , Π_i .

Припустимо, сталося забруднення промислових земель ($K_{еe}=1.5$), забруднююча речовина проникла на глибину до 0,4 м ($I_n=0.100$), а нормативна грошова оцінка забруднених земель становить 55 грн/м². Тоді, згідно з даними “Методики 1” і довідкових даних про відносну щільність забруднюючих речовин, отримуємо значення, представлені в табл.6.2.

Далі для досліджуваних систем за умови стехіометричності формування ГУС проведено розрахунок розмірів відшкодування збитків, заподіяних водним об’єктам в результаті забруднення речовиною в складі продукції чи сировини. Він здійснювався відповідно до “Методики розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів” (далі – “Методика 2”) за формулою [47-48]:

$$P_v = K_c \cdot K_{кат} \cdot K_p \cdot K_3 \cdot M_i \cdot y \cdot \frac{1}{ГДК_i}, \quad (6.2)$$

де в P_v – розмір збитків за забруднення водних об’єктів, грн;

$K_c = 1,5$ – коефіцієнт, що враховує збільшення шкоди водній екосистемі за умови самовільного чи аварійного скиду;

$K_{кат}$ – коефіцієнт, що враховує категорію водного об’єкта, який визначається згідно з додатком 2 “Методики 2”;

K_p – регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод, який визначається згідно з роботи за додатком 3 “Методики 2”;

$K_3 = 1.5$ – коефіцієнт ураженості водної екосистеми;

M_i – маса скинутої i -ї забруднюючої речовини у водний об’єкт у складі продукції чи сировини, т;

y – проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів в поточному році грн/т, в 2019 р. $y = 1628,86$ грн/т;

ГДК i – безрозмірна величина, що чисельно дорівнює ГДК $_i$ i -ї забруднюючої речовини в воді водного об’єкта відповідної категорії.

В даному випадку також очевидно, що розмір збитку в конкретній ситуації при порівнянні однотипних ГУС буде визначатися M_i та $ГДК_i$. Значення K_c , $K_{кат}$, K_p , K_z та y будуть однакові при розрахунку збитку від різних ГУС в рамках одного водного об’єкта.

Припустимо, що сталося забруднення поверхневого водного об’єкта господарсько-побутового використання ($K_{кат} = 1.6$), розташованого в Харківській області ($K_p = 1,20$). Тоді, з урахуванням даних “Методики 2” і значень ГДК забруднюючих речовин відповідно до “СанПіН 4630-88. Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення”, отримаємо значення збитку, зведені в табл.6.2.

Таблиця 6.2

Результати розрахунку розміру екологічної шкоди за забрудненням земель (P_z), поверхневих вод (P_v) і сумарного розміру шкоди ($P_{заг}$) за умови використання ГУС зі стехіометричним вмістом компонентів для пожежогасінні горючих рідин

№ системи	Розчинна речовина	P_z , грн.	P_v , грн.	$P_{заг}$, грн.
1	NaCl	15,64	0,22	15,86
2	NaCl	22,45	0,33	22,78
3	Na ₂ SO ₄	25,17	0,19	25,36

4	Na ₂ SO ₄	22,85	0,17	23,02
6	NaCl	19,07	0,28	19,09
7	Na ₂ SO ₄	22,99	0,19	23,18
8	NaCl	38,60	0,555	39,15
9	NaBr	46,19	114865,67	114911,86
10	Na ₂ SO ₄	76,24	0,57	76,81
11	NaBr	21,45	52011,12	52032,57

Як видно з отриманих даних, основний внесок в суму збитку вносить забруднення ґрунтів.

Внесок від забруднення водних об'єктів розчинними забруднюючими речовинами проявляється лише в разі дуже низьких значень ГДК цих речовин або якщо для них не вказане значення ГДК. Згідно "Методики 2" в такій ситуації приймаємо $A = 600$. Зокрема, для броміду натрію P_e розраховано при $A = 600$.

З розглянутих систем найменшої екологічної шкоди за умови забезпечення стехіометричності утворення ГУС завдають навколишньому середовищу системи на основі карбонату калію і хлориду натрію, потім слідують системи на основі хлоридів кальцію і магнію.

Розмір збитку визначається головним чином масою забруднюючих речовин, що потрапили в навколишнє середовище, і значеннями їх ГДК. Внаслідок цього можна відзначити, що системи з утворенням хлоридів і сульфатів несуть менший екологічний збиток порівняно з системами на основі бромідів.

Проведений аналіз ГУС на основі гелеутворювача дозволив виявити системи, які заподіюють найменшої екологічної шкоди. Так, при утворенні ГУС слід забезпечити стехіометричність протікання реакції для мінімізації впливу на навколишнє середовище вихідних компонентів суміші.

Значні коливання параметрів екологічних характеристик або їх відсутність ускладнюють екологічну оцінку розглянутих ГУС.

З порівняльного визначення розрахункових екологічних збитків витікає, що локалізацію рідких токсичних речовин можна проводити з використанням ГУС на основі амоній хлориду.

Розрахунок екологічного збитку показав більший негативний економічний ефект від забруднення ґрунтів, і, в меншій мірі, – від забруднення поверхневих вод при використанні ГУС в локалізації рідких токсичних речовин. Сума екологічного збитку може сильно коливатися, від 20 до 125 тис. грн. при попаданні в навколишнє середовище передбачуваних розрахункових кількостей компонентів ГУС, і визначається, головним чином, масою, коефіцієнтом небезпеки і ГДК забруднюючої речовини. Розрахунковий передбачуваний розмір екологічного збитку від попадання розчинних забруднюючих речовин в ґрунт і поверхневі водні об'єкти при використанні ГУС на основі хлоридів і сульфатів незначний.

6.2. Висновки

1. Проведено розрахунок екологічного збитку при локалізації рідких токсичних речовин швидкотвердіючими пінами на основі гелеутворюючих систем.
2. Системи з утворенням хлоридів і сульфатів несуть менший екологічний збиток порівняно з системами на основі бромідів.
3. При використанні амоній хлориду в якості каталізатора гелеутворення екологічний збиток становить 74.69 грн.
4. Розрахунок екологічного збитку показав більший негативний економічний ефект від забруднення ґрунтів, і, в меншій мірі, від забруднення поверхневих вод.

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		86

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз масштабних аварій пов'язаних з токсичними речовинами та їх наслідків, визначено найбільш небезпечний вражаючий фактор НХР на людей і тварин - інгаляційний вплив високих концентрацій парів токсичних речовин.
2. Показано, що повітряно-механічні піни не достатньо ефективні як ізолюючий засіб для рідких токсичних речовин через її низьку стійкість.
3. Запропоновано для цілей ізоляції поверхні рідин використовувати швидкотвердіючі піни.
4. Для забезпечення процесу твердіння запропоновано використовувати процес гелеутворення. Підібрано систему ($\text{NH}_4\text{Cl}(4,1\%) + \text{Na}_2\text{O}\cdot 2.5\text{SiO}_2(4,5\%)$), яка забезпечує час твердіння пін 45 с.
5. Коефіцієнт уповільнення випарування для твердої піни товщиною 2 см складає 7,9, а для товщини шару 4 досягає 8.5.
6. Ізолюючі властивості швидкотвердіючої піни порівняно з повітряно-механічною піною більша в 7 разів, а їх стійкість не менше 12 години.
7. Для одержання швидкотвердіючих пін використовуються речовини третього класу небезпеки.
8. Проведено розрахунок екологічного збитку при локалізації рідких токсичних речовин швидкотвердіючими пінами на основі гелеутворюючих систем з утворенням хлоридів несуть менший екологічний збиток порівняно з системами на основі бромідів.
9. Технічна новизна розробленого складу підтверджена позитивним рішенням на подану заявку на корисну модель «Швидкотвердіюча піна».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2019 році.
2. Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи. Довідник / За загальною редакцією Назарова О.О., Кулешова М.М. Х.: АЦЗУ, 2006. 376 с.
3. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2015 році.
4. Малмен Ю., Ніссіла М., Віролайнен К. та Репола П. ‘Хімічні речовини, що обробляються та постійно викликає занепокоєння під час зупинок заводів ’, Журнал запобігання втратам у процесі промисловість, 2010 В. 23. С. 249–252.
5. Мельниченко А. С., Кустов М. В., Кіреєв О. О., Лещова В. А. Аналіз стану небезпеки на об'єктах зберігання хлору. – С. 198-210.
6. [Електронний ресурс] URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/vzryiv-i-pozhar-na-himicheskome-zavode-vo-fliksboro-1-iyunya-1974-goda/>
7. [Електронний ресурс] URL: <http://www.gazospatelny-punkt.ru/avarii-svyazannye-s-utechkoy/literatura-ob-avariyah/ctati-ob-avariyah/>
8. Т. М. Портянко, С. В. Ротте, Н. М. Пшенишна. Аналіз історичних аспектів розвитку техногенної безпеки. – С.128-136.
9. [Електронний ресурс] URL: https://news.24tv.ua/ru/tragedija_bhopala_katastrofa_v_indii_kotoraja_zaschitan_nye_minuty_unichtozhila_vse_zhivoe_18_n1215199
10. 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.
11. 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.

12. Постановою Кабінету Міністрів України від 11.07. 2002 р. №956 «Порядок ідентифікації та обліку об'єктів підвищеної небезпеки»

13. Железнов А.И. «Условия локализации и ликвидации пожара» [Електронний ресурс] URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/parametry-i-usloviya-lokalizacii-i-likvidacii-pozharov/>

14. 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.

15. Наказ № 57513.03.2012 Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

16. Fingas, M. Spill Techjl. Newslett. Text. / M. Fingas, N. Loroche. 1990. Т. 15.№ 4. р. 1-20.

17. Р.А. Петухов, Д.Г. Трегубов, К.В. Жернокльов, А.В. Савченко Підвищення ефективності локалізації надзвичайних ситуацій пов'язаних з розливом летучих токсичних рідин шляхом використання пін із заданим часом тверднення // Проблеми надзвичайних ситуацій. 2019. № 1(29). - С. 37-46.

18. Петухов Р. А., Кірсєв О. О., Слепужніков Є. Д., Савченко О. В., Шевченко С. М., Дейнека В. В. (2020). Підвищення часу існування пін швидкого тверднення. [Електронний ресурс] URL <http://doi.org/10.5281/zenodo.4400204>

19. Колоїдна хімія: підручник\ М.О. Мчедлов-Петросян, В.І Лебедь, О.М. Глазков, О.В. Лебідь; за ред. Проф. М.О. Мчедлова-Петросяна,- 2-ге вид, випр, і доп, - Х.:ХНУ імені В.Н Каразіна, 2012.- 500с

20. Дикань С.А., Зима О.Є. Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях , Університетський курс. — Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. — 273 сторони.

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

22. Пат. № 1349758 (СССР). Способ тушения пожара разлившейся горючей жидкости/ Е.Н. Понимасов, В.Е. Малейкин, И.М. Абдурагимов, Л.К. Исаева, И.Р. Бештев; №3892516; заяв. 12.05.85; опубл. 07.07.87.

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

24. Аварійно-рятувальні роботи з радіаційного та хімічного захисту. Курс лекцій / І.М. Грицина, Ю.О. Куліш, В.В. Тригуб. – Х.: НУЦЗУ, 2013. – 132 с.

25. 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.

26. Абдурагимов, И.М. О роли изолирующей способности воздушно - механической пены при тушении нефтепродуктов в резервуарах. Текст. / И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров. Горение и проблемы тушения пожаров. - М.: ВНИИПО, 1978. - с. 99 - 102.

27. 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.

28. 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.

29. Богданова В.В., Тихонов М.М., Мамедов А.М Быстротвердеющие полимерные пены для ограничения распространения и тушения пожаров / В.В. Богданова [и др.] // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2016. – № 2(24). – С.4 –9

30. Шестаков В.Н. Ш 51 Планирование эксперимента в оптимизационных задачах технической мелиорации грунтов: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2007. – 95 с.

31. Макарьора Д. А., Панасюк І. В. Київський національний університет технологій та дизайну. Визначення погонного зусилля різання повсті ножем з двосторонньою заточкою; Вісник КНУТД 2014. – 41 с.

32. 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.

33. Пат. № 1349758 (СССР). Способ тушения пожара разлившейся горючей жидкости/ Е.Н. Понимасов, В.Е. Малейкин, И.М. Абдурагимов, Л.К. Исаева, И.Р. Бештев; №3892516; заяв. 12.05.85; опубл. 07.07.87.

34. Безродных, И.Ф. Исследование поведения пенного слоя на поверхности горячей жидкости. Текст. / И.Ф. Безродных. Горение и проблемы тушения пожаров. М.: ВНИИПО, 1981. с. 15 - 17.

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

36. [Електронний ресурс] URL: <https://ppt-online.org/425212>

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

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

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

40. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

41. ДБН В.1.1-7-02. Державні будівельні норми України. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

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

43. Міністерство надзвичайних ситуацій України, Наказ "Про

затвердження Правил охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях"
від 11.09.2012 № 1192

44. ПУЭ ПУЕ:2006. Правила улаштування електроустановок.

45. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок.
Електрообладнання спеціальних установок.

46. Про затвердження «Методики визначення розмірів шкоди,
зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення
природоохоронного законодавства»: наказ Мінприроди від 27.10.1997 р. №
171 (із змінами 04.04.2007). URL:
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z028598/print>. (дата звернення:
30.12.2018). 251.

47. Search for Chemicals. Database // European Chemicals Agency.
URL: <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/>. (Дата звернення:
30.12.2018). 250.

48. Про затвердження «Методики розрахунку розмірів
відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення
законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів»:
наказ Мінприроди від 20.07.2009 р. №389 (із змінами 13.10.2015). URL:
<http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09/print> (дата звернення:
30.12.2018).

					НУЦЗУ.2.19-184.СХ та ХТ РПЗ-01	Лист
						92
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		