

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: Дослідження безпеки розміщення сил і засобів ОРС ЦЗ при ліквідації
НС на об'єктах хімічної промисловості

Виконав: здобувач вищої освіти 2 курсу за
другим (магістерським) рівнем вищої освіти,
групи ЗМХТ-19
галузі знань (освітньо-професійної програми)
16 «Хімічна та біоінженерія»
«Радіаційний та хімічний захист»
Інна ОЛІЙНИК

Керівник: Олена ТАРАХНО

Рецензент: Костянтин АФАНАСЕНКО

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 СХтаХТ
полковник служби цивільного захисту
к.т.н., доцент

Олена ТАРАХНО

“ ” 2021 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Олійник Інна Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження безпеки розміщення сил і засобів ОРС ЦЗ при ліквідації НС на об'єктах хімічної промисловості

керівник роботи Тарахно Олена Віталіївна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом НУЦЗУ України від “22” лютого 2021 року №28

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: концентрація токсичних речовин, первинна хмара, вторинна хмара, концентраційна межа запалення

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

1. Аналіз існуючих моделей і методів визначення концентрації токсичних речовин у приземному шарі атмосфери

2. Стаціонарний процес розсіювання небезпечних хімічних речовин у приземному шарі атмосфери

3. Аналіз достовірності запропонованого підходу визначення концентрацій НХР

4. Практичне застосування моделей при ліквідації нс з викидом НХР

5. Висновки.

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

1. Титул – 1 слайд.

2. Мета роботи та завдання – 1 слайд.

3. Статистичні дані про кількість НС на Україні за 2010-2019 рр – 3 слайди.

4. Класифікація небезпечних промислових об'єктів – 2 слайди

5. Аналіз існуючих методів розрахунку розповсюдження хмари зараження при викиді (розливі) хімічних речовин в атмосферу – 1 слайд

6. Основні типи аварій на ХНО – 3 слайди

7. Розподіл концентрації парів НХР у просторі – 3 слайди

8. Визначення зон токсичного зараження, зон з верхнім і нижнім концентраційними межами запалення – 2 слайди

9. Порівняльний аналіз результатів розрахунків розподілів концентрацій в різних моделях – 1 слайд

10. Організація і проведення АРР в разі розливу метанолу – 1 слайд

11. Висновки – 1 слайд.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Дейнека В.В. доцент кафедри СХтаХТ		

7. Дата видачі завдання _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір джерел інформації, обґрунтування вибору дослідницьких методик	08.03.2021	
2.	Складання плану кваліфікаційної роботи	08.03.2021	
3.	Аналітичний огляд джерел інформації	13.03.2021	
4.	Аналіз існуючих моделей і методів визначення концентрації токсичних речовин у приземному шарі атмосфери	13.03.2021	
5.	Стаціонарний процес розсіювання небезпечних хімічних речовин у приземному шарі ат-мосфери	20.03.2021	
6.	Аналіз достовірності запропонованого підходу визначення концентрацій НХР	30.03.2021	
7.	Практичне застосування моделей при ліквідації нс з викидом НХР	10.04.2021	
8.	Висновки	20.04.2021	
9.	Виконання графічної частини	01.05.2021	

Здобувач вищої освіти _____ Інна ОЛІЙНИК
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи _____ Олена ТАРАХНО

РЕФЕРАТ

Звіт про КР 87 с., 42 рис., 3 табл., 104 джерел, 0 додатки.

Ключові слова: концентрація токсичних речовин, первинна хмара, вторинна хмара, концентраційна межа заpalення.

Об'єкт досліджень: процеси розповсюдження небезпечних хімічних речовин в приземному шарі атмосфери при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах.

Мета роботи: визначення параметрів і характеристик зон можливих дій сил і засобів ОРС ЦЗ при ліквідації НС на об'єктах хімічної промисловості.

Стислий зміст роботи та висновки: в роботі було проведено огляд аварій на хімічно небезпечних об'єктах, розташованих на території України і зарубіжних країн. Проведено аналіз існуючих моделей і методів просторово-часового опису концентрації хімічної речовини в хмарі. Отримано оцінку достовірності (адекватності) отриманих результатів шляхом порівняння їх з результатами експериментальних досліджень. Передбачено можливість оперативного розрахунку зон зараження - для практичного застосування підрозділами ОРС ЦЗ. Дано конкретні рекомендації керівникам підрозділів ОРС ЦЗ, які залучаються для ліквідації аварій на об'єктах хімічної промисловості.

Висновки:

1. Показано, що існуючі рекомендації визначення зон зараження не забезпечують достовірність їх розрахунків, не дають кількісних оцінок концентрацій. Більш досконалі моделі розрахунків концентрацій або не застосовні до опису аварій на хімічних об'єктах, або складні з різних причин для оперативних розрахунків зон керівником ліквідації аварій.

2. З'ясовано, що при складанні планів ліквідації аварій з викидом (розливом) небезпечних хімічних речовин не розглядаються і не враховуються такі небезпечні фактори, як вибух або загоряння пароповітряної хмари.

3. На основі рівнянь турбулентної дифузії запропоновані моделі в вигляді простих аналітичних виразів, які пристосовані до визначення концентрацій небезпечних хімічних речовин в атмосфері як в стаціонарному випадку опису вторинного хмари, так і в нестационарному.

4. Показано, що запропонована модель дозволяє, визначати значення концентрацій на різних відстанях від джерела викиду і різних висотах. Досліджено властивості і особливості запропонованих моделей в залежності від різних параметрів.

5. Адекватність запропонованих моделей підтверджена шляхом порівняння результатів розрахунків концентрацій згідно нашим моделям і напівемпіричні моделі методики ОНД-86. Проведені експериментальні дослідження поширення хлорпікрину в атмосфері також знаходяться в згоді з розвиненими моделями.

6. Рекомендовано практичне використання результатів, отриманих за допомогою запропонованих моделей, з урахуванням всіх можливих факторів ураження, що виникають при викиді (розливі) небезпечних хімічних речовин, для керівника ліквідації наслідків аварії.

Область використання: результати проведеної роботи можна використовувати при розробці нових планів ліквідації НС на хімічно-небезпечних об'єктах.

ABSTRACT

QW report: 77 pages, 42 figures, 3 tables, 105 sources, 0 appendices.

Key words: concentration of toxic substances, primary cloud, secondary cloud, concentration limit of inflammation.

Object of research: processes of distribution of dangerous chemicals in the surface layer of the atmosphere during accidents at chemically dangerous objects.

Purpose: to determine the parameters and characteristics of the zones of possible actions of the forces and means of the Central Command during the liquidation of emergencies at the chemical industry.

Summary of the work and conclusions: the paper reviewed accidents at chemically hazardous facilities located in Ukraine and foreign countries. The analysis of existing models and methods of spatio-temporal description of the concentration of a chemical substance in the cloud is carried out. An assessment of the reliability (adequacy) of the results obtained by comparing them with the results of experimental studies. It is possible to quickly calculate the zones of infection - for practical use by units of the Central Command. Specific recommendations were given to the heads of units of the Central Command, which are involved in the elimination of accidents at chemical facilities.

Conclusions:

1. It is shown that the existing recommendations for determining the zones of infection do not ensure the reliability of their calculations, do not give quantitative estimates of concentrations. More sophisticated models for calculating concentrations are either not applicable to the description of accidents at chemical facilities, or are difficult for various reasons for operational calculations of zones by the head of emergency response.

2. It was found out that when drawing up plans for the elimination of accidents with the release (spill) of hazardous chemicals are not considered and do not take into account such hazardous factors as the explosion or fire of a vapor cloud.

3. On the basis of turbulent diffusion equations, models in the form of simple analytical expressions are proposed, which are adapted to determine the concentrations of hazardous chemicals in the atmosphere both in the stationary case of the secondary cloud description and in the nonstationary one.

4. It is shown that the proposed model allows to determine the values of concentrations at different distances from the emission source and at different heights. The properties and features of the offered models depending on various parameters are investigated.

5. The adequacy of the proposed models is confirmed by comparing the results of calculations of concentrations according to our models and semi-empirical models of the OND-86 method. Experimental studies of the distribution of chloropicrin in the atmosphere are also in agreement with the developed models.

6. It is recommended to use in practice the results obtained with the help of the proposed models, taking into account all possible factors of damage that occur during the release (spill) of hazardous chemicals, for the head of the accident.

Scope: the results of this work can be used in the development of new emergency response plans for chemically hazardous facilities.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
Розділ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ	9
1.1 Огляд надзвичайних ситуацій, що сталися на хімічних підприємствах і транспорті	9
1.2. Стан об'єктів хімічної промисловості на Україні, що містять небезпечні хімічні речовини	12
1.3 Аналіз існуючих методів розрахунку розповсюдження хмари зараження при викиді (розливі) хімічних речовин в атмосферу	18
1.4 Аналіз відомих методів розрахунку розсіювання домішок в атмосфері	25
1.5 Аналіз підходу до ліквідації наслідків викиді небезпечної хімічної речовини хімічних підприємств.....	27
Розділ 2. СТАЦІОНАРНИЙ ПРОЦЕС РОЗСІЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ.....	33
2.1 Утворення та властивості вторинного хмари в результаті випаровування розлитих небезпечних хімічних речовин.....	33
2.2 Модель опису розповсюдження вторинного хмари	34
2.3 Розподіл концентрації парів НХР у просторі	42
2.4 Визначення зон токсичного зараження, зон з верхнім і нижнім концентраційними межами запалення	49
Розділ 3. АНАЛІЗ ДОСТОВІРНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНОГО ПІДХОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ НХР	54
3.1 Порівняльний аналіз результатів розрахунків розподілів концентрацій в різних моделях	54

					НУЦЗУ.2.2019-20.СХтаХТ.РПЗ-10							
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата	Дослідження безпеки розміщення сил і засобів ОРС ЦЗ при ліквідації НС на об'єктах хімічної промисловості			Літ.	Аркуш	Аркушів		
Розробив	Олійник І.О.							М	Р	Р	4	87
Перевірів	Тарахно О.В.							ЗМХТ-19				
Н. контр	Скородумова О.Б											
Затвердив	Тарахно О.В.											

3.2 Практичне підтвердження результатів моделювання	56
Розділ 4. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НС З ВИКИДОМ НХР	59
4.1 Існуючі вимоги до організації АРР з ліквідації наслідків хімічних аварій .	59
4.2 Організація АРР в разі миттєвої розгерметизації ємності з метанолом.....	61
4.3 Організація і проведення АРР в разі розливу метанолу.....	65
Розділ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО- РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ХНО.....	72
ВИСНОВКИ	76
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	77

ВСТУП

Актуальність проблеми. Територія України за наявністю промислових об'єктів, третя частина з яких є потенційно небезпечними об'єктами, пов'язаних з виробництвом, зберіганням і переробкою небезпечних хімічних речовин, у кілька разів перевищує рівень європейських країн.

Ризик виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру стає дедалі більше, оскільки рівень зносу обладнання більшості хімічних підприємств наближається до критичного.

Аварії на таких об'єктах, як правило, супроводжуються забрудненням навколишнього середовища отруйними речовинами, а також пожежами та вибухами. При цьому площі зон зараження вимірюються квадратними кілометрами, а втрати незахищеного населення в цих зонах можуть досягати 100%, становлячи сотні і тисячі людей.

Сучасні вимоги до ліквідації і локалізації аварії, пов'язаної з викидом (розливом) НХР, передбачає наявність інформації як про сам хімічну речовину, площах зараження, так і про величину приземної концентрації токсичних речовин в зонах зараження.

Використовувані в хімічному виробництві речовини не тільки токсичні, але і вибухопожежонебезпечні. Тому доцільно також проводити розрахунок зон з нижнім і верхнім концентраційними межами запалення.

На даному етапі пожежно-рятувальні підрозділи ДСНС Україна користуються методикою розрахунку зон хімічного зараження, яка не відповідає сучасним вимогам. Так, існуюча методика не призначена для розрахунку кількості токсичної речовини в зоні зараження, неможливий розрахунок зон з верхнім і нижнім концентраційними межами запалення. В результаті при складанні планів ліквідації аварії випадає з аналізу найважливіші вражаючі фактори, пов'язані з виникненням пожежі або вибуху газозово-задушливій суміші.

						Лист
					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	6
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Проведення розрахунків величини приземної концентрації токсичних речовин в зонах зараження тісно пов'язане з вивченням процесів поширення домішки в приземному шарі атмосфери.

Проблеми забруднення атмосфери від висотних джерел викиду, а також поширення домішки в приземному шарі атмосфери хвилювали вчених протягом багатьох років. Перші роботи по теоретичному дослідженню поширення домішки в приземному шарі атмосфери належать таким вченим як А. Робертс. О. Сеттон. На нинішньому етапі розвитку науки існують роботи, в яких за допомогою математичних моделей розглядаються питання забруднення атмосфери від висотних джерел і представлені в роботах Берлянда М.Н., Бизов Н.Л., Колмогорова Д.Н., Марчука Г.І., Гаргера Е.К., Іванова В.М., Яглом А.Н., Моница АС. Соловей В.В., Прохач Е.Ю. .. Беляєва Н.Н., Созніка О.П. та ін.

Не дивлячись на величезний обсяг накопиченої інформації, дані роботи присвячені вивченню процесів перенесення в атмосфері речовин з високою температурою викиду від висотних джерел на великі відстані протягом тривалого періоду часу. В даний час не існує досить простий, адекватної і практично застосовної моделі розрахунку кількості токсичної речовини в зоні зараження при викиді з наземних резервуарів небезпечних хімічних речовин, яку можна було б використовувати практичними працівниками ДСНС.

Отже, розрахунок зон токсичного зараження, зон з нижнім і верхнім межею займання для подальшого прийняття оперативно-тактичних рішень пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС з метою захисту населення при ліквідації наслідків аварій з викидом (розливом) хімічних речовин - є актуальним завданням.

Метою роботи є визначення параметрів і характеристик зон можливих дій сил і засобів ОРС ЦЗ при ліквідації НС на об'єктах хімічної промисловості.

Для досягнення поставленої мети ставляться такі завдання:

- провести огляд аварій на хімічно небезпечних об'єктах, розташованих на території України і зарубіжних країн;

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	7

НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01

- провести аналіз існуючих моделей і методів просторово-часового опису концентрації хімічної речовини в хмарі;
- отримати оцінку достовірності (адекватності) отриманих результатів шляхом порівняння їх з результатами експериментальних досліджень;
- передбачити можливість оперативного розрахунку зон зараження - для практичного застосування підрозділами ОРС ЦЗ;
- дати конкретні рекомендації керівникам підрозділів ОРС ЦЗ, які залучаються для ліквідації аварій на об'єктах хімічної промисловості.

Новизна роботи полягає в тому, що:

- показано, що існуючі, рекомендовані до практичного використання методики розрахунку зон зараження при аваріях на хімічних підприємствах з викидом небезпечних хімічних речовин є незадовільними;
- виходячи з рівняння турбулентної дифузії, нами запропоновані аналітичні моделі опису просторово-часового розподілу небезпечних хімічних речовин в атмосфері для стаціонарного і нестаціонарного випадків, які можна використовувати для опису поширення вторинного і первинного хмар;
- показано, що крім небезпеки токсичного ураження, необхідно враховувати такі суттєві небезпечні фактори як поразку ударною хвилею при вибуху хмари і тепловим потоком від вогняної кулі при загорянні хмари.

Теоретична і практична значущість роботи полягає в тому, що в результаті проведених досліджень запропоновані прості та ефективні моделі, які пристосовані для оперативних розрахунків зон токсичного зараження, зон з верхнім і нижнім концентраційними межами запалення і які можна використовувати при складанні планів ліквідації аварійних ситуацій.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

Розділ 1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ

1.1 Огляд надзвичайних ситуацій, що сталися на хімічних підприємствах і транспорті

Розвиток виробничих сил в світі супроводжується прогресуючим збільшенням потужностей технологічних комплексів, транспортних засобів, енергетичних систем, вузлів управління. Не всі елементи техносфери мають належної стійкості і надійності в нормальних умовах роботи, тому існує небезпека виникнення надзвичайних ситуацій та катастроф.

Особливу [1-5] потенційну небезпеку являють собою будівництво і розвиток об'єктів, що виробляють, зберігають або використовують токсичні, вибухонебезпечні речовини. Особливо гострою ця проблема є в хімічній промисловості, для якої характерні концентрації великих кількостей горючих матеріалів, використання у виробництві НХР [3, 6, 7].

Аварії на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО), як правило, супроводжуються зараженням навколишнього середовища отруйними речовинами, а також пожежами та вибухами [3]. При цьому площа зон хімічного зараження вимірюється квадратними кілометрами, і втрати серед незахищеного населення в цих зонах можуть досягати 100%, становлячи сотні і тисячі людей. В результаті проведеного аналізу нами складена карта небезпек при розгерметизації резервуара на ХНО, яка представлена на рис. 1.1 і є уточненими і вдосконаленим варіантом карти безпеки з [8].

Карта небезпек (рис.1.1) є спільною для всіх видів НХР, що зберігаються в резервуарах на відкритих складах хімічних реагентів. Як правило, в зазначених аварійних ситуаціях викид (розлив) НХР має обмежені розміри, проте, і в цих випадках може виникати як поразку виробничого персоналу, в тому числі з летальним результатом, так і поразки населення прилеглих районів. Крім цього

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		9

виникають також такі додаткові вражаючі фактори НС - вибух і пожежа на ХНО. Слід зазначити, що аварія з викидом (розливом) НХР є небезпечну ситуацію техногенного характеру. Залежно від територіального поширення, а також від складу сил та засобів, які залучаються для її ліквідації, може бути як регіонального, так і загальнодержавного масштабу [9-17].

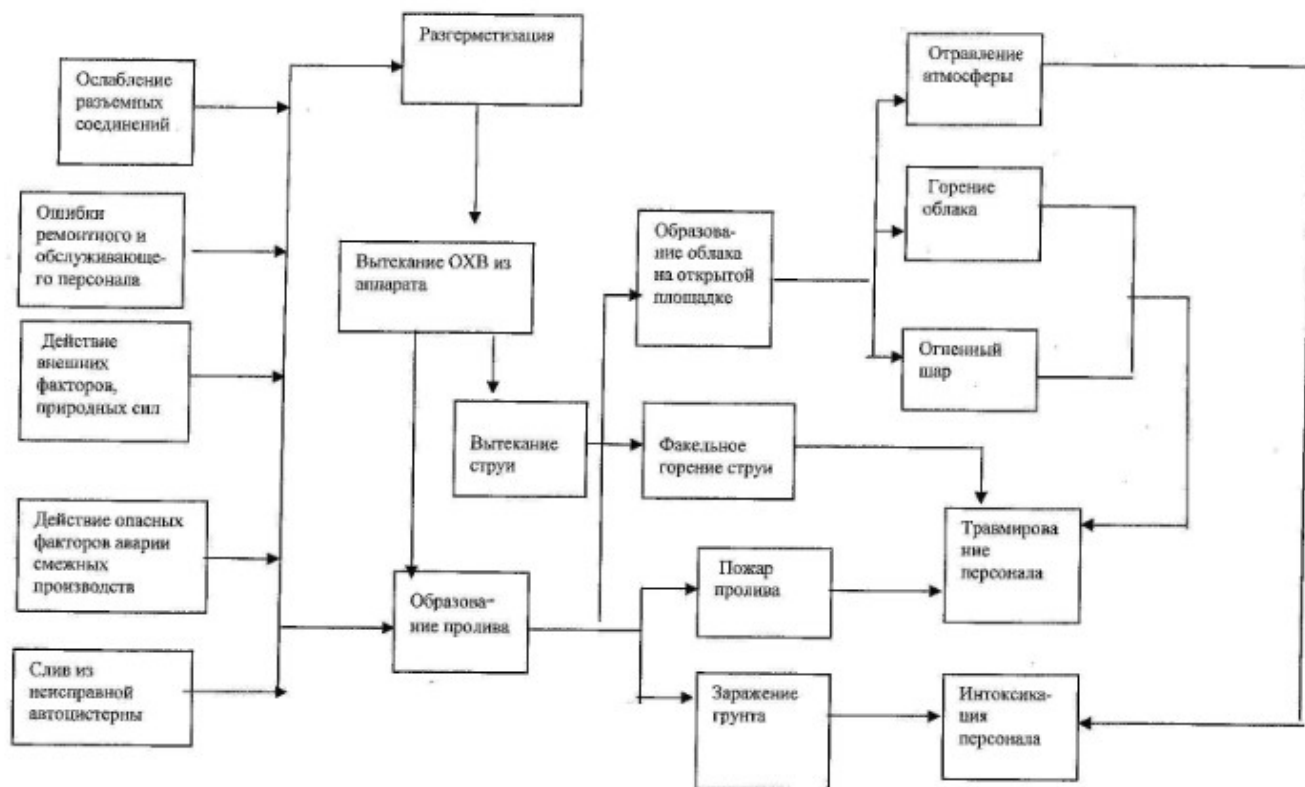


Рис. 1.1. – Карта безпеки розгерметизації резервуару з небезпечними хімічними речовинами

Виникнення НС, обумовлених хімічними аваріями (катастрофами), в сьогоdnішніх умовах цілком реально. Більш того, в останні роки їх ймовірність постійно зростає [4]. Сьогодні в світі відбуваються тисячі хімічних аварій при виробництві, зберіганні, транспортуванні НХР. Найбільше число аварій в світі відбувається на підприємствах, які виробляють або зберігають хлор, аміак, мінеральні добрива, гербіциди, продукти органічного та нафтоорганічного синтезу. Так, за даними [4] в Росії за п'ять років з 1992-1996 рр. сталося понад 250 аварій з викидом НХР, під час яких постраждали більше 800 і загинули 69 осіб. Причому

	Львів), 2007 р.	Викид жовтого фосфору.		і 800 мешканців. Постраждало більше 150 осіб.	
16.	Україна (а/м Бориспіль – Дніпро – Запоріжжя), 2007 р.	Розлив хлору	0,5	-	-

Зростання обсягів виробництва, і в той же час незадовільний стан більшості технологічних ліній, присутність «людського фактора» в основі виникнення аварій з викидом (розливом) НХР є основними причинами виникнення хімічних аварій. Прогностичні оцінки на найближчу перспективу припускають тенденцію підвищення ймовірності виникнення аварій з викидом (розливом) НХР в майбутньому [20].

1.2. Стан об'єктів хімічної промисловості на Україні, що містять небезпечні хімічні речовини

Дані статистики [24] про кількість надзвичайних ситуацій, що сталися в Україні (рис.1.2) свідчать про те, що найбільший вплив на рівень потенційної небезпеки мають техногенні надзвичайні ситуації, які становлять 54%.

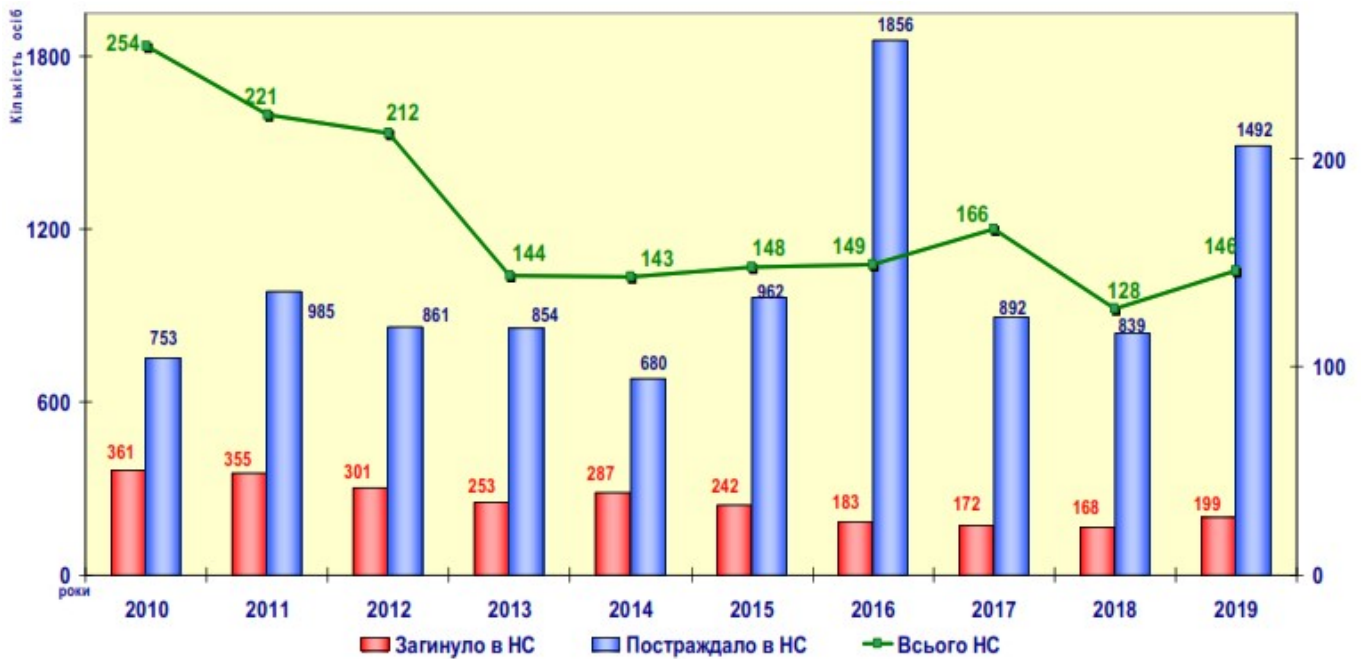


Рис.1.2. – Статистичні дані про кількість НС на Україні за 2010-2019 рр.

За 2019 рік в Україні зареєстровано 146 НС техногенного характеру (128 у 2018 р.), в яких загинуло 199 і постраждало 1492 чол. [25]. Відповідно до проведених досліджень [24] найбільшу потенційну небезпеку серед регіонів України представляють Дніпропетровська, Запорізька та Одеська області.

Техногенні аварії мають тенденцію до зростання. Згідно [25] аварії, що виникли в результаті порушень норм і правил при експлуатації газового господарства, є основними причинами виникнення НС техногенного характеру. На другому місці - аварії викидом (розливом) НХР на хімічних підприємствах.

На даний момент в Україні функціонує 18,5 тис. Об'єктів підвищеної небезпеки, з яких 5,5 тис., Відповідно до нормативних вимог [26, 27], відносяться до об'єктів підвищеної небезпеки. Найбільша їх частина розташована на території Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Харківської та Львівської областей [25].

На території підприємств зберігаються або звертаються в виробничому процесі до 300 тис. тон небезпечних хімічних речовин, у тому числі понад 9 тис. тон хлору, 200 тис. тон аміаку, близько 840 тон різних отрутохімікатів, 465 тон заборонених для використання пестицидів і приблизно 100 тис. тон інших НХР [28, 29].

Розподіл об'єктів, на яких зберігаються і переробляються у виробничому процесі НХР представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Розподіл ХНО по областях України [30]

№ з/п	Адміністративно-територіальна одиниця	Кількість об'єктів	Кількість НХР (т)
1.	АР Крим		390
2.	Вінницька	2	3000
3.	Дніпропетровська	12	120000
4.	Донецька	18	28000
5.	Житомирська	1	5
6.	Закарпатська	4	100
7.	Запорізька	10	2500
8.	Івано-Франківська	1	3000
9.	Київська	3	80
10.	Луганська	8	31000
11.	Львівська	6	4200
12.	Миколаївська	4	9000
13.	Одеська	28	66000
14.	Полтавська	4	25
15.	Рівненська	1	4300
16.	Сумська	4	2700
17.	Харківська	3	1800
18.	Херсонська	3	120
19.	Чернігівська	2	13
20.	Черкаська	4	11000
21.	м. Київ	13	1100
22.	м. Севастополь	1	42
	Разом:	140	290000

До основних об'єктів хімічної небезпеки в Україні [9] відносяться:

- заводи і комбінати хімічних галузей промисловості, які виробляють, використовують, переробляють або утилізують НХР;
- підприємства, на виробничих площах яких зберігаються НХР, що підлягають утилізації;
- підприємства, що мають у виробничому обладнанні холодильні установки, водонапірні станції і очисні споруди, які використовують аміак або хлор;

						Лист
						14
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	

- залізничні станції і порти, де концентрується продукція хімічних підприємств;

- транспортні засоби, контейнери, автоцистерни, річкові і морські танкери, що перевозять хімічні речовини;

- склади і бази, на яких знаходяться запаси речовин отрутохімікатів для потреб сільського господарства.

Безпечна робота ХНО залежить від багатьох чинників: фізико-хімічних особливостей хімічних речовин, характеру технологічного процесу, конструкції і надійності обладнання, умов зберігання, переробки і транспортування хімічних речовин і ін. Крім цього безпеку виробництва, використання, зберігання і транспортування ОХВ залежить від рівня профілактичної роботи на об'єкті, що охороняється, проведення своєчасних капітальних і планово-попереджувальних ремонтів, систем контролю за станом технологічних засобів протиаварійного захисту [5, 30-33].

Згідно [1, 2, 34, 35] рівень безпеки хімічних виробництв в Україні характеризується як морально застарілими технологіями, так і ресурсним зносом основних фондів. Більше 140 тис. Одиниць технологічного обладнання та транспортних засобів хімічного комплексу не відповідає вимогам безпеки, а більше 16 тис. Одиниць технологічного обладнання вичерпали встановлений ресурс експлуатації, 0,6% технологічних процесів хімічних виробництв не відповідають вимогам безпеки. На території хімічних підприємствах близько 900 будівель не проходять капітальних ремонтів, 125 будівель та споруд не відповідають вимогам будівельних норм і правил, а більше 40 знаходяться в аварійному стані, 80% аміачно-холодильних установок знаходяться в незадовільному стані через відсутність в Україні виробництва комплектуючих, фізичне і моральне їх старіння.

Хімічно небезпечні об'єкти, на яких виробляється і використовується велика кількість хлору, мають застаріле обладнання. За останні 5 років заміна основних виробничих фондів цих об'єктів практично не проводилася [30].

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

Згідно [1] технічний стан холодильно-компресорного устаткування, апаратів, запірної і регулюючої апаратури, КВП на більшості підприємств (90%) сільського господарства, м'ясо-молочної та харчової промисловості не гарантує безпечну роботу аміачних холодильних установок. Ці установки відпрацювали 2-3 амортизаційних терміну і практично не підлягають ремонту через відсутність сертифікованих запчастин. Практично на 50% підприємств, через порушення герметичності холодильних систем, щорічно проводиться дозаправка рідким аміаком [30].

За останні роки широке застосування отримав трубопровідний транспорт, в тому числі і для перекачування великої кількості НХР. Згідно [9, 30] довжина магістральних газопроводів по території України становить понад 35 тис. км, магістральних нафтопроводів - 4 тис. км. Їх роботу забезпечує 120 компресорних станцій. Довжина продуктопроводів становить близько 3,3 тис. км. Особливе занепокоєння викликає експлуатація аміакопроводу Тольятті - Одеса, довжина якого на території України становить 1022 км. При робочому тиску в трубопроводі 80 кг/см^2 кожний кілометр труби вміщує до 56 тонн аміаку. У зоні можливої аварії може перебувати від 200 до 15000 чол.

Як зазначено в [9], конструктивні особливості існуючих магістральних трубопроводів не дозволяють ефективно і швидко зупинити витікання газу, нафти, НХР в разі прориву труби. Запірні крани і засувки встановлені на великих відстанях (20 км) один від іншого, що призводить до витікання продукту з пошкодженої ділянки після відключення ще довгий час.

Великі запаси ОХР знаходяться в портах і на залізничному транспорті на об'єктах нового класу - терміналах. У м. Одеса припортовий склад аміаку складається з 4-х обвалованих ємностей з максимальним завантаженням по 30 тис. тон [36]. Площі великих терміналів досягають до 100 га, загальний обсяг зберігання в середньому становить 20-100 тис. тон хімічних продуктів.

Для тимчасового зберігання НХР перед відправленням на підприємства використовують залізничні склади. Термін зберігання хімічних речовин не

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	16

НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01

перевищує 2-3 діб, але гранично-допустимі межі кількості НХР, які знаходяться на цих складах, не встановлюються, що призводить до безконтрольного накопиченню цистерн [30].

Провівши аналіз обстановки, що склалася на підприємствах із застосуванням НХР, можна визначити наступні причини виникнення НС:

- зростання складних виробництв із застосуванням нових технологій, які вимагають високої концентрації енергії і небезпечних речовин;
- структурні зміни в економіці країни, що призвели до зупинки низки виробництв, порушення господарських зв'язків і збоїв в технологічних ланцюжках;
- високий і все прогресуючий знос основних виробничих фондів, що досягають на ряді підприємств 80-100%;
- падіння технологічної та виробничої дисципліни, рівня кваліфікації технічного персоналу;
- накопичення відходів виробництва, небезпечних для навколишнього середовища;
- відсутність або недостатній рівень попереджувальних заходів, здатних зменшити масштаби наслідків хімічних аварій і знизити ризик їх виникнення;
- недостатня законодавча і нормативна база;
- неминуче збільшення обсягу хімічного виробництва, перехід до роботи з повним навантаженням найбільших хімічних комплексів країни, збільшення обсягу перевезень і зберігання НХР.

Аналіз стану об'єктів, що містять НХР на території України показує, що при великій кількості ХНО існує реальна загроза виникнення надзвичайних ситуацій та катастроф з екологічними наслідками. У зоні можливого хімічного зараження мешкає близько 16 млн. осіб (33,4% від населення країни) [7, 9, 30].

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		17

1.3 Аналіз існуючих методів розрахунку розповсюдження хмари зараження при викиді (розливі) хімічних речовин в атмосферу

Для прогнозу і прийняття оперативно-тактичних рішень підрозділами ОРС ЦЗ ДСНС України з метою захисту населення і безпечної розстановці сил і засобів при ліквідації наслідків викиду (розливу) НХР з резервуара на відкритих складах хімічних підприємств, необхідно знати величину приземної концентрації токсичних речовин, розміри зони токсичного зараження, зон з НКМЗ і ВКМЗ.

Для того, щоб це робити науково обґрунтовано і оптимально з точки зору рівня значення концентрації НХР, необхідно знати специфіку процесів дифузії і поширенню газоподібних речовин в атмосфері.

Відомо, що на атмосферну дифузію впливає велика кількість різних факторів, в тому числі місцеві умови та джерела забруднення. Врахувати всі ці обставини в рамках однієї розрахункової методики досить складно. Однак існують загальні закономірності, які пов'язують між собою існуючі методи і перш за все закономірності атмосферних процесів, що визначають процеси переносу і розсіювання домішок.

Згідно [37] існують дві групи математичних моделей опису процесу розсіюється пасивної домішки при викиді в атмосферу, обидва типи моделей будуються по різному в залежності від просторових і часових масштабів розрахунку.

До першої групи належать моделі, що базуються на вивченні дифузії домішок в атмосфері [38 - 44, 64]. Це напівемпіричні рівняння з різними формами завдання коефіцієнта дифузії і середньої швидкості вітру. У загальному вигляді зміна значень концентрацій описується рівнянням [37 - 44]

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u \frac{\partial q}{\partial x} + v \frac{\partial q}{\partial y} + w \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial q}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z} - \alpha q, \quad (1.1)$$

де q - концентрація домішки в атмосферному повітрі ($\text{кг}/\text{м}^3$); t - час (с); u , v , w - складові середньої швидкості ($\text{м}/\text{с}$) руху домішки відповідно за напрямками осей x , y , z ; k_x , k_y , k_z - горизонтальні і вертикальні складові коефіцієнта обміну ($\text{м}^2/\text{с}$); α - коефіцієнт, що визначає зміна концентрації за рахунок перетворень домішки (с^{-1}).

					Лист
					18
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Тут осі x і y розташовані в горизонтальній площині, вісь z - по вертикалі вгору, а початок координат на поверхні землі. У разі важких домішок величина w дорівнює (зі знаком мінус) швидкості їх осадження, а для легких домішок, які не мають власної швидкості осадження $w = 0$.

При наявності вітру, спрямованого по осі x , членом, враховує молекулярну дифузію по цій осі нехтують, оскільки в цьому напрямку дифузний потік домішки значно менше конвективного.

При вирішенні конкретних завдань загальний вигляд рівняння (1.1) спрощується. Так, розгляд сталих процесів дозволяє прийняти умову $\frac{\partial q}{\partial t} = 0$. Таким чином, в разі усталеною дифузії за умов горизонтальної однорідної місцевості після спрощень вихідне рівняння має вигляд [38]:

$$u \frac{\partial q}{\partial x} + w \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial q}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z} - \alpha q, \quad (1.2)$$

Для легкої домішки і для випадку зберігається домішки з рівняння (1.2) отримують вираз

$$u \frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial q}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z}, \quad (1.3)$$

який і використовується в розрахунках [39, 40].

Коефіцієнти k_y , k_z також, як і u , що входять в рівняння (1.3), взагалі кажучи, повинні визначатися з рівнянь, що описують турбулентний рух. Однак, в даний час теорія турбулентного руху все ще не має закінченої форми. Тому зазвичай використовують різні моделі при їх описі [45-49].

Зокрема, один з підходів заснований на визначенні коефіцієнтів обміну k_y , k_z на основі проведених експериментальних досліджень характеристик приземного шару атмосфери [38, 39].

У такій моделі на основі рішення рівняння (1.3) розроблена методика [39] розрахунку концентрації шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств від димових труб, і яка в даний час прийнята в якості нормативного документа

ОНД-86 [50]. В [39, 50] враховується теплової та динамічний підйом струменів від димових труб підприємств. Розрахунок концентрації проводиться для «небезпечних швидкостей» вітру (10 м/с), при якому наземна концентрація домішки буде максимальною. При менших швидкостях вітру струмів диму після виходу з труби піднімається вище, і домішка досягає поверхні землі на великих відстанях, а при високих концентраціях сильно «розбавляється» після виходу в атмосферу. Методика містить великий набір розрахункових формул і рекомендацій, а представлені в [50] формули розрахунку концентрації в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств, призначені для проектування підприємств, нормування викидів в атмосферу реконструюються і діючих підприємств.

Недоліком ОНД-86 є відсутність рекомендацій для розрахунку розсіювання домішок при заданих конкретних метеорологічних умов і короткочасно діючого джерела, і призначені для визначення концентрації домішки на великих відстаней, де починає позначатися верхня межа прикордонного шару. Крім того, спочатку модель [39], закладена в методику [50], передбачає, що джерело знаходиться на значній висоті (> 10 м).

Друга група математичних моделей, основи якої були закладені О. Сеттоном [51], полягає в використанні для визначення концентрації домішки від джерела формул, отриманих на статичній основі. Вона застосовується для розрахунку факела від димової труби і вимагає малої кількості вихідних даних.

Відповідно до цієї моделі [51] розподіл домішки поблизу точкового джерела в різних напрямках описується [39] гауссовским законом:

$$q(x, y, z) = \frac{M}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}, \quad (1.4)$$

де M - витрата речовини, дисперсії, σ_x, σ_y - функції x , а їх конкретні вирази залежать від стану стійкості прикордонного шару атмосфери, шорсткості підстильної поверхні і часу усереднення. Значення σ_x, σ_y , також, як і величини k_y, k_z в моделі

(1.3), визначаються експериментально. Отриманий вираз (1.4) задовольняє граничній умові $\partial q(x, y, z) / \partial z|_{z=0} = 0$.

Ці моделі отримали широке практичне застосування і описані в роботах [38, 52 - 56].

Однією з перших методик розрахунку розсіювання домішок на основі гауссовської теорії є методика Паскуїлла - Гіффорда [57, 58]. Значення σ_x , σ_y визначалися залежно від координати x і кута горизонтального і вертикального відхилення флюгера, що вимірює швидкість і напрямок вітру. Весь діапазон зміни кутів відхилення флюгера розбивається на ряд піддіапазонів, характерних для визначення стану атмосфери, і отримали назву категорій стійкості атмосфери. Дисперсії координат визначаються експериментально і представляються у вигляді графіків з, $\sigma_x=f_1(x)$ $\sigma_y=f_2(y)$ для кожної категорії стійкості. Методика проста у використанні і непрямим чином визначає вплив стан турбулентної атмосфери на перенесення домішки.

Рекомендації, розроблені Паскуїллом і Гіффорд [57, 58] на основі результатів проведених експериментів, широко застосовуються для розрахунків в зарубіжних дослідженнях і складають зміст методик МАГАТЕ і АЕС.

У керівництво з безпеки АЕС [52] входять опис моделі атмосферної дисперсії, критерії для оцінки турбулентності, таблиці, графіки для визначення по ним вхідних параметрів σ_x , σ_y . При цьому передбачаються різні варіанти вимірювань необхідних метеорологічних величин: вертикальних і горизонтальних пульсацій напрямку вітру; вертикальних градієнтів температури; інсоляції; хмарності; швидкості вітру на висоті флюгера.

В одному з варіантів передбачається розрахунок числа Рейнольдса в шарі розсіювання за значеннями швидкості вітру і температури на його кордонах. Наводяться формули для оцінки додаткових умов: ефективної висоти труби, поправок на розпад і вимивання опадами викинутих речовин.

В [52] приведена також програма метеорологічних досліджень на майданчику майбутньої АЕС. Великі додатки містять багато фактичного матеріалу, емпіричних

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

формул і графіків. Автори не прагнули до уніфікації своїх рекомендацій, а навпаки, привели відомі їм результати і варіанти.

Інша керівництво [59] призначене для виконання розрахунків, необхідних при прийнятті рішень для ліквідації аварій на АЕС. Моделі, які використовуються в [59] рекомендуються для оперативних оцінок наслідків аварій для невеликих відстаней. Програма рекомендована для використання при проектуванні АЕС і розробки заходів на випадок аварій.

У роботах [3, 37, 45, 60 - 63] розглянуті різні конкретні питання поширення домішок. Запропонована в [62] модель є основою досить складної обчислювальної програми. Інші, так звані «моделі турбулентної в'язкості» [3, 60, 61], засновані на законах збереження маси, імпульсу і енергії, припускають для знаходження концентрації багаторазове чисельне інтегрування і досить складні для проведення оперативних розрахунків.

В [37, 45, 63] наведено узагальнення результатів досліджень, проведених в Інституті експериментальної метеорології (ІЕМ). Виміри проводилися для відмінності категорій стійкості атмосфери, прийнятих в [52, 65, 66]: сильна нестійкість; помірна нестійкість; слабка нестійкість; байдужа (нейтральна стратифікація); слабка стійкість; помірна стійкість; сильна стійкість.

Методика ІЕМ [66] призначена для розрахунку розсіювання домішки від точкового і лінійного джерел в різних діапазонах метеорологічних умов і містить рекомендації для їх визначення за результатами метеорологічних вимірювань. По класу стійкості визначаються вхідні дифузійні параметри. Наводяться також деякі рекомендації для обліку особливих умов (штилю, перехідного часу доби).

Недоліком методики [66] є відсутність обліку верхньої межі прикордонного шару. Крім того, моделі, використовувані в методиці ІЕМ, не застосовні для низьких джерел (<10 м) і досить складні для проведення оперативних розрахунків.

У Росії для кількісної оцінки наслідків хімічних аварій на промисловому об'єкті з викидом НХР в атмосферу користуються методикою ТОКСИ [67], в основі

якої закладена гауссова модель дифузії пасивної домішки. Осадження НХР на підстилаючої поверхню і його хімічні перетворення не враховуються.

Методика ТОКСИ дозволяє визначити просторово-часове поле концентрації небезпечного хімічного НХР, розміри зон зараження. Вона використовується при розробці декларацій безпеки потенційно небезпечного об'єкта, при розробці планів щодо захисту персоналу та населення [67, 68].

Залежно від агрегатного стану НХР в обладнанні і характеру руйнування обладнання методика ТОКСИ дозволяє провести розрахунки для наступних сценаріїв аварії:

сценарій 1 - повне руйнування обладнання, що містить НХР в газоподібному стані;

сценарій 2 - порушення герметичності (часткове руйнування) обладнання, що містить НХР в газоподібному стані;

сценарій 3 - повне руйнування обладнання, що містить НХР в рідкому стані;

сценарій 4 - порушення герметичності (часткове руйнування)обладнання, що містить НХР в рідкому стані.

Метод розрахунку концентрації, представлений в [70], складний для проведення оперативних розрахунків і вимагає знання великої кількості трудноопределяємих параметрів (більше 20 вихідних даних).

Моделі [37, 45, 63, 67, 68], що базуються на експериментальних залежностях, отриманих в дослідженнях по розсіюванню домішок, дозволили виділити їх в окрему третю групу моделей.

Іншими, широко рекомендованими для практичного застосування в Україні, Росії і Білорусії є однотипні методики [69 - 72] розрахунку поширення Про: ХВ в атмосферу за умов їх викиду в газоподібному або аерозольному станах.

Масштаби зараження НХР залежно від їх фізичних властивостей і агрегатного стану, розраховуються:

- для зріджених газів - окремо по первинному та вторинному хмарі;

- для стиснених газів - тільки по первинному хмарі;

						Лист
					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	23
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- для НХР, киплячих при температурі навколишнього середовища, - тільки по вторинній хмарі.

Зона зараження характеризується формою, глибиною зараження Γ , км, і площею фактичного зараження $\Gamma_{\text{ф}}$, км² [69 – 72]. Глибини зон зараження первинним Γ_1 , км, і вторинним Γ_2 , км, хмарами визначаються за таблицями і додатків методик в залежності від швидкості вітру і еквівалентної кількості НХР. Зони зараження наносяться на карти у вигляді кола або сектора з певними кутовими розмірами.

В роботі [71] наведено приклади розрахунків зон зараження при викиді (розливі) НХР на території республіки Білорусь. Методика проведення розрахунків аналогічна [69].

У підрозділах ОРС ЦЗ використовується методика [72], аналогічна методиці [69], і призначена виключно для прогнозування масштабів зон хімічного забруднення. У методиках [69 - 72] пропонується в розрахунках використовувати фізично важко поясненні цифри. Так, згідно з табл. 2 [72] швидкість поширення переднього фронту хмари в два рази перевищує швидкість вітру і є незалежною від інших фізичних факторів, а глибина зони зараження зменшується зі збільшенням швидкості вітру. Розрахунки зон зараження в [69 - 72] засновані на використанні коефіцієнтів, тобто кожен фактор, впливає на хімічну обстановку, враховується одним коефіцієнтом.

Зазначені методики не містять, зокрема, ні понять НКМЗ і ВКМЗ, ні поняття гранично допустимої концентрації (ГДК). Такий опис аварій на хімічних об'єктах не відповідає вимогам, які повинні враховуватися працівниками пожежно-рятувальних підрозділів.

Крім того, перераховані вище методики [69 - 72] носять оціночний характер і мають такі недоліки:

- методики не враховують зміну концентрації НХР в зоні зараження;
- зона зараження представляються у вигляді секторів кіл, що не відповідає характеру поширення домішок від безперервно діючого джерела;

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

- в методиках не враховуються НКМЗ і ВКМЗ хімічних речовин, які можуть призвести до пожежі, вибуху.

Незважаючи на передбачувану і уявну простоту використання, методики [69, 70, 72] важко оцінити як ті, що задовольняють практичним потребам.

Окремо від розглянутих груп слід відзначити роботи [73, 74], в яких основна увага приділяється питанню забруднення поверхні Землі в результаті викиду промисловими підприємствами різних домішок (типу оксидів) протягом тривалого часу (близько 1 року) на великих площах і відстанях. Таким чином, в [73, 74] розглядається осідання і розподіл цих окислів на землі з урахуванням гранично допустимих доз забруднення. Метою дослідження є оптимальне розміщення промислових підприємств.

1.4 Аналіз відомих методів розрахунку розсіювання домішок в атмосфері

Аналіз існуючих методик по розрахунку поширення домішок в атмосфері показує, що вони можуть бути поділені на три групи.

Перша група. Методики, такі як ОНД-86, розроблені на основі градієнтної теорії, орієнтовані на аналіз систематичного забруднення атмосфери в припущенні, що процеси розсіювання мають стаціонарний характер. Ці методики дозволяють визначити екстремальне значення концентрації шкідливих речовин в приземному шарі атмосфери лише для так званої небезпечної швидкості вітру. Методики цієї групи не дозволяють отримати рішення для визначення зон забруднення при заданих конкретних метеоумовах.

Друга група. Методики, розроблені на основі гауссовської теорії (методики МАГАТЕ, АЕС, ІЕМ), призначені для висотних джерел домішок. Методики МАГАТЕ, АЕС призначені для оціночних розрахунків поширення домішок, що містяться в газових викидах. Вони не враховують повною мірою особливості процесів тепло - і масопереносу в приземному шарі атмосфери. Методика ІЕМ для розрахунку поширення викидів в приземному шарі атмосфери не призначена. Методика ТОКСИ вимагає великої кількості вихідних даних, час розрахунку на ПК

						Лист
					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	25
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

досягає декількох годин, що неефективне при вирішенні оперативно-тактичних завдань підрозділами ДСНС.

Методики орієнтовані на опис аварійного забруднення атмосфери і мають істотні недоліки. Так, в одній з найбільш ранніх серед них [69] розрахунок масштабів забруднення атмосфери ведеться за допомогою емпіричних формул і таблиць при відсутності будь-якого теоретичного обґрунтування. У методиці [75] допущені неточності при записі формул концентраційного поля, породжуваного короткочасно чинним безперервним точковим джерелом. Неточним є вираз для обчислення токсичної дози. У ряді методик [76 - 78], що мають нормативний характер, невірно записані дисперсійні залежності Сміта-Хоскера. Крім того ігнорується той факт, що дисперсії в моделях нестационарного концентраційного поля залежать не від координати x , що характеризує місце знаходження джерела, а від координати центру клубу хмари (в разі миттєвого джерела). Некоректно записані формули для розрахунку концентраційного поля, породжуваного короткочасно чинним безперервним джерелом, а також - для розрахунку токсичної дози. Однак головне полягає в тому, що в цих та інших відомих нам експрес-методиках прогнозування масштабів і наслідків забруднення відсутній аналіз особливостей нестационарного поля концентрацій, що породжується при аварійних викидах НХР.

Загальним підсумком порівнянь різних рішень рівняння турбулентної дифузії можна вважати твердження про те, що за допомогою «підгінних» параметрів будь-які дві моделі можуть давати практично збігаються результати в деякому діапазоні вхідних даних. Однак, виходячи за вказані межі, всі отримані на цій основі розрахункові формули слід розглядати як інтерполяційні, виконуються тільки в тих межах, де вони перевірялися на експериментальному матеріалі.

Великий внесок емпіричних залежностей, отриманих в результаті проведення експериментів в локальних умовах, обмежує їх застосування.

Роботи [54, 60, 62] застосовні для окремих конкретних ситуацій і досить складні для проведення оперативних розрахунків.

					ЛУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		26

Третя група. Методики базуються на експериментальних залежностях і носять оціночний характер. Необхідну точність розрахунків розсіювання викидів не забезпечують. Не проводиться розрахунок ВКМЗ і НКМЗ хімічної речовини, яка при певних умовах може призвести до вибуху. У розрахунках не враховується ГДК хімічної речовини в зоні токсичного зараження.

Відзначимо також, що всі гаусові моделі переносу працездатні при виконанні наступних умов:

- домішки можуть бути або гази або паро-газові суміші з щільністю, що не перевищує щільність повітря, або аерозолі з розмірами частинок до 1 Про мкм;
- поки хмара домішки трохи розсіється, метеоумови передбачаються незмінними;
- відстань від джерела розглядаються в інтервалі від 100 метрів до 1 Про кілометрів;
- в умовах пересіченій місцевості емпіричні залежності для дисперсій застосовні обмежено.

1.5 Аналіз підходу до ліквідації наслідків викиді небезпечної хімічної речовини хімічних підприємств

Розгерметизація резервуара супроводжується викидом (розливом) НХР в атмосферу і утворенням первинного і вторинного хмар токсичного зараження (рис.1.3) [79].

Згідно [80] в залежності від даних параметрів при великих аваріях на ХНО можуть виникати НС, які можна умовно розділити на чотири основних типів аварії, що відрізняються один від одного характером впливу вражаючих фактів, організацією і технологією ведення аварійно рятувальних та інших невідкладних робіт:

- 1) з утворенням тільки первинної хмари НХР;
- 2) з утворенням протоки, первинного та вторинного хмари НХР;
- 3) з утворенням протоки і тільки вторинного хмари НХР;

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		27

4) із зараженням території (грунту, води) мало летючими НХР.

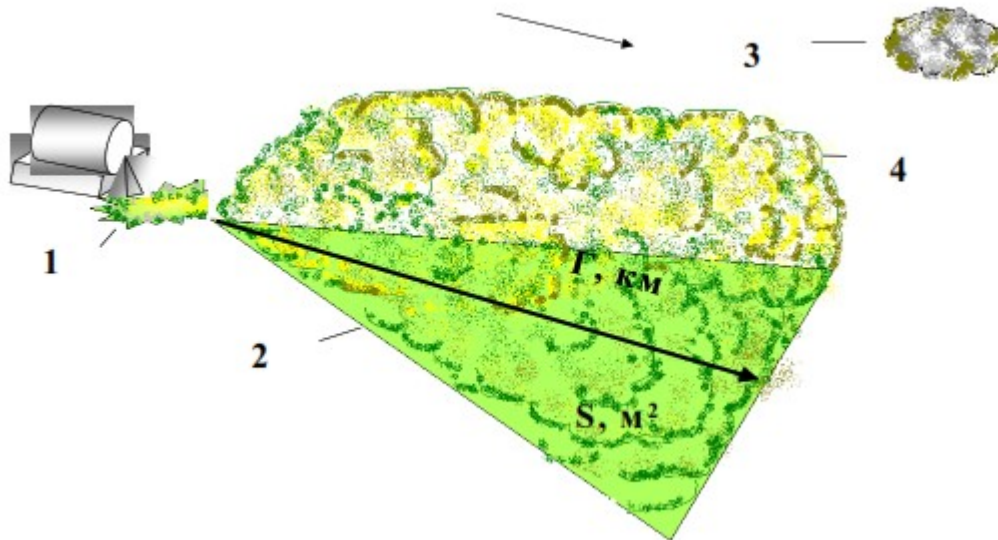


Рис. 1.3.– Утворення первинної та вторинної хмари НХР у разі хімічної аварії: 1- місце вилливу НХР, 2 - вторинна зона хімічного забруднення, 3 - первинна хмара НХР, 4 - вторинна хмара НХР.

Перший тип НС може виникнути в разі миттєвої розгерметизації ємностей (наприклад в результаті вибуху) або технологічного обладнання з газоподібним, криогенними, перегрітими зрідженими НХР, в результаті чого утворюється первинне парообразна або аерозольна хмара НХР з високою концентрацією токсичної речовини в повітрі. Протоки рідкої фази при цьому не відбувається, або пролите речовина швидко (за кілька хвилин) випаровується за рахунок тепла навколишнього середовища. Залежно від метеоумов хмара НХР поширюється на прилеглу до аварійного об'єкту територію, несучи смертельну небезпеку для проживаючих на ній населення.

Перший тип НС є найбільш небезпечним як з точки зору інтенсивності впливу вражаючих факторів, так і труднощі швидкого реагування на НС для запобігання або зниження втрат. Основним вражаючим чинником є інгаляційного вплив на людей (смертельних) концентрації парів НХР. При цьому масштаби ураження залежать від розмірів первинного хмари, концентрації отруйної речовини в ньому, фізико-хімічні властивості НХР, швидкості вітру, стану приземного шару

						Лист
						28
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	

атмосфери, щільності парів речовини, часу доби, характеру місцевості, щільності населення, що проживає в імовірною зоні хімічного зараження і ін. в цих умовах аварійно рятувальні роботи необхідно організувати і проводити в можливо короткі терміни [80].

Другий тип НС може виникнути при аварійних розливах НХР на ХНО, що використовують зріджені НХР, перегріті летючі токсичні рідини з температурою кипіння нижче температури навколишнього середовища. При розгерметизації ємностей або технологічного обладнання з зазначеними НХР частина речовини (зазвичай не більше 10%) миттєво випаровується, утворюючи первинне хмара пари зі смертельними концентраціями, а частина виливається в обвалування або на підстилаючу поверхню і поступово випаровується за рахунок тепла навколишнього середовища, створюючи вторинне хмару парів з вражаючими концентраціями. Залежно від пори року, метеоумов, характеру і геометричних розмірів протоки час випаровування може скласти від десятків хвилин до декількох діб [80].

Поведінка хмари НХР в повітрі залежить від його щільності по відношенню до повітря, концентрації та швидкості вітру. У містах і населених пунктах внаслідок нагрівання будинків спостерігається поширення хмари по магістральних вулицях від периферії до центру [80].

Другий тип НС характеризується інгаляційним вражаючим впливом (короткочасно) первинним хмарою НХР зі смертельними концентраціями парів і більш тривалий час (годинник і добу) вторинною хмарою з небезпечними вражаючими концентраціями парів. Розглянутий тип НС також дуже небезпечний для населення, але на відміну від першого дозволяє за часом залучити достатню кількість сил і засобів для ефективного проведення аварійно-рятувальних робіт.

Третій тип НС може виникнути при великих аваріях на ХНО внаслідок великих протікань в піддон або на підстилаючу поверхню зріджених або рідких НХР з температурою кипіння нижче або близької до температури навколишнього середовища, коли, внаслідок випаровування пролитого продукту, утворюється тільки вторинна хмара парів токсичної речовини з вражаючими концентраціями,

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		29

яке, за сприятливих метеоумовах, може поширитися на значні відстані від місця аварії.

Третій тип НС менш небезпечний для населення, ніж перші два типи НС, так як дозволяє за часом вжити ефективних заходів щодо захисту населення і ліквідації наслідків аварії. Основними вражаючими факторами при зазначеній НС є інгаляційне вплив вторинного хмари НХР і зараження ґрунту і води на місці протоки. Залежно від фізичних властивостей НХР, характеру і розмірів протоки, метеоумов і ефективності робіт по локалізації та знешкодження протоки ОХВ, час його випаровування може становити від декількох годин до декількох діб. Отже, часу для захисту населення і успішного проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт буде достатньо.

Четвертий тип НС - при великих аваріях на ХНО може виникнути в результаті аварійного викиду (протоки) значної кількості малолетючого НХР, в зв'язку з чим може статися зараження місцевості (ґрунту, води). Вторинне хмара пари з вражаючими концентраціями при цьому не утворюється, але тривале перебування на зараженій місцевості без засобів індивідуального захисту органів дихання при певних метеоумовах може призвести до інгаляційного отруєння.

При четвертому типі НС небезпеку ураження людей може бути зведена до мінімуму, так як зона зараження при цьому, як правило, невелика і може бути швидко локалізована, якщо своєчасно будуть проведені роботи по локалізації та ліквідації аварії.

Зазначені типові аварії НС, особливо другий і третій, можуть бути ускладнені вибухами і пожежами, що стане причиною виникнення додаткових вражаючих факторів, таких, як ударна хвиля, обвалення будівель і споруд з утворенням завалів, прямий вплив вогню, теплове випромінювання, задимлення, утворення токсичних продуктів горіння і ін. Таким чином, аварія може носити комплексний характер, що може збільшити втрати і збитки від аварії на ХНО, а також значно ускладнити проведення аварійно-рятувальних робіт.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		30

Дії особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС під час ліквідації наслідків аварій при наявності НХР обумовлюється вирішенням наступних завдань [9, 81, 82]:

- евакуація людей;
- локалізація і ліквідація наслідків аварії, усунення умов повторного виникнення НС;
- забезпечення безпеки особового складу підрозділів ОРС ЦЗ в умовах дії НХР і/або продуктів їх розпаду.

Дії особового складу ДСНС за рішенням першого і другого завдання визначаються відповідними рекомендаціями [83 - 85], а щодо третього завдання питання в даний час повністю не вирішене [85].

Забезпечення безпеки особового складу під час ліквідації наслідків аварій на об'єктах з наявністю Про: ХВ ґрунтується на вирішенні таких завдань [85, 86]:

- визначення зони хімічного зараження НХР, яка виникає внаслідок аварії;
- визначення порядку проведення оперативно-тактичних дій в небезпечній зоні;
- забезпечення особового складу засобами індивідуального захисту;
- проведення заходів по спеціальній обробці особового складу і техніки після завершення ліквідації наслідків аварії в зоні хімічного зараження.

Відзначимо, що в [83 - 86] не розглядаються інші можливі фактори ураження, які пов'язані з викидом пожежонебезпечних хімічних речовин. Вплив ударної хвилі при вибуху хмари або теплового потоку при утворенні вогненної кулі можуть бути не менш небезпечними, ніж можливість токсичного ураження.

В даний час в підрозділах ОРС ЦЗ ДСНС України відсутня універсальна методика по ліквідації аварій на хімічних підприємствах, яка передбачала б весь комплекс оперативно - тактичних заходів.

Висновки

1. На хімічних підприємствах можуть виникати НС з викидом (розливом) НХР. Для ліквідації наслідків аварії з наявністю НХР підрозділи ОРС ЦЗ проводять

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		31

оперативно-тактичні заходи в середовищі токсичного зараження. Для ефективного проведення робіт необхідно знання величин просторово-часового розподілу концентрації НХР поблизу джерела, на різних відстанях від нього при стаціонарному і нестаціонарному умовах поширення хмари зараження.

2. Аналіз літературних джерел показує, що відомі рекомендовані методики визначення зон хімічного зараження не забезпечують необхідну достовірність результатів розрахунку зон зараження, не дають кількісної оцінки концентрації в зоні зараження, а також значення ВКМЗ і НКМЗ за різними сценаріями виникнення аварії.

3. Методи, засновані на рішеннях дифузійного рівняння або гауссовській теорії, розроблені для джерел шкідливих домішок, розташованих на великій висоті (труби ТЕЦ, викиди з заводських труб). Для розрахунку викиду на висотах до 10 м, які відповідають висот резервуарів на відкритих складах хімічної промисловості, вони не призначені. Крім того, в таких методах не проводиться розрахунок зон з НКМЗ і ВКМЗ.

4. У зв'язку з можливостями викиду (розливу) НХР при аваріях на ХНО необхідним є розвиток моделей, які відповідають таким ситуаціям і можуть служити основою для оперативних розрахунків просторово-часового розподілу концентрацій НХР.

5. Такі моделі повинні описувати не тільки зони хімічного зараження, але і зони з верхнім і нижнім концентраційними межами заpalення. Знання таких зон дозволить оцінити інші небезпечні фактори аварії, які пов'язані з можливостями займання або вибуху поширюється хмари НХР.

6. Створені моделі повинні дозволити, з наукової точки зору, організувати ліквідацію аварії, забезпечити безпеку особового складу підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС, проведення евакуації, організувати вибір схем тактичного розгортання і попередити можливості каскадного розвитку аварії.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

Розділ 2. СТАЦІОНАРНИЙ ПРОЦЕС РОЗСІЮВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН У ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ АТМОСФЕРИ

2.1 Утворення та властивості вторинного хмари в результаті випаровування розлитих небезпечних хімічних речовин

Відповідно до [3, 9, 71, 72, 79 - 82] при розгерметизації резервуара, технологічних ліній на ХНО утворюється потоку НХР на підстилаючу поверхню, випаровування з якої призводить до утворення первинного і вторинного хмар, а також з утворенням потоки і тільки вторинного хмари НХР . До них відносяться НС при аварійних розливах НХР, що використовують зріджені отруйні гази (аміак, хлор та ін.), перегріті летючі токсичні рідини з температурою кипіння нижче температури навколишнього середовища (окис етилену, оксиди азоту, синильна кислота та ін.).

При розгерметизації ємностей з зазначеними НХР частина речовини (не більше 10%) миттєво випаровується, а частина виливається в обвалування або на підстилаючу поверхню і поступово випаровується за рахунок тепла навколишнього середовища, створюючи при цьому вторинна хмара отруйних речовин [80].

При НС в результаті розливу рідких НХР з температурою кипіння нижче або близької до температури навколишнього середовища утворюється тільки вторинна хмара парів токсичних речовин. Зазначений тип НС може виникнути при аварійному потоці фосгену, чотириокису азоту та інших речовин [80].

Залежно від метеоумов, характеру і площі розливу, фізико-хімічних властивостей самого НХР, час випаровування може досягати декількох діб. Поведінка вторинного хмари залежить від щільності НХР по відношенню до повітря, стану атмосфери, концентрації НХР і швидкості вітру. При сприятливих метеоумовах вторинна хмара може поширитися на значні відстані від місця аварії.

Основним вражаючим чинником вторинного хмари є інгаляційний вплив парів НХР на живі організми [3, 80].

					Лист
					33
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Розглянуті типи аварії на ХНО з урахуванням тривалого часу випаровування парів НХР дозволяють оперативно вжити ефективних заходів щодо захисту населення і ліквідації наслідків аварії.

Однак слід враховувати, що при викиді, наприклад стиролу, аміаку і багатьох інших НХР виникає небезпека токсичного зараження і запалення [3]. Таким чином, можливість горіння або вибуху парів хімічної речовини створює додаткові джерела ураження тепловим випромінюванням і впливом ударної хвилі.

Зазвичай [3, 87, 88] небезпечні для здоров'я людей і летальні концентрації НХР менше відповідних НКМЗ, так що зона токсичної небезпеки більше зони небезпеки займання. Однак, з цього ще не випливає, що в розрахунках можна обмежуватися тільки визначенням токсичних небезпечних зон або зон з НКМЗ і ВКМЗ. Розрахунок зон з НКМЗ і ВКМЗ хімічних речовин при поширенні хмари необхідний хоча б тому, що джерело займання може знаходитися в області між НКМЗ і ВКМЗ.

З певних зонах НКМЗ і ВКМЗ можна вказати найбільш небезпечні для виникнення пожежі області і на цій основі розрахувати теплові потоки в разі загоряння поширюється хмари НХР.

Таким чином, для працівників підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС, при ліквідації наслідків НС на ХНО необхідно знати величину концентрації НХР в зоні токсичного зараження, розміри хмари токсичного зараження, а також зони з НКМЗ і ВКМЗ. Евакуації цивільного населення слід проводити з урахуванням меж зон з ГДК парів НХР.

2.2 Модель опису розповсюдження вторинного хмари

Для розробки моделі розрахунку розсіювання токсичних, вибухопожежонебезпечних речовин в атмосфері розглянемо фізичну модель процесу розсіювання хімічної речовини.

Відомо [37, 59, 60], що будь-яка домішка, потрапляючи в атмосферу, розноситься повітряними течіями. При цьому великомасштабні потоки переносять

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

обсяги домішки як ціле, а дрібномасштабні турбулентні пульсації розсіюють домішка шляхом перемішування її з навколишнім повітрям. Турбулентний рух передбачає наявність нерегульованих, хаотичних течій. Саме ці випадкові течії створюють перемішування і розсіювання домішки. Процес розсіювання домішок підпорядковується законам турбулентної дифузії.

Турбулентна дифузія домішки в повітрі відбувається в результаті впливу турбулентних вихорів на хмару викиду. Якщо розміри вихорів менше діаметра хмари, то в результаті турбулентної дифузії хмара збільшується в розмірах, концентрація домішок в ньому зменшується, а траєкторія хмари при цьому не змінюється. При взаємодії хмари з розмірами, меншими в порівнянні з розмірами вихорів, траєкторія руху хмари змінюється, але обсяг хмари змінюється мало.

При взаємодії вихорів з розмірами, порівнянними з розмірами хмари, відбувається інтенсивна турбулентна дифузія, концентрація хімічної речовини в хмарі швидко зменшується, змінюється форма хмари, воно спотворюється, розпадається на окремі клуби.

В результаті впливу на струмінь дрібномасштабних вихорів поперечні розміри хмари збільшуються. Великомасштабні вихори призводять до вигину струменя. Отже, розміри і обриси зон токсичного зараження, зон з НКМЗ і ВКМЗ в кожному з наведених вище випадків матимуть різний вигляд.

Переноситься вітром і розсіюється НХР може зазнавати додаткові зміни: випадання на підстилаючу поверхню, осадження на вертикальні перешкоди, вимивання опадами, хімічні перетворення з утворенням нових домішок і ін.

Крім того, при розрахунку розподілів концентрацій НХР необхідно враховувати їх плавучість і стан атмосфери, зокрема, стратифікацію, напрямок і силу вітру [3, 37 – 39]. Так, якщо щільність парів ОХВ більше щільності повітря, то при його викиді пари НХР під дією сили тяжіння будуть опускатися вниз, причому особливо різко в початковий момент часу [37 - 39].

Механізм переносу хмари НХР у зовнішньому середовищі обумовлений дією вітрового потоку і мікроскопічної дифузії, яка визначається дрібномасштабними

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

турбулентними флуктуаціями. В результаті усереднений потік НХР, що переноситься вітром, має горизонтальну і вертикальну складові, які визначаються швидкістю вітру і горизонтальних і вертикальних коефіцієнтами дифузії. Облік щільності пари НХР і стратифікації атмосфери призводить до додаткового вертикального переміщення хмари. Відзначимо, що інтенсивність турбулентного перемішування швидко росте з висотою і залежить від стратифікації атмосфери. Поряд з дрібномасштабною турбулентністю, яка розмазує хмара НХР, в процесі його поширення мають місце і великі флуктуації, пов'язані з випадковими змінами швидкості і напрямку вітру [37 - 39].

При аваріях на хімічних підприємствах, пов'язаних з викидом з резервуарів і технологічних установок НХР в навколишнє середовище, а також з їх розлиттям і надалі випаровуванні в атмосферу виникає газова хмара хімічних речовин, яке може утворитися або протягом тривалого закінчення, або при миттєвому викиді при повному руйнуванні резервуара. В [3] зазначено, що найбільшу небезпеку становить освіту газової хмари при миттєвому випаровуванні, хоча повільне випаровування розлиття рідини також є джерелом значної небезпеки. При цьому в [3] підкреслюється, що утворення хмари може мати такі наслідки: велика пожежа, вибух газової хмари і токсичний вплив на людину, і інші живі організми. Більш того, при викиді, наприклад, стиролу, аміаку і багатьох інших речовин виникає небезпека і займання, і токсичного зараження.

Хімічна речовина може бути активною чи пасивною щодо навколишнього середовища. Якщо аж до випадання на землю або повного розчинення в повітрі до безпечних концентрацій НХР не зазнавав змін, то його можна розглядати як пасивне. Якщо ж в процесі поширення хмари в атмосфері НХР вступає в хімічні реакції з водяною парою або іншими компонентами атмосфери, тобто переходить з одного хімічного стану в інше, то така речовина слід розглядати як активну. При цьому пасивне НХР може, крім токсичності мати ще й властивості займистості і вибухонебезпечності, які, необхідно враховувати при розрахунку їх концентрацій.

					Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Більш складним і значущим є питання, пов'язане з викидом активних НХР, які в результаті взаємодії з атмосферними складовими переходять з одних станів в інші, змінюючи при цьому як характер токсичності, так і властивості вибухопожежонебезпечності. Необхідно враховувати, що при викиді, наприклад, не пального активного НХР через певний проміжок часу може утворитися пожежонебезпечна суміш нової хімічної речовини в достатніх для займання концентраціях. Також можлива ситуація, при якій не токсична активна НХР може в результаті хімічних реакцій перейти в інше, вже небезпечне для здоров'я людини речовина. У цих випадках, природно, для повноти картини необхідні додаткові дослідження розподілу концентрацій виникають нових НХР, що в свою чергу передбачає попереднє проведення аналізу можливих хімічних реакцій.

Для опису даного нас фізичного поля, яким в даному випадку є концентрація X_B , в системі, яку породжує джерелами і навколишнім середовищем, можна скористатися рівняннями аерогідромеханіки [64]. Тоді рішення поставленого завдання можна знайти в результаті рішення системи 6-ти диференціальних рівнянь в приватних похідних з урахуванням порушення закону Фіка в неідеальних системах [89, 90] з відповідними початковими і граничними умовами. З огляду на, що при цьому необхідно також задати велику кількість параметрів, що входять у рівняння, рішення задачі в такій постановці є справою майбутнього.

Відповідно до сучасних поглядів [37, 38, 46, 49] у багатьох випадках достатньо використовувати лише наближені методи опису характеру турбулентних течій і турбулентного перемішування домішок. У таких моделях дифузійні процеси описуються полями середніх швидкостей V і концентрацією ϕ . У цьому випадку рівняння для V і ϕ можна записати у вигляді [38, 45, 46]:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{V} \vec{\nabla}) \vec{v} = -\frac{1}{\rho} \vec{\nabla} P + \frac{1}{\rho} (\vec{\nabla} \overline{(-\rho \vec{v}'')}) \vec{v}' + \vec{g}, \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \vec{V} \vec{\nabla} \phi = \frac{1}{\rho} \vec{\nabla} \overline{(-\rho \vec{v}' \phi')} + f(\vec{r}, t), \quad (2.2)$$

де ρ - щільність газу, P - тиск, g - прискорення сили тяжіння, функція $f(r, t)$ описує об'ємну щільність джерел домішки, а v і ϕ - пульсуючі частини швидкості і концентрації. У рівняннях (2.1) і (2.2) риска зверху означає усереднення за певного інтервалу часу t . Крім того, в (2.1) і (2.2) опущені складові, що описують молекулярний перенос, так як при наявності турбулентності при числах Рейнольдса $Re \gg 1$ ними можна знехтувати в порівнянні з турбулентними членами - $-\overline{(\rho \vec{v}') \vec{v}'}$ и $-\overline{\rho \vec{v}' \phi'}$.

До цих рівнянь потрібно додати рівняння безперервності і рівняння стану, а також при необхідності рівняння теплопровідності, яке аналогічно рівнянню (2.2) для концентрації.

Виходячи з рівнянь (2.1) і (2.2) і вводяться різні моделі турбулентного руху домішок за допомогою кореляційних моментів для замикання рівнянь (2.1) і (2.2) [46 - 49, 91]. У цьому підході моделі турбулентності турбулентності.

Відзначимо, що в рівнянні (2.2) турбулентний доданок завжди є важливим для практичних розрахунків.

Для замикання рівнянь (2.1) і (2.2) вони повинні бути доповнені рівняннями, які в тій чи іншій мірі апроксимують турбулентні напруги Рейнольдса і потік маси. Найбільш складні моделі використовують кореляційні моменти вищих порядків, а замикання знову одержуваних співвідношень призводить до диференціальних рівнянь для турбулентних напруг і потоку маси. Такі досить складні моделі часто себе не виправдовують [46, 91, 92] через значні невизначеностей в завданні граничних умов, складнощів і похибок в численних рішеннях.

Тому для практичного використання найчастіше розглядають моделі, засновані на поняттях турбулентної в'язкості і турбулентної дифузії. У цьому випадку відповідно до напівемпіричної моделі Буссінеску [46 - 48] приймають, що

$$-\overline{\vec{v}' \vec{v}'} \equiv -\overline{v'_i v'_j} = \nu_t \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} k \delta_{ij}, \quad (2.3)$$

де k - кінетична енергія турбулентного руху, а ν – коефіцієнт турбулентної в'язкості. При цьому величина ν не є властивістю власне рідини або газу, а залежить від стану турбулентного руху. Рівняння (2.3) визначає тільки структуру моделі турбулентного руху і основним завданням тепер стає функціональне завдання величин ν і k .

За прямою аналогією з (2.3) записують

$$-\overline{\bar{v}'\varphi'} = -\overline{v'\varphi'_i} = k_{ii} \frac{\partial \varphi}{\partial x_i}, \quad (2.4)$$

де k - тензор коефіцієнтів турбулентної дифузії. Рівняння (2.2) приймає вид:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \bar{V}\bar{V}\varphi = \frac{\partial}{\partial x} \gamma_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \gamma_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \gamma_z \frac{\partial \varphi}{\partial z} + F(\bar{r}, t), \quad (2.5)$$

В результаті, якщо знехтувати градієнтом тиску в (2.1), то з урахуванням (2.3) отримуємо систему 4-х рівнянь, причому результат рішення рівняння (2.1) використовується для вирішення рівняння (2.5) при відповідному визначенні вектора γ турбулентної дифузії.

У численних моделях турбулентної дифузії зазвичай розглядають тільки рівняння (2.5), а для поперечних перерізів течії домішки вводяться різні емпіричні або напівемпіричні профілі розподілу швидкостей і коефіцієнтів γ , турбулентної дифузії [37 - 45, 53, 55, 57, 58, 66, 73, 93 - 95], приймаючи зазвичай, що $\gamma_{xx} = \gamma_{yy} = \mu$ и $\gamma_{zz} = \nu$.

Відповідно до гіпотези Рейнольдса [46 - 48, 91] приймають, що

$$\mu = \nu = \frac{\nu_t}{\sigma}, \quad (2.6)$$

де σ - турбулентний число Прандтля - Шмідта. В експериментальних дослідженнях встановлено [46-48, 91], що величина σ , слабо змінюється як в межах течії, так і від перебігу до течії. Тому зазвичай вважають, що $\sigma = \text{const}$. Зокрема, в [46, 49] наведені конкретні значення μ для деяких типів руху і певних станів атмосфери і часів усереднення. Однак, часто використовується припущення, що коефіцієнт турбулентної дифузії $\nu/\sigma = \text{const}$. В подальших наших розрахунках ми приймаємо

цю гіпотезу, однак, в загальному випадку вважаємо, що $\mu \neq \nu$. Тоді основне напівемпіричне рівняння турбулентної дифузії, що використовується в даній роботі, набуває вигляду

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \sigma \varphi + \bar{V} \bar{V} \varphi - \mu \Delta_2 \varphi - \nu \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = F(\bar{r}, t), \quad (2.7)$$

$$\Delta_2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2},$$

а коефіцієнт α введений для обліку можливостей розпаду або реакцій даної речовини з компонентами зовнішнього середовища [73]. Відзначимо, що зазвичай при розрахунках концентрації фактором α нехтують. Нижче буде показано принципова важливість урахування цього чинника. Рівняння (2.7) доповнюється початковими і граничними умовами, які розглянуті нижче.

Таким чином, запропонована модель може бути застосована для опису поширення хімічних газоподібних речовин на рівнинній місцевості без перешкод. Нами також прийнято в даній роботі, що швидкість U відповідає середній швидкості вітру і не змінюється ні в часі, ні в просторі. Умови $\mu = \text{const}$ і $\nu = \text{const}$ ($\mu \neq \nu$) накладають додаткове обмеження в такій моделі на час t поширення хмари, яке за нашими оцінками не перевищує 40 - 60 хв. Це пов'язано з тією обставиною, що μ і ν змінюються з часом t і за часів, більше зазначених, використання постійних значень μ і ν ставати неправомочним.

Для розрахунків розподілу концентрації хімічних речовин при стаціонарних умовах їх поширення в приземному шарі атмосфери, тобто в разі постійно діючого джерела викиду, рівняння (2.7) приймає вид:

$$\bar{V} \bar{V} \varphi + \sigma \varphi - \mu \Delta_2 \varphi - \nu \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = F(\bar{r}), \quad (2.8)$$

де $\varphi = \varphi(\bar{r})$, а функція $F(\bar{r})$ описує джерело викиду. Для вирішення рівняння (2.8) необхідно задати граничні умови, в якості яких нами прийняті умови:

$$\varphi(\bar{r}) \rightarrow 0 \text{ при } \rho = \sqrt{x^2 + y^2} \rightarrow \infty; \quad \frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0 \text{ при } z=0. \quad (2.9)$$

Остання умова означає, що поверхню, яка підстилає, є такою, що ідеально відбиває, тобто уся речовина залишається в атмосфері - це відповідає песимістичному варіанту поширення. Застосування цієї умови, в загальному є доцільним і виправданим, оскільки характер взаємодії діфундуючої речовини з підстильною поверхнею точно не відомий [92] і є предметом окремих численних досліджень.

У монографії [73] рішення рівняння (2.8) в разі точкового джерела було знайдено для плоского випадку ($z = 0$) у вигляді функції Бесселя. Розглянемо рішення цього рівняння для точкового джерела, тобто при

$$f(\vec{r}) = Q_x \delta(\vec{\rho}) \delta(z - h), \quad (2.10)$$

де Q - витрата речовини (кг/хв), h - висота (м), на якій знаходиться точковий джерело, а $\delta(x)$ - дельта - функція Дірака.

У цьому випадку завдання розрахунку концентрації для півпростору $z > 0$ можна замінити завданням для всього безмежного простору використовуючи метод зображень, який добре відомий в електростатики [97]. Для цього скористаємося інтегральним перетворенням:

$$\varphi(\vec{r}) = \int e^{i\vec{r}\cdot\vec{k}} \varphi(\vec{k}) d^3k, \quad (2.11)$$

$$\delta(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{ikx} dk, \quad (2.12)$$

$$\varphi(\vec{k}) = \frac{Q_x}{(2\pi)^3} \int_0^{\infty} \exp[-(i\vec{k}\vec{V} + \sigma + \mu k_x^2 + \nu k_z^2)\tau] d\tau. \quad (2.13)$$

$$\varphi(\vec{r}) = \frac{Q_x}{8\pi^{3/2}\mu\sqrt{\nu}} \exp\left[\frac{\vec{\rho}\vec{v}_\perp}{2\mu} + \frac{(z-h)v_z}{2\nu}\right] \times \int_0^{\infty} \exp\left[-\frac{\alpha^2}{4\mu\nu}\tau - \frac{\psi_\perp^2}{4\mu\nu\tau}\right] \frac{d\tau}{\tau^{3/2}}, \quad (2.14)$$

$$\Phi(\vec{r}) = \frac{Q_x}{8\pi\sqrt{\mu}} \exp\left(\frac{\vec{\rho}\vec{V}}{2\mu}\right) (\tilde{\varphi}_1(\vec{r}) + \tilde{\varphi}_2(\vec{r})), \quad (2.15)$$

$$\tilde{\Phi}_{1,2} = \Psi_{1,2}^{-1} \exp \left[-\frac{V_z(z \mp h)}{2\nu} - \frac{\alpha}{2\mu\nu} \Psi_{1,2} \right].$$

Як зазначалося вище, швидкість V в такій моделі визначається швидкістю вітру, напрямком якого можна прийняти за вісь Ox (швидкість V_1), а $V_z = V_2$. Крім того, якщо газ важче або легше повітря, то він буде мати також додаткову швидкість V_x . Величина V , передбачається не залежить від висоти, що відповідає малим швидкостям V , малим висот h викиду, відносно малим числам Рейнольдса і нехтування градієнтом тиску [46, 49].

Отримане аналітичне вираз (2.15) є фундаментальним рішенням рівняння (2.8) і описує просторовий розподіл концентрації хімічних речовин при точковому джерелі. Для джерел, які мають кінцеві розміри, вираз для просторового розподілу концентрації можна отримати, використовуючи фундаментальне рішення у вигляді:

$$\Phi(\vec{r}) = \int_S \Phi(\vec{p} - \vec{p}', z) W(\vec{p}') d^3 p', \quad (2.16)$$

де функція $W(p)$ описує, наприклад, форму обвалування, S описує поверхню випаровування.

2.3 Розподіл концентрації парів НХР у просторі

Використання отриманого рішення рівняння типу дифузії дозволяє провести розрахунки просторового розподілу концентрації парів хімічних речовин, а також зон токсичного зараження, зон з НКПЗ і ВКМЗ, що утворюються у вторинній хмарі при розливі НХР.

На рис. 2.1 наведені результати досліджень випаровування метанолу при наступних вихідних даних для точкового джерела: витрата метанолу $Q_m = 24$ кг / хв, $z = 1$ м (висота спостереження), $\sigma = 1,2$ хв⁻¹, $\mu = \nu = 0,972$ м² / хв, $V_z = 0,6$ м / хв, $V = 120$ м / хв. Висота джерела $h = 2, 3, 4$ м.

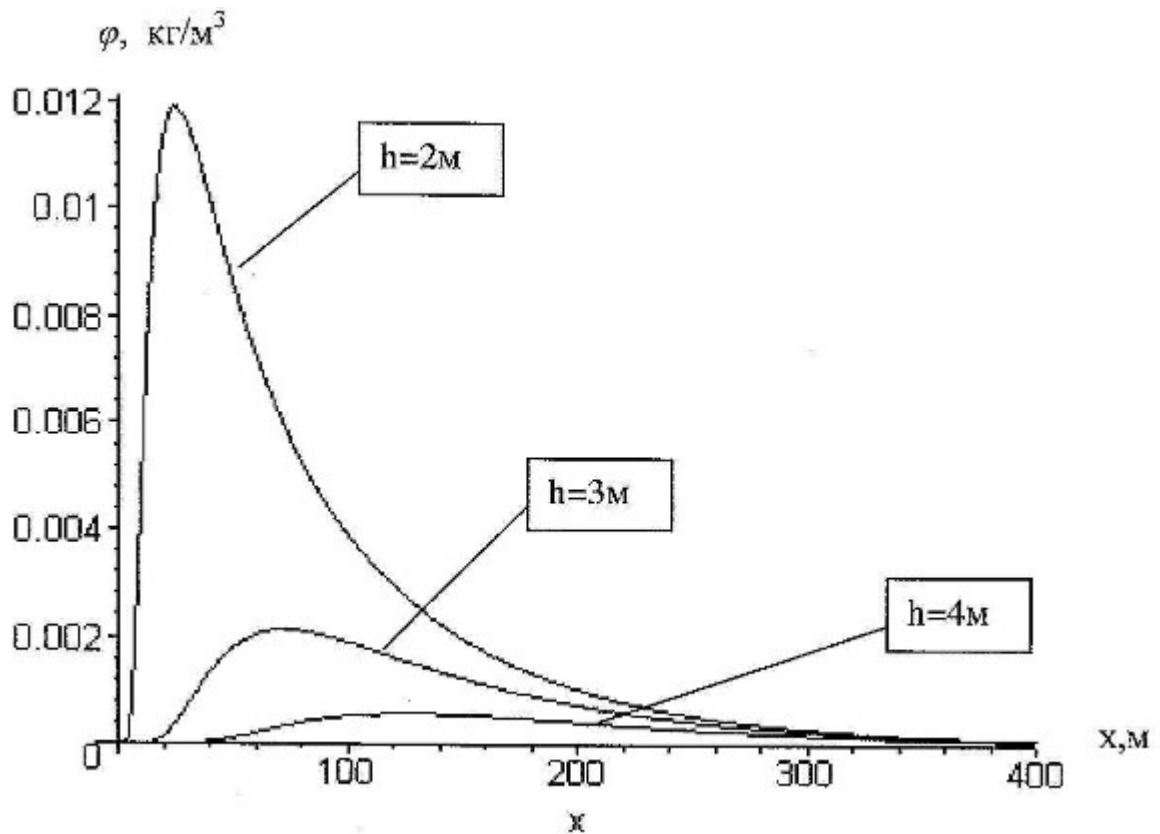


Рис. 2.1. – Залежність концентрації хімічної речовини від відстані до джерела при різних значеннях висоти викиду

З отриманих результатів випливає, що характер зміни концентрації НХР з відстанню x істотно залежить від висоти викиду НХР. У земної поверхні на деякій відстані x від джерела зазначається максимальне значення концентрації хімічної речовини. Так, при $h = 2\text{ м}$ пікове значення $\varphi = 0,012\text{ кг / м}^3$ спостерігається на відстані 40 м від джерела викиду. З ростом h максимум φ зміщується в бік збільшення x . При джерелі викиду 3 м і 4 м концентрація хімічної речовини зменшується відповідно з $0,0022\text{ кг / м}^3$ до $0,0002\text{ кг / м}^3$ на відстані 60 м і 120 м, відповідно. Таким чином, з результатів розрахунків випливає, що зі збільшенням висоти h викиду пікове значення в напрямку поширення хмари різко зменшується і зменшується в сторону великих відстаней. Тому найбільш небезпечним є випадок аварії з протокою НХР в обвалування, висота якого зазвичай не перевищує 1 метра. Також можна простежити за вертикальним профілем концентрації в залежності від відстані до джерела. На малих відстанях x максимум значення концентрації по

висоті відзначається приблизно на рівні джерела, профіль концентрації по відношенню до цього рівня майже симетричний. Поступово зі збільшенням x значення концентрації в максимумі (вісь факела) убуває, а на деякій відстані x максимум концентрації досягається у земної поверхні.

Для малих висот джерела характерно швидке зростання концентрації до її максимуму на ділянці $x < x_M$ і порівняно швидке падіння концентрації для великих x .

Зі збільшенням висоти джерела зменшується максимальна концентрація і посилюється асиметрія кривої розподілу концентрації. В цьому випадку спадання концентрації з відстанню x після того, як вона досягла максимуму, відбувається повільно.

На рис. 2.2 представлений вертикальний профіль концентрації для різних відстаней від точкового джерела при висоті викиду $h = 1$ м.

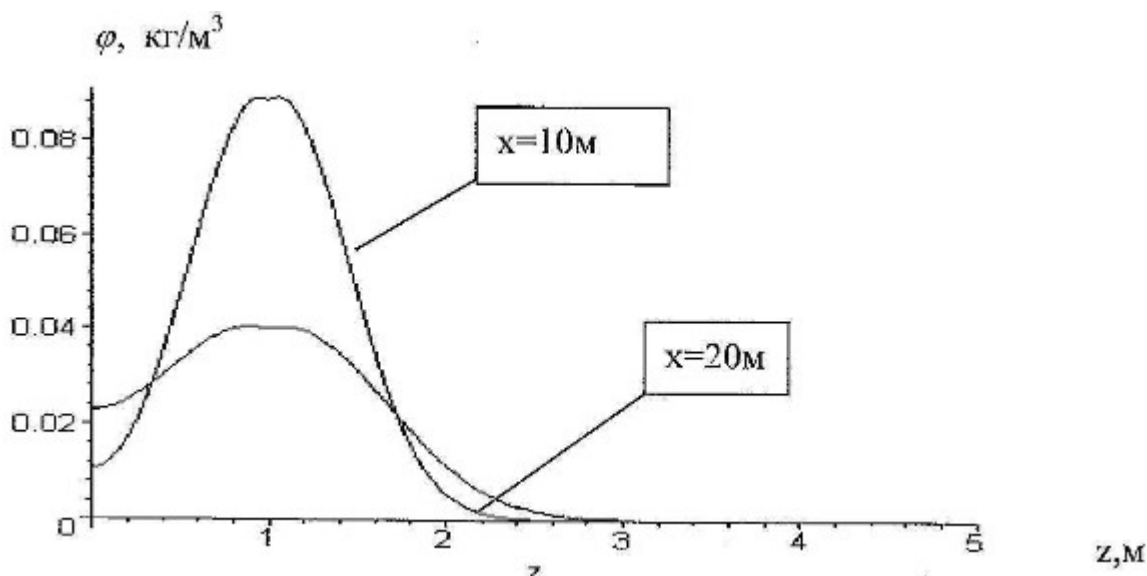


Рис. 2.2. – Залежність концентрації хімічної речовини від висоти джерела викиду

Вертикальний розподіл концентрації при малих x майже симетрично щодо рівня джерела. Зі збільшенням x ця симетрія порушується таким чином, що спадання концентрації вгору відбувається швидше, ніж вниз, а положення

максимуму концентрації по вертикалі поступово знижується до рівня підстильної поверхні.

З виконаних розрахунків слід, що на малих відстанях x під джерелом зосереджена велика кількість хімічної речовини. Зі збільшенням x кількість хімічної речовини зменшується до нуля. Отже, на значних відстанях x більша частина легкої домішки несеться у верхні шари атмосфери і розсіюється в поперечному напрямку.

В роботі [37] детально досліджується гіпотеза про наближеному подоби вертикальних профілів концентрацій в струмені диму на різних відстанях від джерела у напрямку вітру.

Для перевірки справедливості даної гіпотези в запропонованій моделі нами були проведені розрахунки залежності (2.15) концентрацій від x і z , при $y = 0$, результати яких представлені на рис. 2.3.

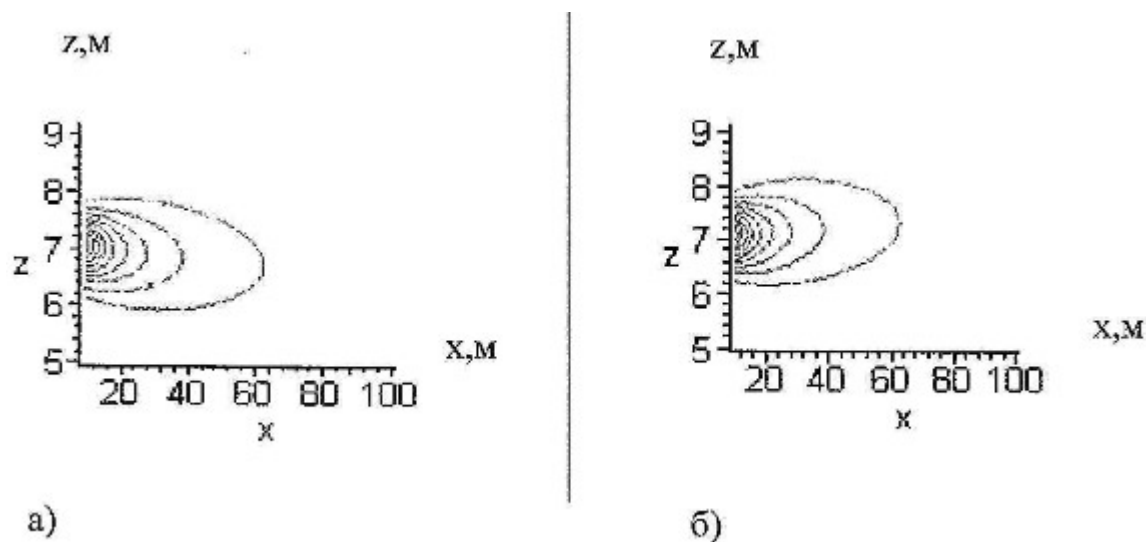


Рис. 2.3. – Ізолінії рівних концентрацій залежно від висоти z при різних відстанях від джерела, розташованого на висоті $h = 7$ м: а) $V_z = 0,6$ м / с, б) $V_z = - 0,6$ м / с. Значення інших параметрів відповідає рис. 2.1

Як видно з рисунку 2.3 отримані нами вертикальні профілі концентрацій для різних x є подібними, що узгоджується зі згаданою гіпотезою, яка отримала експериментальне підтвердження [37, 97]. Таким чином, запропонована нами

досить проста модель дозволяє описувати навіть такі тонкі деталі розподілу концентрацій.

На рис. 2.4 представлені значення концентрації НХР залежно від швидкості вітру. Витрата метанолу складає $Q = 24; 45; 59; 66$ кг / хв при швидкості вітру $v = 120; 300; 420; 480$ м / хв відповідно, $h = 2$ м.

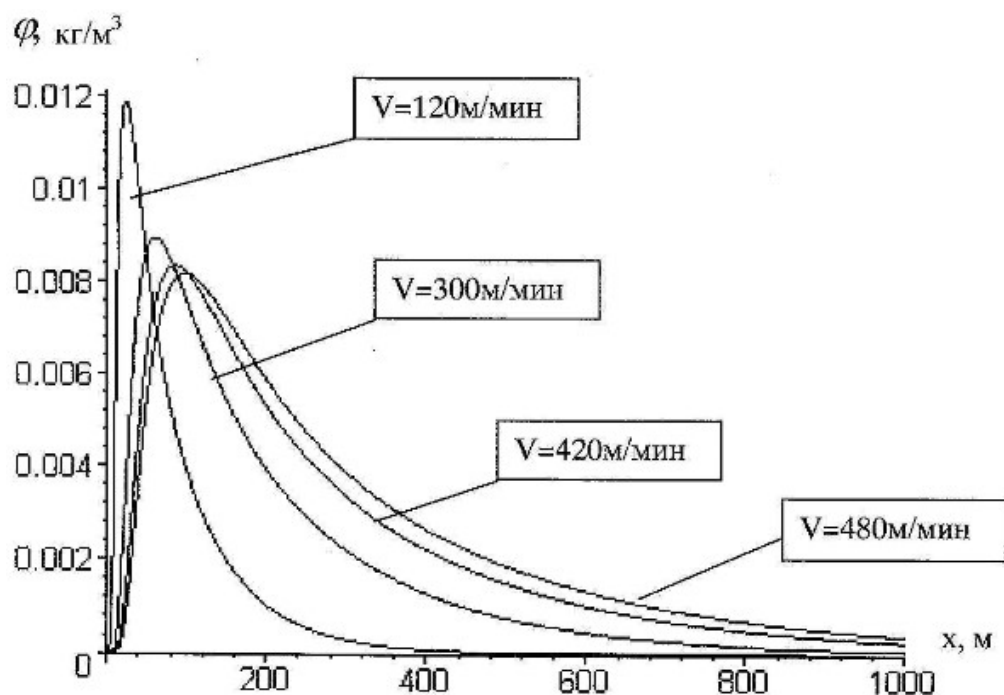


Рис. 2.4. - Значення концентрації хімічної речовини в залежності від швидкості вітру.

Характер зміни концентрації від відстані при різних швидкостях вітру в основному зберігається. Різниця проявляється в абсолютних величинах. Зі зменшенням швидкості вітру максимальне значення концентрації збільшується, а відстань зменшується.

У роботах [38, 53, 55] розглянуто розсіювання домішки від висотних джерел (понад 50 м) і температурою домішки понад 100 °С. У цих випадках зі збільшенням швидкості вітру максимум концентрації зміщується ближче до джерела. У безвітряну погоду максимум концентрації буде знаходитися за кілька кілометрів від джерела.

На відміну від робіт [38, 53, 55,] нами розглядається викид речовини з наземного джерела (висота резервуара до 10 м) при температурі самого речовини дорівнює температурі навколишнього середовища. В цьому випадку максимум концентрації зсувається в бік від джерела у напрямку вітру. У безвітряну погоду максимум концентрації буде знаходитися біля джерела.

Розглянемо зміна концентрації парів хімічної речовини при різних коефіцієнтах турбулентної дифузії (рис. 2.5) $\mu = 0,5; 1; 2,5 \text{ м}^2 / \text{хв}$.

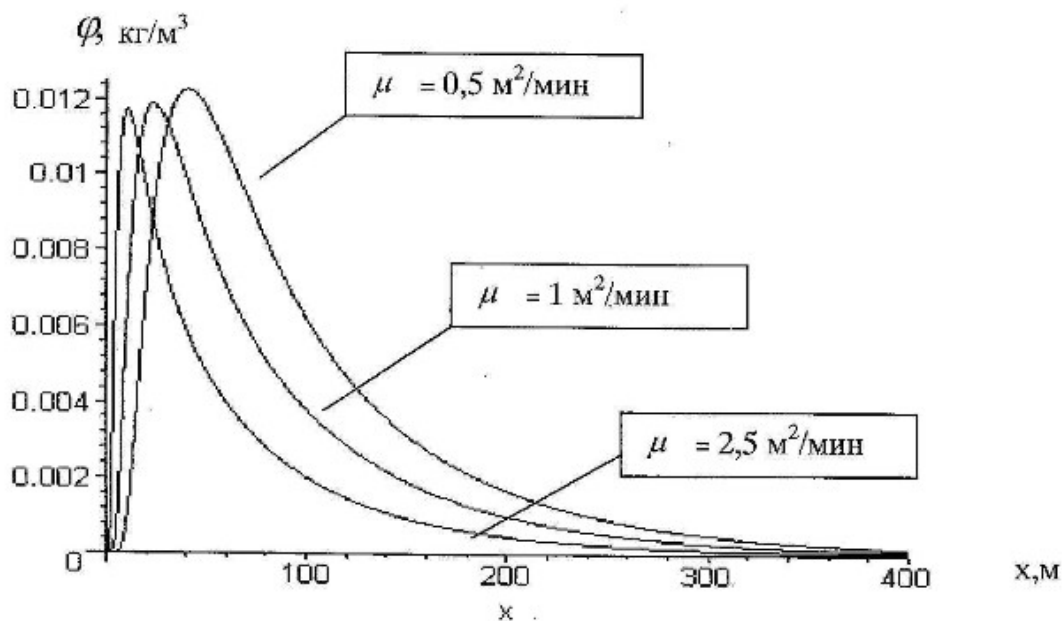


Рис. 2.5. – Зміна рівня концентрації хімічної речовини при різних коефіцієнтах дифузії

З зіставлення результатів розрахунків випливає, що зростання коефіцієнта дифузії позначається на величині концентрації поблизу джерела викиду. Так, при $\mu = 0,5 \text{ м}^2 / \text{хв}$ максимум концентрації становить $0,012 \text{ кг} / \text{м}^3$ на відстані 70 м, а зі збільшенням коефіцієнта дифузії до $2,5 \text{ м}^2 / \text{хв}$ концентрація хімічної речовини незначно зменшується до $0,0118 \text{ кг} / \text{м}^3$, а відстань від джерела зменшується до 10 м.

Отримані нами результати якісно узгоджуються з результатами досліджень викиду домішки наведеними в роботах [37 -39, 44, 45].

Як зазначалося в роботах [38, 44, 45, 98] на значення концентрації великий вплив має стратифікація атмосфери. Згідно розглянутої нами моделі стратифікацію атмосфери можна побічно врахувати значенням V_z .

На рис. 2.6 представлені результати розрахунку концентрації парів метанолу при наступних умовах: $Q = 24$ кг / хв, $z = 1$ м (висота спостереження), $\sigma = 1,2$ хв⁻¹, $\mu = \nu = 0,972$ м² / хв, $V_z = 0,6; 0; -0,6$ м / хв, $V = 120$ м / хв. Висота джерела викиду $h=2$ м.

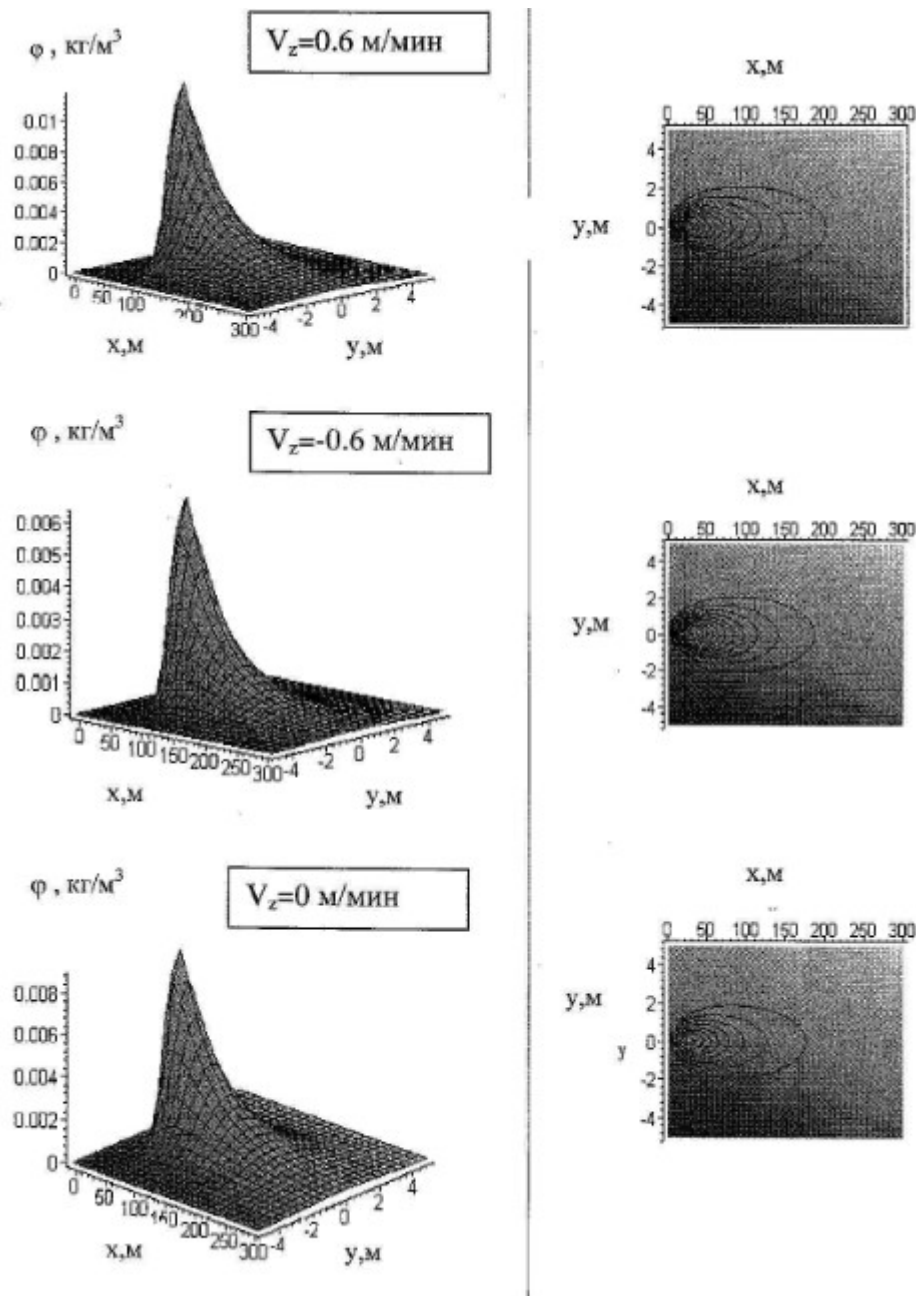


Рис. 2.6.– Зміна концентрації хімічної речовини в залежності від стратифікації атмосфери

Як видно з наведеного рис. 2.6, найбільше значення концентрації парів метанолу спостерігається при інверсії ($\varphi = 0,012 \text{ кг / м}^3$), що відповідає $V_z > 0$, а найменше при конвекції ($\varphi = 0,006 \text{ кг / м}^3$), коли вертикальна швидкість $V_z < 0$.

При стійкому стані атмосфери ($\Delta T > 0$) винос НХР в більш високі шари атмосфери обмежений, при цьому спостерігається істотне зростання концентрації поблизу джерела викиду. Відстань від джерела викиду до точки з максимальною концентрацією і розміри форм зони зараження залишаються незмінним при різних стратифікація атмосфери, що якісно узгоджується результатами експерименту [37, 45].

2.4 Визначення зон токсичного зараження, зон з верхнім і нижнім концентраційними межами запалення

Для пожежно-рятувальних підрозділів при оперативному реагуванні на наслідки розливу НХР необхідно знати концентрацію парів НХР у вторинній хмарі безпосередньо у самого джерела, просторове поширення зони токсичного зараження, зон з НКМЗ і ВКМЗ, а також кордон зони ГДК для проведення евакуації населення.

Кількість газоподібного НХР Q_r (кг) знаходиться в резервуарі і витрата НХР Q_i (кг / хв) при його випаровуванні з розливу в обвалуванні можна зокрема розрахувати згідно методики [67].

При знаходженні цих величин використовуються наступні параметри: тиск в резервуарі; Температура навколишнього середовища; щільність і теплоємність рідкого НХР; температура кипіння; теплота випаровування; теплопровідність, теплоємність і щільність бетону з якого складається обвалування [99].

Розглянемо випадок повного руйнування резервуара з метанолом, в якому знаходилося $Q_r = 270 \text{ кг}$ речовини.

На рис. 2.7-2.8 наведені отримані нами результати розрахунків концентрації метанолу при $O = 24 \text{ кг / хв}$, $h = 1 \text{ м}$ (висота дзеркала розлитого метанолу в обвалуванні), $\sigma = 0,2 \text{ хв}^{-1}$, $\mu = v = 0,972 \text{ м}^2 / \text{хв}$, $z = 2 \text{ м}$, $v = 120 \text{ м / хв}$, $V_z = 0,6 \text{ м / хв}$,

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		49

а значення $\varphi_{ГДК}$ для населення - $1 * 10^{-6}$ кг / м³, $\varphi_{ГДК}$ для робочої зони - $5 * 10^{-6}$ кг / м³ [99], значення верхнього та нижнього концентраційних меж займання $\varphi_{НКМЗ} = 1,7 * 10^{-5}$ кг / м³, $\varphi_{ВКМЗ} = 3,9 * 10^{-5}$ кг / м³ [100].

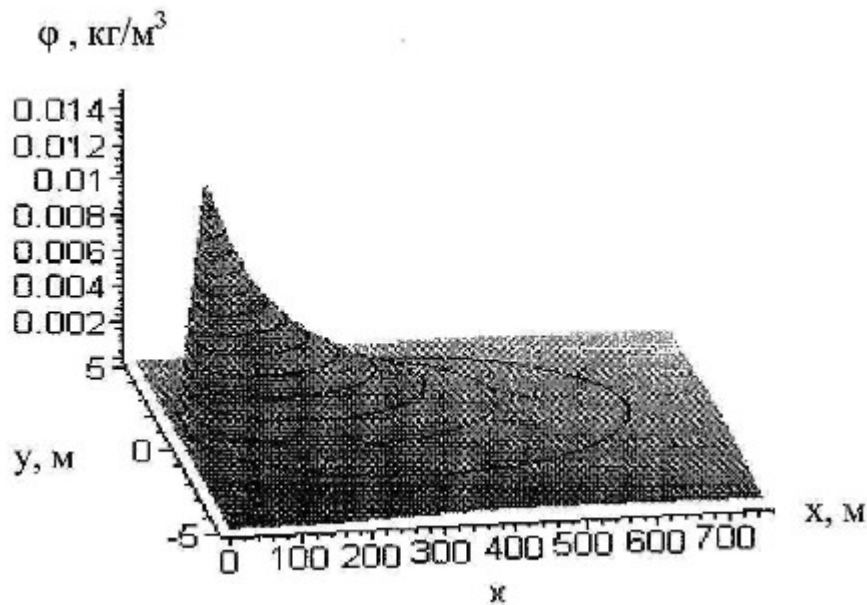


Рис. 2.7. Розподіл концентрації метанолу

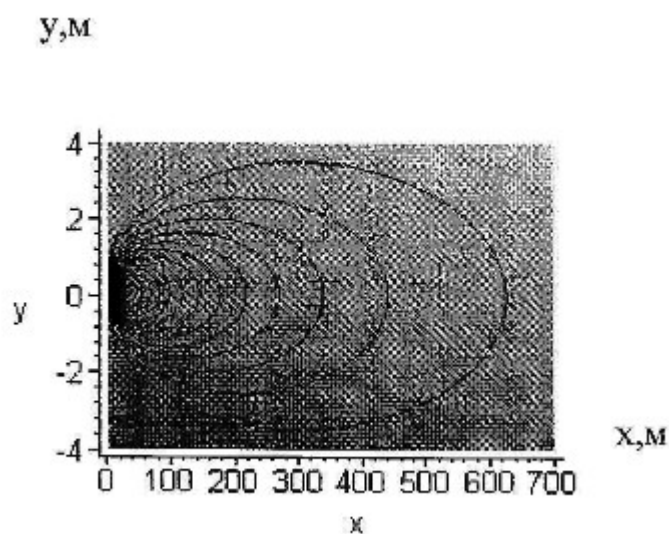


Рис. 2.8. – Просторовий розподіл парів метанолу у вторинній хмарі

В результаті випаровування метанолу з обвалування, витрата якого складає $Q=24$ кг/хв, утворюється вторинна хмара. Поширення вторинного хмари з

урахуванням часу випаровування метанолу протягом 22 годин можна розглядати як сталий процес і використовувати стаціонарну модель.

При випаровуванні метанолу зі швидкістю 24 кг / хв концентрація речовини поблизу джерела становить 0,014 кг/м³. На відстані до 400 м концентрація зменшується до 0,001кг / м³, але залишається небезпечною для здоров'я людей. Зона токсичного зараження парів метанолу у вторинному хмарі (рис.2.8) має форму витягнутого уздовж осі Ох еліпса площею 3 894м².

Нами розраховано розподіл концентрації метанолу, розміри зон зараження з урахуванням ГДК для робочої зони і населення, верхнього і нижнього концентраційних меж займання.

З урахуванням значення ГДК для населення, для робочої зони, НКМЗ і ВКМЗ метанолу на рис. 2.9 представлені результати просторового розподілу зони зараження і зон займання парів метанолу.

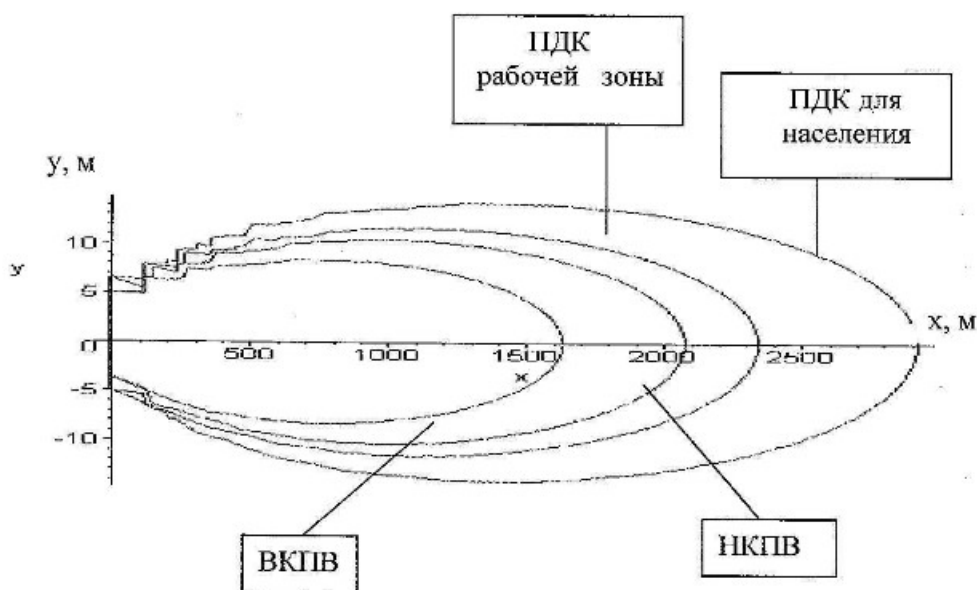


Рис. 2.9. – Зони $\varphi_{ГДК}$, $\varphi_{НКМЗ}$, $\varphi_{ВКМЗ}$ при викиді метанолу

Зона верхнього і нижнього концентраційних меж займання охоплює промислову зону, де реальна можливість існування джерела запалювання, тобто можливе загоряння пароповітряної хмари.

Нами було досліджено вплив поперечних розмірів джерела на просторовий розподіл концентрацій. Як джерело розглядався вертикальний циліндричний

резервуар, що має висоту $h = 7\text{ м}$ і радіус $R = 5\text{ м}$. Таке джерело можна описати формулою:

$$W(S) = \theta(R-\rho), \quad \rho = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad (2.17)$$

а для розрахунку концентрацій скористатися формулою (2.16).

Розрахунки, проведені для значень $R=3,5\text{ м}$ і 10 м показують, що просторовий розподіл концентрацій відрізняється від отриманих під час розрахунків з точковим джерелом тільки на відстанях $\Delta x=2 - 3\text{ м}$, де $\Delta x = x - R$. Тому, для визначення різних зон на відстанях, що перевищують 15 м від джерела, його розмірами можна знехтувати.

Об'ємний розподіл зон ГДК, зон з ВКМЗ і НКМЗ в залежності від відстані до джерела при заданих $\varphi_{ГДК}$, $\varphi_{НКМЗ}$, $\varphi_{ВКМЗ}$ представлений на рис. 2.10, з якого видно, що зі збільшенням висоти спостереження розміри зон зараження і запалення зменшуються.

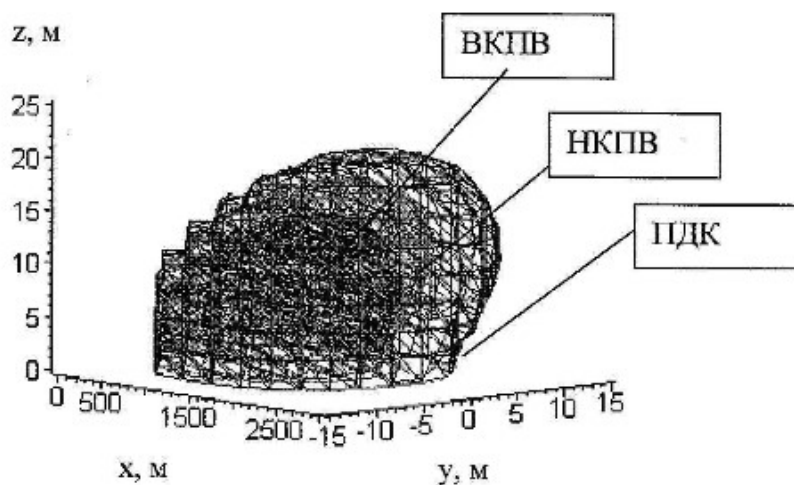


Рис. 2.10. – Об'ємний розподіл $\varphi_{ГДК}$, $\varphi_{НКМЗ}$, $\varphi_{ВКМЗ}$ парів метанолу в залежності від відстані до джерела

Значення розрахованих розподілів концентрацій дозволяє отримати інформацію про зону токсичного зараження за відомими значеннями гранично допустимих концентрацій для робочої зони і для населення.

Крім того, пропонується підхід дає можливість знайти зони, в яких концентрація досягає верхнього і нижнього концентраційних меж займання.

Виходячи з розподілу концентрацій, описуваних вираженням (2.15), отримати аналітичні вирази для величин x і z ($y = 0$) не представляється можливим. Тому, для їх наближеного визначення можна використовувати розрахунки типу наведених на рис. 2.10. Величини x і z визначають центр тяжіння вторинного хмари. Їх знання дозволяє оцінити величини таких факторів, як надлишковий тиск, що виникає внаслідок вибуху, або тепловий потік від вогняної кулі в результаті виникнення горіння.

Висновки

1. Виходячи з рівняння турбулентної дифузії, отримана аналітична модель для опису просторового розподілу концентрацій НХР в стаціонарному випадку.
2. Показано, що така модель дозволяє розраховувати розподіл концентрації НХР для вторинного хмари, що утворюється в результаті випаровування розливу.
3. Показано, що використання запропонованої моделі дозволяє знаходити зони з ГДК для робочої зони і населення, а також зони з ВКМЗ і НКМЗ.
4. Досліджено вплив різних фізичних факторів (параметрів турбулентного стану атмосфери, швидкості вітру, щільності газоподібного НХР, кількості випаровується речовини і швидкості його убування в результаті хімічних перетворень в атмосфері) на характерні параметри небезпечних зон.
5. Показано, що при збільшенні висоти джерела викиду значення приземної концентрації поблизу джерела швидко зменшується з висотою, а максимальне значення досягається на великих відстанях в напрямку вітру.
6. Показано, що облік кінцевих розмірів джерела викиду мало впливає на розподіл концентрацій, розрахованих для точкового джерела.
7. Складено алгоритм і програма для проведення розрахунків зазначених зон.
8. Виявлені закономірності процесу розсіювання домішок в атмосфері не суперечать сучасним науковим уявленням.

Розділ 3. АНАЛІЗ ДОСТОВІРНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНОГО ПІДХОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ НХР

Для встановлення адекватності розглянутих нами математичних моделей існуючим моделям і експериментальним даними нами були проведені дослідження в двох напрямках.

По-перше, було проведено порівняння результатів наших розрахунків і розрахунків, виконаних на основі методики ОНД-86 [36], що викладено в розділі 3.1.

Крім того, нами було проведено польовий експеримент по визначенню просторового розподілу концентрації при стаціонарному випаровуванні хлорпікрину, результати якого разом з теоретичними розрахунками представлені в розділі 3.2.

3.1 Порівняльний аналіз результатів розрахунків розподілів концентрацій в різних моделях

Адекватність розрахунків за пропонованим методом перевірялася шляхом порівняння результатів наших розрахунків з розрахунковими даними [36, 50] передбачуваних максимальних приземних концентрацій в разі викиду з однієї розгерметизованої ємності, заповненої 30 тис. тон рідкого аміаку.

Розрахунки проведені для стаціонарного випадку при наступних вихідних даних:

1. Температура повітря $t=25$ °С. $Q=43$ кг/хв, $z = 1$ м (висота спостереження), $\sigma=0$ хв⁻¹, $\mu=v=0,65$ м²/хв, $V_z=0,6$ м/хв, $V=60$ м/хв. Висота джерела викиду $h=1$ м.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

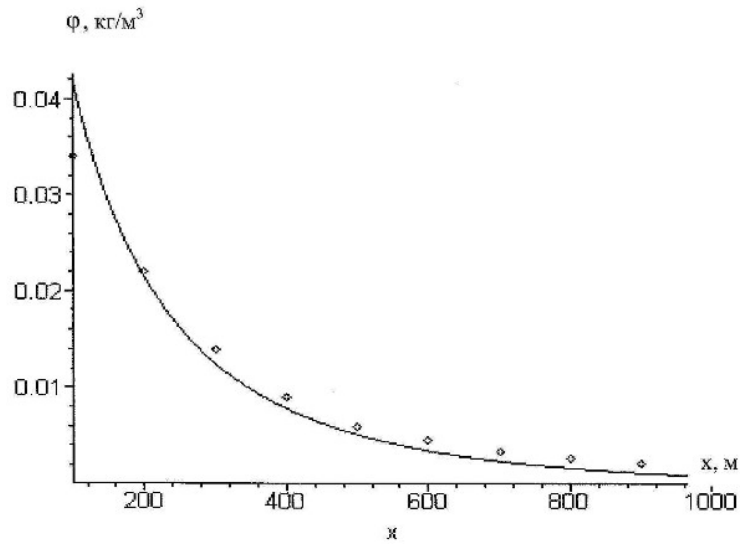


Рис. 3.1 – Результати розрахунку приземної концентрації аміаку при температурі повітря $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$: суцільна крива - розрахункові значення, отримані за пропонованою нами методикою; квадрати на графіку - результати розрахунку [36]

2. Температура повітря $t=0 \text{ }^\circ\text{C}$, $Q = 18 \text{ кг/хв}$, $z = 1 \text{ м}$ (висота спостереження), $\sigma=0 \text{ хв}^{-1}$, $\mu=v=0,65 \text{ м}^2/\text{хв}$, $V_z=0,6 \text{ м/хв}$, $V=60 \text{ м/хв}$. Висота джерела викиду $h=1 \text{ м}$.

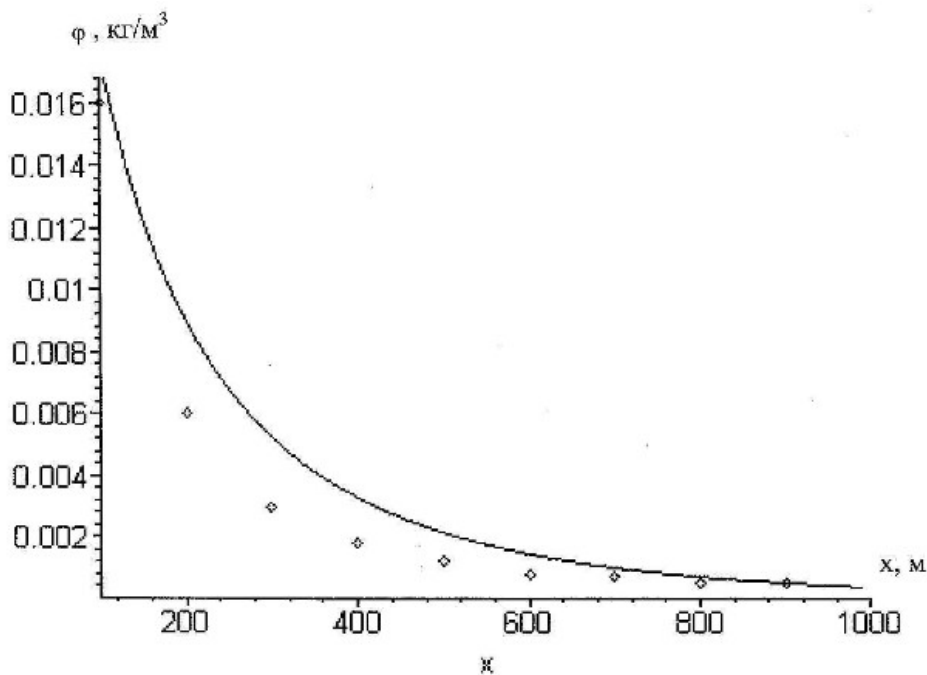


Рис. 3.2 – Результати розрахунків приземної концентрації аміаку при температурі повітря $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$: суцільна крива - розрахункові значення, отримані за пропонованою нами методикою; квадрати на графіку - результати розрахунку [36]

З результатів, представлених на рис. 3.1 і 3.2, можна зробити висновок про те, що значення розрахованих концентрацій добре узгоджуються. Однак, якщо час розрахунків відповідно до [50] становить не менше однієї години, то при використанні нашої моделі воно не перевищує однієї хвилини. Тому запропоновану модель можна використовувати для проведення саме оперативних розрахунків працівниками підрозділів ОРС ЦЗ для визначення зон їх безпечного розміщення при локалізації та ліквідації аварій.

3.2 Практичне підтвердження результатів моделювання

Для перевірки адекватності запропонованої моделі експериментальними даними нами, за допомогою фізичного моделювання, явища поширення хімічних речовин в атмосфері, були проведені польові експериментальні дослідження з визначення концентрації хлорпікрину в процесі його випаровування.

Вимірювання виконані за таких умов. Джерелом парів хлорпікрину служила ємність з площею дзеркала 1 м^2 знаходилася на висоті $h = 0,05 \text{ м}$ від рівня землі на полігоні з рівнинною місцевістю. Ця ємність була заповнена рідким хлорпікрином в кількості 10 кг. Тривалість експерименту становила 70 хвилин. Після закінчення вимірювань залишки хлорпікрину були злиті. За цей час було витрачено 6 кг хлорпікрину, що дозволило визначити потужність джерела $Q_G = 0,086 \text{ кг / хв}$.

Забір проб хлорпікрину в атмосфері проводився стандартними приладами ВПХР і ПГО-11 з використанням індикаторних трубок на фіксованій висоті $z = 0,5 \text{ м}$ від поверхні землі і на фіксованих відстанях 5, 10, 15 і 20 м від центру джерела по осі поширення хмари (по напрямку вітру). У кожній точці було проведено по 5 забирань проб, які здійснювалися з інтервалом часу 10 хвилин, а перш забирання було здійснено через 15 хвилин після затоки хлорпікрину в ємність, що забезпечувало встановлення стаціонарного режиму випаровування. Виміряна нами чашковий анемометром середня швидкість вітру на зазначеній висоті становила $V = 1,6 \text{ м / с}$. Вимірювання температур поверхні землі і повітря на висоті 2 м показало,

						Лист
						56
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	

що стан атмосфери близько до ізотермії. Результати вимірювань концентрацій хлорпікрину представлені в табл. 3.1. Відзначимо, що час забору проб становило 1 хв. Тому виміряні концентрації є, як і повинно бути [37, 38] середні значення. Перша точка вимірювань на висоті 0,15 м перебувала поблизу джерела, забори проб в якій здійснювалися в початкові 15 хвилин для контролю встановлення стаціонарного режиму випаровування.

Таблиця 3.1

Результати вимірів за визначенням хлорпікрину в повітрі при його випаровуванні

№ з/п	Відстань від джерела випаровування хлорпікрину до поста спостереження, м	Висота вимірювання, м	Концентрація, мг/л
1.	0,6	0,15	3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 3,8
2.	5	0,5	0,14; 0,22 0,17; 0,19; 0,10
3.	10	0,5	0,26, 0,16; 0,18; 0,14; 0,22
4.	15	0,5	0,26; 0,18; 0,28, 0,24; 0,14
5.	20	0,5	0,16; 0,24; 0,20; 0,26, 0,22

Результати розрахунків з використанням нашої моделі наведені на рис. 3.3 разом з експериментальними даними. Результати замірів в першій точці на рис. 3.3 не наведено. При проведенні розрахунків було прийнято, що за рахунок осідання частини парів на підстилаючу поверхню коефіцієнт їх зменшення з хмари становив $\sigma = 1,2 \text{ хв}^{-1}$. Коефіцієнти горизонтальною і вертикальною турбулентної дифузії були прийняті рівними $\mu = \nu = 0,4 \text{ м}^2 / \text{хв}$. Внаслідок того, що пари хлорпікрину важче атмосферного повітря з урахуванням ізотермічного стану атмосфери була отримана оцінка для швидкості їх вертикального осідання $v_z = -0,6 \text{ м} / \text{хв}$.

Відзначимо, що розкид експериментальних точок при кожному фіксованому відстані від джерела в певній мірі пов'язаний з похибкою встановлення справжньої концентрації кожного разу, коли проб. Така похибка обумовлена як похибкою самого способу вимірювання зазначеними приладами, так і суб'єктивними помилками кожного вимірника. Останні обумовлені тією обставиною, що порівняння кольору індикаторних трубок після забору здійснювалося візуально і окремо кожним учасником дослідження.

Як видно з рис. 4.3, результати розрахунків і експериментальні дані в цілому непогано узгоджуються між собою.

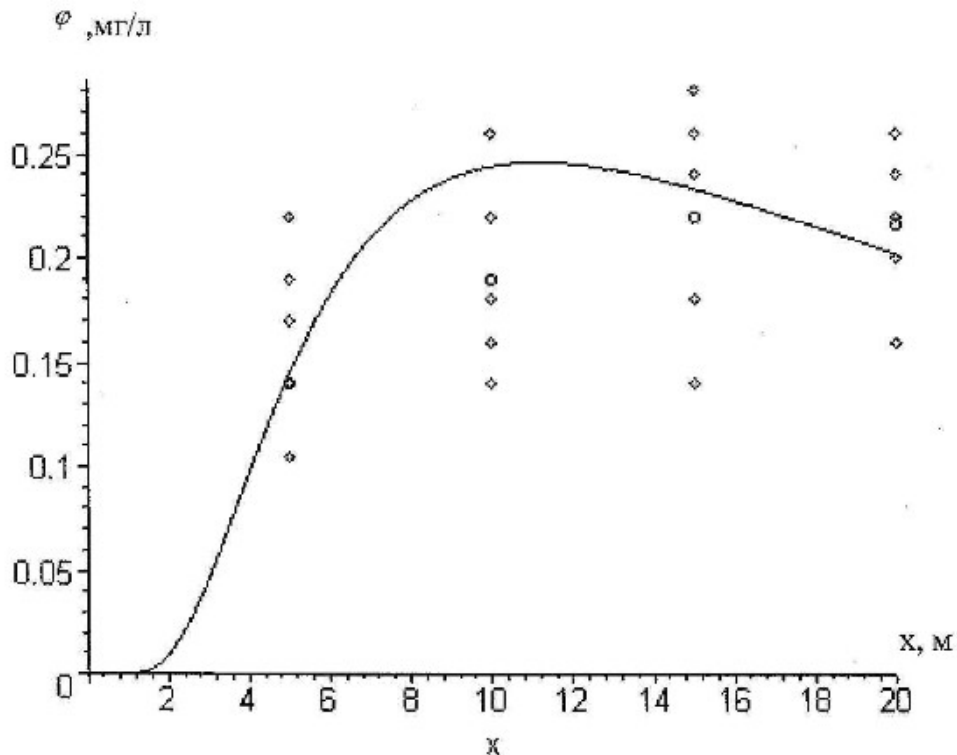


Рис. 3.3. – Залежність концентрації хлорпікрину від відстані. Квадрати - експериментальні дані, кола - середні значення концентрації, крива - результат розрахунків

Розраховане значення концентрації в першій точці, рівне 6,7 мг / л, майже в 2 рази перевищує виміряне. Така розбіжність можна пояснити тим, що, теоретичні розрахунки виконувалися саме для точкового джерела, а вимірювання були проведені біля самого джерела, коли його розмірами знехтувати не можна.

На основі проведеного нами аналізу експериментальних даних про розподіл концентрації вторинного хмари в стаціонарних умовах можна зробити висновок, що запропонована модель дозволяє адекватно описувати процеси поширення НХР.

Зазначені особливості розсіювання НХР в атмосфері і знайдені зони безпеки при ліквідації аварії відповідають існуючим науковим уявленням. Ця обставина свідчить про те, що методичний підхід до вирішення завдання і розроблена математична модель є обґрунтованими.

Розділ 4. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НС З ВИКИДОМ НХР

4.1 Існуючі вимоги до організації АРР з ліквідації наслідків хімічних аварій

Здійснення комплексу заходів по ліквідації наслідків хімічно небезпечних аварій вимагає чіткої організації і впевненого керівництва їхнім проведенням.

У всіх відомих нам методиках [50, 69, 70, 72, 75 - 77] розрахунку концентрацій НХР в атмосфері не розглядають і не дають ніяких рекомендацій по ліквідації аварій, пов'язаних з викидом (розливом) НХР. Зазвичай приводять методи прогнозування і оцінки обстановки, що виникає в результаті аварії. У численних виданнях [7, 75, 82-86] розглядають і наводять різні рекомендації щодо захисту населення і особового складу пожежно-рятувальних підрозділів та виконання аварійно-рятувальних робіт.

Але всі вимоги і рекомендації носять загальний характер і в основному зводяться до нижченаведеним.

Керівник робіт зобов'язаний виконати ряд дій. По перше, оцінити хімічну обстановку і визначити межі зони токсичного зараження без вказівки як це здійснити. Вжити заходів щодо її позначенню і оточенню, а також виявити людей, що зазнали впливу НХР, і організувати надання їм медичної допомоги [86, 118, 119, 120].

Згідно [83 85] потрібно розробити план ліквідації наслідків аварії, в якому в залежності від масштабів і характеру хімічного зараження викласти: стислу характеристику наслідків аварії і висновки з оцінки хімічної обстановки, черговість робіт і терміни їх виконання, способи дегазації (нейтралізації) НХР, організацію контролю за повнотою дегазації (нейтралізації) місцевості, техніки, будинків, споруд і транспорту. Обов'язкові організація порядку управління і подання донесень про хід робіт, а також медичне забезпечення постраждалих.

					Лист
					59
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	

Визначається кількість сил і засобів для проведення робіт з ліквідації наслідків аварії на ХНО. Не завжди, але досить часто роботи починаються з рекогносцировки району аварії. В ході цієї роботи визначається масштаб аварії і загальний порядок її ліквідації, також можливі масштаби поширення рідкої і парової фаз НХР [72, 83, 86, 121, 122]. Повинно бути перевірено протипожежний стан району майбутніх робіт.

Оцінюється обсяг робіт по евакуації і проводиться сама евакуація. Організуються роботи для розчищення шляхів підходу і під'їзду до місця аварії. Постійно ведеться моніторинг метеорологічних умов. Організуються бази, пункти управління та видачі засобів захисту, харчування і так далі. Екстрена евакуація населення з небезпечних зон починається з оповіщення про виникнення аварії. Для кожного хімічного об'єкта підготовлено 9 варіантів оповіщення, з яких 8 - для всіх напрямків вітру і 1 - в разі безвітряної погоди або при невеликому вітрі (1 м / с) [23, 82]. Евакуація населення планується завчасно, маршрути евакуації визначаються з використанням схем населених пунктів і дальність евакуації залежить від масштабів аварії, але не перевищує 15 км від зони зараження [30].

Після того, як будуть отримані результати рекогносцировки місця аварії, можна ставити конкретні завдання для локалізації та усунення наслідків. Обов'язково повинен бути передбачений перелік виконуваних завдань (завдання в залежності від конкретної обстановки можуть уточнюватися). Ось ці завдання: організація дегазації (нейтралізації) НХР в осередку аварії; виявлення і контроль зони розповсюдження парів НХР; оповіщення та евакуація із зони зараження; надання медичної допомоги ураженим; організація оточення зони аварії і розповсюдження небезпечних концентрацій НХР; організація дегазації (нейтралізації) техніки, що брала участь в роботах; розчищення і звільнення підходів і під'їздів до місця аварії; усунення або обмеження течі НХР з пошкоджених: х ємностей і їх розтікання на місцевості; перекачування або збір НХР в резервні ємності; санітарна обробка осіб, які беруть участь в роботах. Створюються системи зв'язку, які застосовуються для керівництва силами і

										Лист
										60
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01					

засобами, які беруть участь в ліквідації наслідків хімічно небезпечної аварії [79, 82, 122].

Незалежно від погоди і часу доби роботи по ліквідації наслідків аварій на хімічних підприємствах проводяться в обов'язковому порядку.

Детальний аналіз усіх, викладених вище, рекомендацій по ліквідації аварій з викидом НХР показує на відсутність вказівок на те, що є першочерговим завданням керівника, і які конкретні дії мають бути виконані. Виходячи з проведених в роботі досліджень, нам видається, що для успішної ліквідації хімічної аварії, першорядне значення має оперативна організація робіт в початковий момент часу виникнення аварії. При цьому одночасно повинні вирішуватися три основні завдання: перша - організація робіт по перед відразі витікання рідини з резервуара в разі його часткового руйнування або випаровування НХР з обвалування при протоці з повністю зруйнувався, резервуара. Друга - організація заходів щодо попередження виникнення каскадного режиму розвитку аварії в разі аварії з вибухопожежонебезпечними речовинами. Третя - захист особового складу, оповіщення та евакуація працівників підприємства і населення із зони можливих поразок.

Як приклад виконання зазначених вище дій розглянемо склад рідких хімічних реагентів, схема якого наведена на рис. 4.1.

4.2 Організація АРР в разі миттєвої розгерметизації ємності з метанолом

Для початку розглянемо аварію, яка виникає при миттєвої і повної розгерметизації ємності з метанолом, обсяг якої 50 м^3 і яка на 80% заповнена рідким метанолом при надмірному тиску парів 5 Па. У цьому випадку спочатку утворюється первинне хмара, а потім і вторинна хмара. Таким чином, розглядаємо песимістичний варіант аварії з одним резервуаром.

Для первинного хмари, приймемо такі вихідні дані: $Q=266,6 \text{ кг}$, $\sigma=0,2 \text{ хв}^{-1}$, $\mu = v = 0,972 \text{ м}^2 / \text{хв}$, висота джерела $h = 7 \text{ м}$, $v_x = 120 \text{ м} / \text{хв}$, $v_y = 0,6 \text{ м} / \text{хв}$, напрямок вітру - західний.

					ЛУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

Таким чином, з огляду на швидкоплинний характер поширення первинної хмари і освіти слідом за ним вторинного хмари, керівник підрозділу ОРС ЦЗ повинен прийняти наступні рішення. Направити підрозділу до місця аварії для її локалізації та ліквідації. Більш детально це питання розглядається нижче. По-друге, з огляду на напрямок вітру, вжити заходів щодо запобігання каскадного розвитку аварії, яке може виникнути в результаті вибуху або займання пароповітряної суміші. Для цього потрібно встановити зони з НКПЗ і ВКМЗ, оповістити персонал підприємства про аварію і призупинити всі ведуться роботи із застосуванням відкритого вогню. І нарешті, оповістити і організувати евакуацію працівників підприємства і населення із зони можливого поширення вторинного хмари і надання медичної допомоги постраждалим. Зазначену зону можна визначити виконавши розрахунки за представленою в Додатку А програмі за час, що не перевищує 1 хвилину.

Більш істотну загрозу в порівнянні з первинним хмарою представляє освіту вторинного хмари, яке буде поширюватися в тому ж напрямку, що і первинне.

Для аналізу наслідків освіти вторинного хмари, як і в розділі 2, вихідними даними будуть: $Q=24$ кг/хв, висота піддону (обвалування) $h = 0,8$ м, площа розливу 78 м^2 , кількість розлитого метанолу 40 м^3 .

Використовуючи запропоновану нами програму розрахунку зон токсичного ураження і зон з НКПЗ і ВКМЗ, керівник в першу чергу встановлює розміри зазначених зон. Після цього уточнює маршрути руху підрозділів ОРС ЦЗ до місця аварії і визначає розстановку сил і засобів для локалізації і ліквідації розливу хімічної речовини. Залежно від фізико-хімічних властивостей речовини, приймає рішення про методи ліквідації розливу. При цьому, сили і засоби повинні бути спрямовані в першу чергу на подачу піноутворюючого розчину в обвалування, а також на відкачування пролитої рідини в герметичні цистерни, засипку решти рідини.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		62

Для розглянутої нами аварії на рис. 4.1 представлені можливі маршрути руху підрозділів та приблизна схема розстановки сил і засобів при наявності двох відділень на автоцистернах АЦ-40(130) з урахуванням напрямку вітру.

Як видно з рисунка з об'єктової пожежно-рятувальної частини (ДПЧ) до місця аварії можна дістатися 2-мя маршрутами, і саме мінімальна відстань відповідає маршруту № 1.

При цьому сценарії аварії велике значення має час оповіщення та евакуації персоналу підприємств, населення із зони токсичного зараження. Для захисту персоналу підприємства від наслідків аварій, пов'язаних з викидом (розливом) НХР, призначені притулку, що відповідають певним вимогам. Однак використання сховищ для захисту від НХР утруднено за низкою причин. Чинні нормативні терміни приведення сховищ в готовність не забезпечують негайне укриття людей при хімічних аваріях; стан обладнання для очищення і регенерації повітря залишають бажати кращого. Оперативність дії систем оповіщення повинна складати лічені хвилини. Реальне ж час оповіщення на більшості ХНО становить 25 - 30 хвилин і більше, що не можна визнати задовільним [30]. Тому додатково рекомендуємо:

- встановити сучасні системи оповіщення на об'єкті, що дозволяють проводити швидке оповіщення робочого персоналу, населення про аварії, що сталася;

- скоротити час оповіщення населення, працівників підприємства про аварію, що трапилася з 2 хв до кілька секунд.

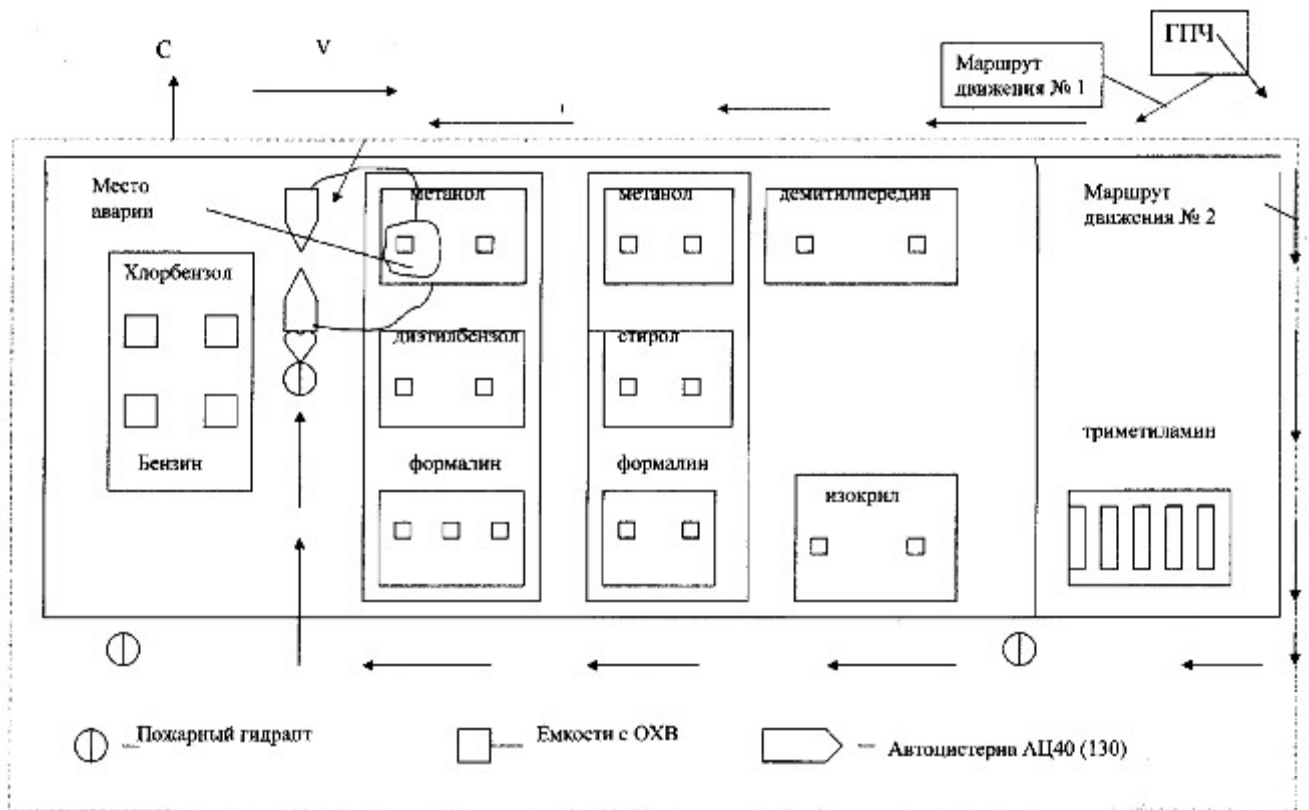


Рис. 4.1 – Розстановка сил та засобів при нейтралізації місця аварії з викидом метанолу

Після проведення перерахованих вище заходів, керівник може приступати до виконання наступних завдань, пов'язаних з дегазацією місця аварії, техніки і санітарної обробки. Для цього нами пропонується:

- маршрут руху вибирати з урахуванням розташування під'їзних шляхів, і мінімальної витрати часу на проходження до місця аварії. При виборі маршруту руху напрямком вітру в такому випадку можна знехтувати;
- з метою запобігання виникненню пожеж знеструмити всі виробничі корпуси, зупинити проведення робіт із застосуванням відкритого вогню;
- організувати оточення території, на якій проводяться роботи по нейтралізації вогнища аварії;
- провести розчистку і звільнення підходів, і під'їздів до місця аварії (при необхідності);
- організувати дегазацію (нейтралізацію) вогнища аварії;

- організувати дегазацію (нейтралізацію) техніки, що брала участь в роботах;
- моніторинг метеорологічних умов;
- санітарна обробка осіб, які беруть участь в роботах.

4.3 Організація і проведення АРР в разі розливу метанолу

Припустимо, що аварія на ХНО сталася через аварійний протоки НХР через розгерметизацію або руйнування резервуару.

В цьому випадку при наявності вітру первинне хмара НХР досить швидко розсіюється і йде від резервуара. Вторинне хмара утворюється внаслідок випаровування НХР з обвалування.

Зазначений тип аварії також дуже небезпечний для населення, але на відміну від розглянутого вище, дозволяє залучити достатню кількість сил і засобів для ефективного проведення робіт по ліквідації наслідків аварії.

До особливостей хімічних аварій слід віднести те, що забруднення атмосфери при розливі (викиді) НХР може відбуватися протягом часу від кількох годин до кількох діб.

Розглянемо на конкретному прикладі освіту вторинного хмари розливу метанолу з вихідними даними: $Q = 24 \text{ кг / хв}$, $\sigma = 0,2 \text{ хв}^{-1}$, $\mu = v = 0,972 \text{ м}^2 / \text{хв}$, висота спостереження $h = 2 \text{ м}$, висота піддону $z = 0,8 \text{ м}$, $v = 120 \text{ м / хв}$, $Vz = 0,6 \text{ м / хв}$. Площа розливу метанолу 78 м^2 .

Зони з верхнім і нижнім концентраційними межами запалення, а також зони з ТЩК для робочої зони і населення будуть мати вигляд, представлений на рис. 4.2.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		65

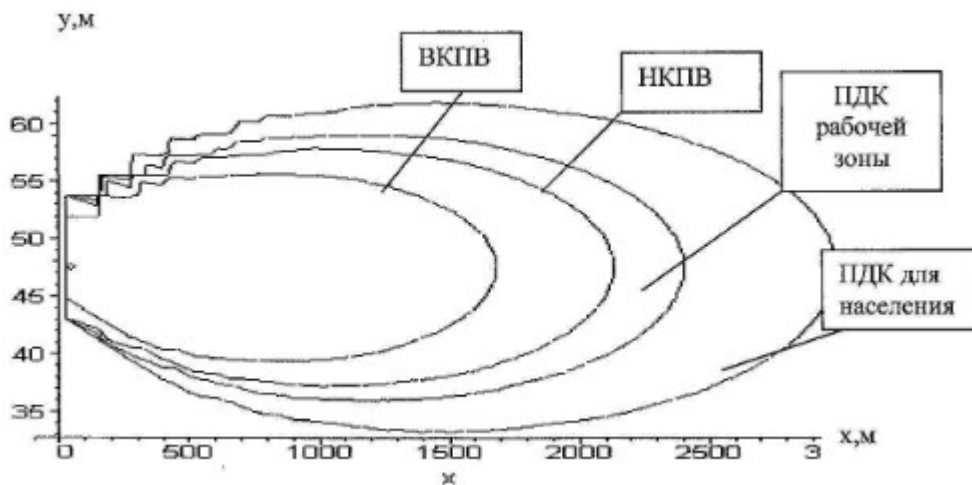


Рис. 4.2. – Зони з ВКМЗ і НКМЗ, ГДК для робочої зона, населення

Зазвичай зона токсичного зараження в сотні разів перевищує площу розливу НХР [80, 86, 122]. При цьому концентрація хімічної речовини поблизу джерела при розливі в обвалування буде набагато вище концентрації на кордоні флангів і фронту хмари. У разі довільного розтікання НХР площа дзеркала розливу може досягати сотні кілометрів, а зона токсичного зараження збільшується до розмірів. Проведення ліквідації наслідків розглянутої надзвичайної ситуації, в даному конкретному випадку, проводиться особовим складом об'єктових пожежно-рятувальних підрозділів безпосередньо у самого джерела зараження.

З урахуванням кількості викинутого хімічної речовини і часу випаровування розлитого НХР завдання по скороченню часу перебування особового складу підрозділів ДСНС в зараженій зоні може бути зведена до вибору оптимального маршруту слідування і розгортання сил і засобів, а також перебування в засобах захисту особового складу з урахуванням концентрації НХР і режиму роботи протигазів.

Таким чином, щоб скоротити час безпосереднього перебування особового складу пожежно-рятувальних підрозділів в небезпечній зоні, необхідно розробити схему безпечного маршруту слідування і розгортання сил і засобів з урахуванням зон токсичного зараження, займання.

Вибір маршруту руху в даному випадку буде відрізняти від вибору маршруту при аварії в утворенням первинного хмари. Це пов'язано з тим, що рух транспорту, проведення робіт повинні проходити з підвітряного боку [86].

Маршрут руху пожежно-рятувального підрозділу та розстановка сил і засобів представлена на рис. 4.3. Із запропонованих 3-х видів маршруту доцільно вибрати маршрут № 3 і в'їжджати на територію складу з південного боку. Маршрут № 1 виключається через попадання особового складу пожежно-рятувального підрозділу в зону токсичного зараження. Маршрут №2 недоцільне через попадання особового складу в зону токсичного зараження, а автоцистерн в зону займання.

Для цього розглянемо графічне уявлення можливих маршрутів руху особового складу при аварії з розливом метанолу.

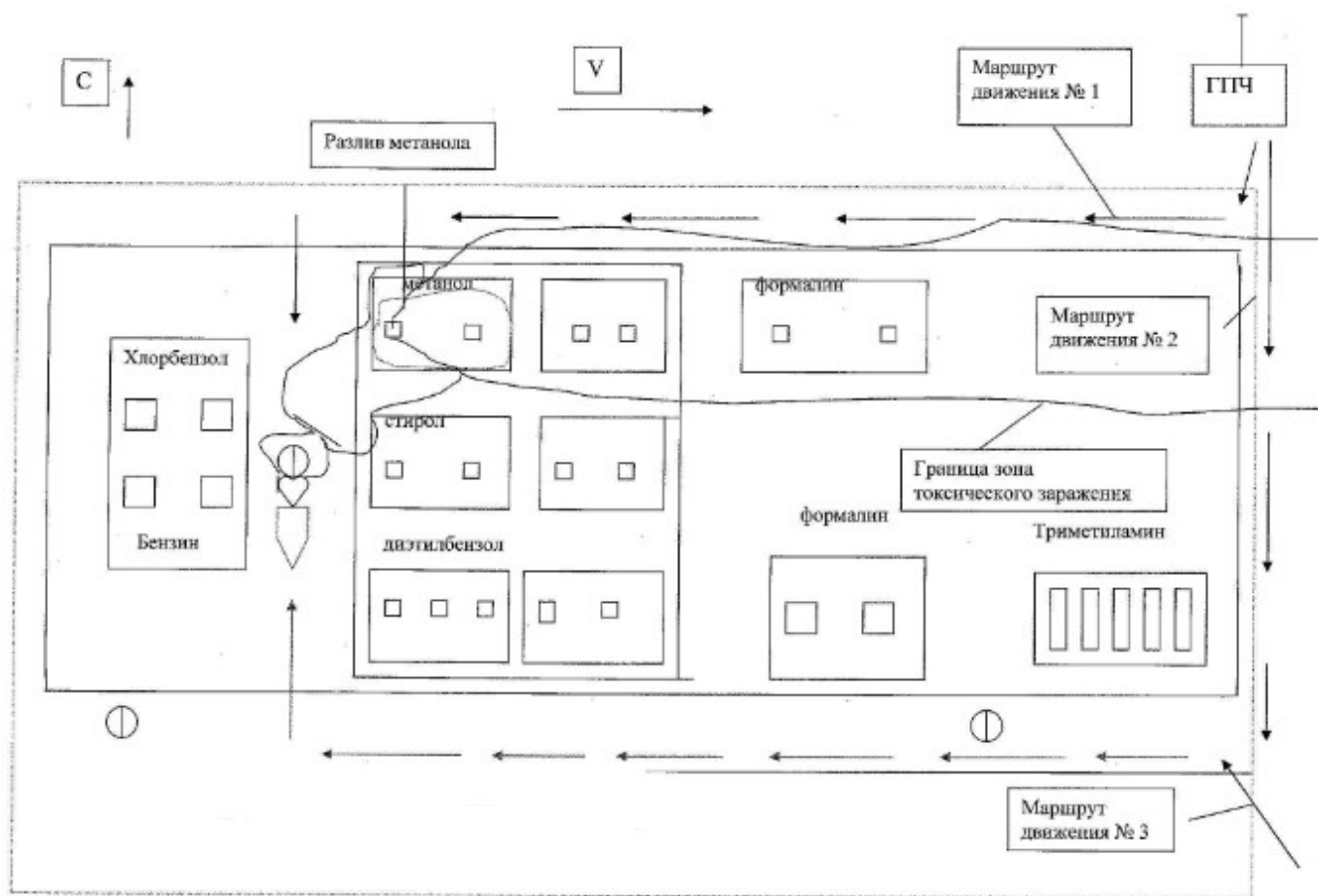


Рис. 4.3 – Розстановка сил і засобів при ліквідації розливу метанолу

Крім того, на місце події виїжджають різні служби (Підрозділу радіологічного, хімічного, біологічного, медичного захисту і так далі). Тому шляхи слідування резервних сил і засобів, служб обираються з урахуванням руху вітру, а значить і хмари зараження.

На місце аварії прибуває 2 пожежні автоцистерни середнього типу – АЦ-40(130)63Б, одна з яких, без установки на вододжерело, нейтралізує піною середньої кратності розлив НХР. Інша автоцистерна встановлюється на вододжерело та включається в роботу.

Згідно тактико-технічними характеристиками автоцистерни [123] за 7 хв безперервної роботи однієї машини можливо покриття піною середньої кратності площа розливу НХР до 83 м². У нашому випадку площа розливу метанолу складає 72м². Теоретично на ліквідацію розливу достатньо однієї автоцистерни. Але на ліквідацію розливу НХР доцільно виїжджати на 2-х автоцистернах.

Проведення робіт по ліквідації розливу метанолу проводяться з підвітряного боку рис. 4.4.

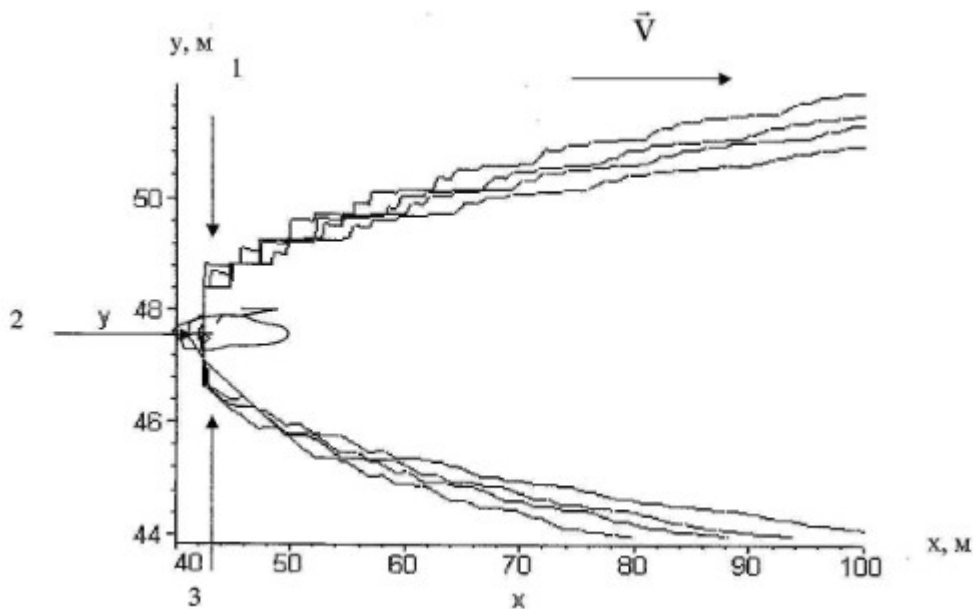


Рис. 4.4. – Схема введення сил і засобів на ліквідацію розливу метанолу, де V- напрямок вітру, 1 - 3 - напрямок введення сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів для ліквідації аварії

Особовий склад при ліквідації аварії працює в ЗІЗ. Загальні вимоги часу роботи особового складу однієї зміни в осередку зараження залежить від часу допустимого безперервного перебування в ЗІЗ (при температурі повітря від +24 °С до +20 °С - до 50 хв., Від +19 °С до +15 °С - до 2 годин, при температурі нижче +15 °С - 3 години і більше) [86, 134].

Як зазначалося раніше, багато ХНО є також і пожежовибухонебезпечними. При плануванні та проведенні робіт необхідно враховувати, що метанол легкозаймиста речовина і має верхній і нижній концентраційний межі займання. В даному випадки вони знаходяться безпосередньо у самого джерела і на відстані 1600-2100 м від джерела у напрямку вітру. Для розглянутого складу підприємства на цій відстані від джерела зараження розташовані технологічні корпусу, в яких можливі роботи із застосуванням відкритого вогню. Крім того, проходять автодороги, комунікації.

Слід зазначити, що з часто вживаних і рекомендованих засобів ліквідації хімічних аварій, є розпил води [83-86, 124, 125], який в даному конкретному разі не можна застосовувати. Однак, наприклад, хоча для зменшення концентрації парів аміаку при його викиді (розливі) і рекомендується подача води, тим не менш, дослідження показали [126, 127], що подача води не сприяє «зупинці» мігруючого токсичного хмари і є «неекономічним» засобом [127], так як на практиці потрібно подача дуже великої кількості води. Як, альтернатива, для ліквідації вогнища ураження може використовуватися подача нейтралізують розчинів [124].

Пожежно-рятувальні підрозділи на практиці користуються рекомендаціями [83-85] для ліквідації розливу НХР шляхом установки водяних завіс. Рекомендаціями зручно користуватися в тому випадку, якщо аварія сталася на складах з наявністю аміаку, хлору, мінеральних кислот і взаємодія з водою яких не призводить до утворення пожежі, вибуху.

Розчини нейтралізує суміші або води можуть подаватися в осередок аварії у вигляді дрібно дисперсної або компактного струменя від наземних стаціонарних

						Лист
					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	69
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

або пересувних спринклерних установок (пожежні машини, військові машини, автономні водорозпилені установки типу АВР- 70/30, гідроціткі) [86, 128, 129, 134]. Іншим підходом до захисту атмосфери є організація подача води або нейтралізуючого розчину з літака або вертольота.

В роботі [124] наведено опис технології ліквідації зони аварійного розливу аміаку, хлору, в якій застосовується відсмоктування парів із зони розливу за допомогою вентиляційної установки з наступною нейтралізацією парів. Однак, в роботі не наводиться інформація про рекомендації щодо застосування цієї установки, її ефективності при тих чи інших метеоумовах, розмірах розливу. У літературі відсутній опис методів розрахунку даного процесу - видалення парів токсичних речовин від зони розливу за допомогою вентилятора.

Нами пропонуються наступні рекомендації по ліквідації наслідків розливу метанолу, евакуації персоналу підприємства з урахуванням зони займання:

- маршрут проходження пожежно-рятувальних підрозділів повинен відповідати маршруту з мінімальною витратою часу на проходження до місця аварії;
- планувати аварійно-рятувальні роботи з урахуванням зони займання. Не допускати виникнення в зоні займання джерела відкритого вогню, руху автотранспорту з несправною системою запалювання;
- з метою запобігання виникненню пожеж знеструмити всі виробничі корпуси, зупинити проведення робіт із застосуванням відкритого вогню;
- розчищення і звільнення підходів і під'їздів до місця аварії;
- організація оточення зони аварії;
- організація усунення течі метанолу;
- організація і проведення робіт по локалізації ування;
- організація дегазації (нейтралізації) місця аварії;
- організація і проведення евакуації;
- надання медичної допомоги ураженим;
- організація дегазації (нейтралізації) техніки, що брала участь в роботах;

- санітарна обробка осіб, які беруть участь в роботах;
- моніторинг метеорологічних умов.

Рекомендації по евакуації персоналу підприємства, населення проводити з урахуванням рекомендацій, запропонованих для аварій з утворенням первинного хмари зараження.

Проведені нами розрахунки просторового розподілу НХР в атмосфері виконані на ПК з використанням математичного мови MAPL, який дозволяє оперативно (до декількох секунд) проводити необхідні розрахунки і зображати їх результати в числовому і графічному вигляді.

У висновку відзначимо, що можна розглянути вище розрахунки провести попередньо для кожного резервуара на даному підприємстві з урахуванням їх особливостей, пори року (стану атмосфери) і напрямку вітрів. Такі розрахунки небезпечних зон, що виникають при аварії, можуть служити в якості попередніх схем для оперативного прийняття необхідних рішень.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		71

Розділ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ НА ХНО

Відповідно до Наказу МНС від 13.10.2008 р. № 773 “ Про затвердження Рекомендацій щодо захисту о/с підрозділів ОРС ЦЗ під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварії за наявності небезпечних хімічних речовин ” [84]:

Під час робіт з ліквідації наслідків аварій та гасіння пожеж за наявності НХР необхідно забезпечити виконання вимог безпеки праці, відображених у Правилах безпеки праці в органах і підрозділах ДСНС, Правилах безпеки та порядку ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом, інших нормативних документах, ПЛАС, планах пожежогасіння, аварійних картках, паспортах безпеки речовин, інструкціях з безпеки праці для конкретних об’єктів тощо.

Загальний контроль за дотриманням заходів безпеки здійснює керівник робіт з ліквідації наслідків аварії.

КАРРiГП відповідає за безпеку особового складу підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України, який бере участь у ліквідації наслідків аварії та гасіння пожежі за наявності НХР.

У разі отримання повідомлення про аварію (пожежу) на об’єкті з наявністю НХР необхідно сповістити служби, які залучаються до ліквідації наслідків аварії (пожежі), згідно з ПЛАС, планами пожежогасіння, планами взаємодії.

В умовах пожеж та аварій з наявністю НХР з утворенням зони хімічного забруднення та реальною загрозою життю та здоров’ю людей КАРРiГП, одночасно з розгортанням сил та засобів, викликає швидку медичну допомогу.

Ведення оперативних дій на підприємствах, на яких розроблено у встановленому порядку ПЛАС, має виконуватись відповідно до цих планів.

КАРРiГП повинен приймати рішення щодо проведення робіт з ліквідації наслідків аварії або гасіння пожежі на об’єкті з наявністю НХР після [79-81]:

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		72

- проведення розвідки та оцінки оперативної обстановки;
- отримання спеціального інструктажу про порядок виконання робіт і письмового дозволу (допуску) на проведення робіт (додаток 4) від керівника робіт з ліквідації наслідків аварії або уповноваженої ним особи (це питання має бути попередньо визначене в ПЛАС);
- визначення спільно зі спеціалістами об'єкта та штабу з ліквідації наслідків аварії необхідних заходів та засобів захисту особового складу, допустимого часу роботи особового складу в зоні хімічного забруднення;
- забезпечення особового складу спеціальними засобами захисту;
- узгодження маршрутів руху, схеми зв'язку та оповіщення, визначення позицій та порядку розгортання;
- з'ясування меж зони хімічного забруднення;
- організації контролю за межами зон хімічного забруднення;
- визначення заходів щодо захисту неушкоджених ємностей з НХР та можливості евакуації НХР з небезпечної зони;
- відключення електросилових установок, розміщених у зоні аварії;
- з'ясування порядку та можливості відключення технологічного обладнання;
- визначення шляхів відходу особового складу та забезпечення маневру пожежно-рятувальної техніки у разі ускладнення обстановки;
- організації спільно з адміністрацією об'єкта або з керівником ліквідації наслідків аварії пунктів дегазації, санітарної обробки та медичної допомоги особовому складу.

Розгортання підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України на місці аварії повинно здійснюватися за межами зони хімічного забруднення з навітряного боку. Пункти спеціальної та санітарної обробки, пункти заміни засобів індивідуального захисту, пости хімічного спостереження, метеопости тощо повинні розміщуватися за межами зони хімічного забруднення з навітряного боку на безпечній відстані від осередку аварії, враховуючи

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		73

прогнозовану зміну розмірів і напрямку розповсюдження зони хімічного забруднення.

Перед початком робіт КАРРiГП, із залученням спеціалістів об'єкта і штабу з ліквідації наслідків аварії, повинен провести інструктаж особового складу щодо заходів безпеки під час гасіння пожежі на хімічно небезпечному об'єкті та щодо дій у зоні хімічного забруднення.

Для здійснення контролю за дотриманням особовим складом підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту ДСНС України заходів безпеки КАРРiГП призначає відповідального за техніку безпеки з числа осіб начальницького складу.

Для керування силами та засобами, а також для оперативного отримання відомостей про обставини, що склалися на місці аварії, необхідно організувати надійний зв'язок із застосуванням усіх видів табельних засобів, а також каналів і ліній зв'язку відомств і організацій, розташованих у зоні робіт.

Використання каналів та засобів зв'язку інших відомств має бути визначено заздалегідь та узгоджено з відповідними організаціями. Залежно від конкретних обставин для організації радіозв'язку необхідно передбачити розгортання польового узла зв'язку.

Для швидкого сповіщення про небезпеку необхідно встановити єдині звукові сигнали і ознайомити з ними весь особовий склад, який прибув на місце подій, визначити шляхи відходу в безпечне місце. Сигнал на евакуацію особового складу доцільно подавати за допомогою сирени за наказом КАРРiГП або оперативного штабу з ліквідації наслідків аварії. Звуковий сигнал на евакуацію особового складу повинен принципово відрізнятися від усіх інших сигналів. Дії особового складу за сигналами оповіщення повинні відпрацьовуватися на тактичних навчаннях.

Для забезпечення безпеки особового складу та можливості здійснення маневру спеціальною технікою можуть бути проведені необхідні дії щодо обмеження доступу сторонніх осіб, а також заборони руху транспорту на території поблизу місця аварії (пожежі).

						Лист
						74
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	

Вхід до зони хімічного забруднення повинен здійснюватися тільки через КПП, які мають очолювати особи середнього або старшого начальницького складу. Особовий склад, залучений для проведення робіт у зоні хімічного забруднення, повинен мати постійний зв'язок з КПП.

Начальник КПП повинен [83]:

- організувати роботу КПП;
- забезпечити готовність ланок до роботи в зоні хімічного забруднення;
- організувати перевірку засобів індивідуального захисту;
- забезпечити дотримання встановленого порядку доступу в небезпечну зону;
- забезпечити ведення обліку перебування особового складу в зоні хімічного забруднення та своєчасну зміну ланок, які працюють в зоні хімічного забруднення;
- здійснювати регулярну перевірку постів безпеки та наявність зв'язку з працюючими в зоні хімічного забруднення ланками;
- забезпечити постійне інформування командира ланки про обстановку, час перебування та час повернення ланки із зони хімічного забруднення.

Запас повітря для виходу із зони хімічного забруднення повинен визначатися з урахуванням даних прогнозу поширення хмари парів НХР залежно від можливості збільшення зони хімічного забруднення під час проведення оперативних дій. За умови пересування у зоні хімічного забруднення груп на автотехніці запас повітря засобів захисту органів дихання повинен розраховуватися, виходячи з умови виходу із зони пішки, у разі відмови автотехніки.

У разі отримання повідомлення про позаштатну подію у ланці або припинення з нею зв'язку необхідно негайно направити резервну ланку для надання допомоги та організувати пошук постраждалих.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		75

ВИСНОВКИ

У даній роботі виконано дослідження, що спрямовано на вивчення особливостей визначення параметрів і характеристик зон можливих дій підрозділів ОРС ЦЗ ДСНС України в умовах виникнення аварій на об'єктах хімічної промисловості.

1. Показано, що існуючі рекомендації визначення зон зараження не забезпечують достовірність їх розрахунків, не дають кількісних оцінок концентрацій. Більш досконалі моделі розрахунків концентрацій або не застосовні до опису аварій на хімічних об'єктах, або складні з різних причин для оперативних розрахунків зон керівником ліквідації аварій.

2. З'ясовано, що при складанні планів ліквідації аварій з викидом (розливом) небезпечних хімічних речовин не розглядаються і не враховуються такі небезпечні фактори, як вибух або загоряння пароповітряної хмари.

3. На основі рівнянь турбулентної дифузії запропоновані моделі в вигляді простих аналітичних виразів, які пристосовані до визначення концентрацій небезпечних хімічних речовин в атмосфері як в стаціонарному випадку опису вторинного хмари, так і в нестаціонарному.

4. Показано, що запропонована модель дозволяє, визначати значення концентрацій на різних відстанях від джерела викиду і різних висотах. Досліджено властивості і особливості запропонованих моделей в залежності від різних параметрів.

5. Адекватність запропонованих моделей підтверджена шляхом порівняння результатів розрахунків концентрацій згідно нашим моделям і напівемпіричні моделі методики ОНД-86. Проведені експериментальні дослідження поширення хлорпікрину в атмосфері також знаходяться в згоді з розвиненими моделями.

6. Рекомендовано практичне використання результатів, отриманих за допомогою запропонованих моделей, з урахуванням всіх можливих факторів ураження, що виникають при викиді (розливі) небезпечних хімічних речовин, для керівника ліквідації наслідків аварії.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		76

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Рева Г.В. Поступ реформування: реалії та перспективи. Оцінка техногенної та природної безпеки в Україні / Рева Г.В. // Надзвичайна ситуація. - 2004. - №6.- С. 5-10.
2. «Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2020 року», <https://idundcz.dsns.gov.ua/ua/Analitichni-materiali.html>.
3. Маршалл В. Основные опасности химических производств / Маршал В. - М.: Мир, 1989. - 672 с.
4. Химические аварии: реальность и тенденция. [Електронний ресурс]. - Режим доступа :<http://www.chem.msu.ru/rus/journals/xr/avarii.html>
5. Моніторинг надзвичайних ситуацій: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / [Абрамов Ю.А., Грінченко Є.М., Кірючкін А.Ю. и др.] - Харьков: АЦЗУ, 2005. - 530 с.
6. Бесчанов Н.В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов ! Бесчанов Н.В. - М.: Химия, 1983. - 470 с.
7. Бесчанов М.В. Аварии в химических производствах и меры их предупреждения / Бесчанов М.В., Соколов В.М., Кац Н.И. - М. : Химия, 1976. -368 с.
8. «Інформаційно – аналітична довідка про виникнення НС в Україні у 2020 році», <https://www.dsns.gov.ua/ua/Dovidka-za-kvartal/119288.html>
9. Шоботов В. М. Цивільна оборона : Навчальний посібник / Шоботов В.М. - К. : Центр навчальної літератури, 2004. - 439 с.
10. Губенко В.А. Класифікація надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру / Губенко В.А., Метельов В.О. // Матеріали міжн. наук. - практ. конф. «Об'єднання теорії та практики - залог підвищення боездатності пожежно-рятувальних підрозділів». - Харків: УЦЗУ, 2007. - С. 39 - 44.
11. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI

						Лист
					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	77
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

12. Указ Президента України від 16.01.2013 № 20/2013 „Про деякі питання Державної служби України з надзвичайних ситуацій”
13. Наказ МНС від 13.03.2012 р. № 575 Статут дій у НС органів управління та підрозділів ОРС ЦЗ
14. Наказ МНС від 07.08.2009 р. № 551 “ Про затвердження Методичних рекомендацій щодо режимів робіт о/с підрозділів ОРС ЦЗ у засобах індивідуального захисту у зонах хімічного та радіаційного забруднення”
15. ДК 019:2010 Класифікатор надзвичайних ситуацій
16. Постанова КМУ від 15 лютого 2002 року № 175 «Про затвердження методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру». Редакція від 04.06.2003
17. Аварии и катастрофы: предупреждение и ликвидация последствий / [ред. Котляревский В.А., Забегаев М.М.]. - М.: Издательство АСВ, 2005. - 375с.
18. Хиросима химической индустрии. Химические угрозы. [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <http://есо-pravtia.km.ш/xim/ei30s4.htm>.
19. Разлив аммиака на территории завода. [Електронний ресурс]. - Режим доступа: <http://magnolia-tv.com/news/2001-08-15/1964>
20. Спільний наказ МНС, Міністерства аграрної політики, Міністерства економіки, Міністерства екології і природних ресурсів від 27.03.2001 року №73/82/64/122 „Про затвердження Методики прогнозування наслідків вилу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті”
21. Наказ МНС від 13.10.2008 р. № 773 “ Про затвердження Рекомендацій щодо захисту о/с підрозділів ОРС ЦЗ під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварії за наявності небезпечних хімічних речовин ”.
22. Мірошніченко М. Рятувальники зробили все можливе / Мірошніченко М. // Надзвичайна ситуація. - 2007.- №7.- С. 8-13.
23. Кашуба В. Увага! Хімічна аварія / Кашуба В. // Надзвичайна ситуація.-2007.- №6. - с. 48 - 51.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		78

24. Хміль Г. Комплексна оцінка техногенної та природної безпеки України в регіональному вимірі / Хміль Г. // Надзвичайна ситуація. - 2005. - №5. - с. 52 - 55.
25. Стосцький В. Один відсоток прибутку на без пеку - ніщо / Стосцький В. // Надзвичайна ситуація. - 2007.- №7. - С. 32- 35.
26. Про об'єкти підвищеної небезпеки Закон України від 18.01.2001 № 2245-III
27. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (НПАОП 0.00-6.21-02), (НПАОП 0.00-6.22-02) Постанова Кабінету Міністрів України; Порядок від 11.07.2002 № 956
28. Іванов В. На бочці з отрутохімікатами / Іванов В. // Надзвичайна ситуація. - 2005.- №1. - С. 25.
29. Штонь І. Прийшла пора розв'язання наболілих проблем Херсонщини Штонь І. // Надзвичайна ситуація. - 2005.- №11. - С. 8.
30. Столяр Р.Ю. Теоретичні основи реагування на надзвичайні ситуації: курс лекцій: в 2 т. / Столяр Р.Ю., Янов А.Г., Болотських М.В. - Камінець - Подільськ, 2003 - Надзвичайні ситуації техногенного характеру, т. 2. -2003. - 215 с.
31. Саушев В.С. Пожарная безопасность хранения химических веществ/ Саушев В.С. - М.: Стройиздат, 1982. - 128 с.
32. Агиев Р.Р. Оценка эффективности средств дистанционного мониторинга техногенных загрязнений воздуха для обеспечения безопасности промышленных объектов / Агиев Р.Р., Власов В.А. // ВИНТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. - 2002. - Вып. 6. - С. 22 - 47.
33. Стандарт МНС України «Безпека у НС. Режими діяльності рятувальників, що використовують засоби індивідуального захисту під час ліквідації наслідків аварій на ХНО та РНО. Загальні вимоги» СОУ МНС 75.2-00013528-006: 2011, затверджено наказом МНС У від 16.12.11 р. №1329.
34. Михайлюк О.П. Про стан пожежної та екологічної безпеки хімічних об'єктів України / Михайлюк О.П., Тарахно О.В. // Сб. научн. труд. - Харьков: АО Фолио, 2001. - Вып. 9.- С. 130-132.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		79

35. Голубов О.Г. Стан та перспективи розвитку хімічного комплексу України / Голубов О.Г., Новиков І.М. // Хімічна промисловість України, - 1998. - №4. - С. 6 - 12.
36. Изотов С.А. Оценка последствий аварийного выброса аммиака из крупнотонажных емкостей хранилищ / Изотов С.А. / Труды Одесского политехнического университета. - 1998. - Вып. 2(6).- С. 198-201.
37. Бызова Н.Л. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчёты рассеяния примеси/ Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. - Л. : Гидрометеиздат, 1991. - 280 с.
38. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы /Берлянд М.Е. - Л.: Гидрометеиздат, 1975.- 448 с.
39. Берлянд М.Е. Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха Берлянд М.Е. - Л. : Гидрометеиздат, 1987.-163 с.
40. Вопросы ядерной метрологии! [ред. И. Л. Король, С. Т. Малахов].- М.: Госатомиздат, 1962. - 271 с.
41. Куценогий КЛ. Рассеяние аэрозолей в приземном слое атмосферы / Куценогий КЛ.// Прикладная механика и техническая физика. - 1970. - №4.- с. 180-185.
42. Возженников О. И. Статистический режим флуктуаций концентрации примеси от локального источника в приземном слое атмосферы / Возженников О.И., Жуков ГЛ.// Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. - 1982 .- №6. - С. 602 - 608.
43. Dvore C.S., Atmospheric dilution of small instantaneous point releases near the ground / Dvore C.S., Vaglio - Laurin R. // Atmospheric Environment. - 1982.- Vol.16, №.12.- P. 2791 - 2798.
44. Берлянд М.Е. Временные методические указания по определению содержания примесей в атмосфере / Берлянд М.Е. Л. Гидрометеиздат, 1971- 365 с.
45. Турбулентная диффузия в нижнем слое атмосферы; [ред. Н.Л. Бызова]-Л.; Гидрометеиздат, 1977. - Вып 15 (60). - 54 с.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		80

46. Методы расчёта турбулентных течений: [ред. В. Кульман; пер. с англ] 1984. - 464 с.
47. Медников Е. П. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей / Медников Е.П. - М.: Наука, 1980. - 176 с.
48. Хинце И.О. Турбулентность, её механизм и теория/ Хинце И.О. - М. : Физматгиз, 1963. - 378 с.
49. Рабинович М.И. Регулярная и хаотическая динамика структур в течение жидкости / Рабинович М.И., Сущик М.М. - УФН, 990. - т.160, вып 1.- С.3-64.
50. Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. - М.; Госкомгидромет, 1987. - 94 с.
51. Сеттон О.Г. Микрометеорология / Сеттон О.Г. - Л.: Гидрометеиздат, 1958. - 204 с.
52. Учёт дисперсионных параметров атмосферы при выборе площадок для атомных электростанций: руководство по безопасности АЭС. - Вена, Международное агентство по атомной энергии, 1980. - 106 с.
53. Бызова Н.Л. Рассеивание примеси в пограничном слое атмосферы / Бызова Н.Л. - М.: Гидрометеиздат, 1974. - 191 с.
54. Шебеко Ю.Н. Моделирование пожаров технологических объектов / Шебеко Ю.Н., Корольченко А.Я./! Моделирование пожаров и взрывов. - М.: Пожнаука, 2000. - С. 198-232.
55. Михальская Л.Л. Организационно - технические мероприятия при пожаре на станции нейтрализации компонентов ракетного топлива: дис. канд. техн. наук: 21.06.02 / Михальская Лидия Леоновна. - Харьков, 2005. - 170 с.
56. Защита атмосферы от промышленных загрязнений : Справочник: в 2 ч. / [ред С. Калверт, Г. М. Инглунд / (русск. пер.)]. - М. : Металлургия, 1988. Ч.2. -1988. - С. 428 - 476.
57. Gifford F. Atmospheris dispersion calculation using generalized Gaussion plume model / Gifford F. // Nucl. Safety. - 1960. Vol.2. - P. 203 - 206.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		81

58. Pasquill F. The estimation of the dispersions of windborne material / Pasquill F. // Meteorolog. Mag. - 1961. - Vol.1. - P. 53 - 56.
59. Techniques and decision making in the assessment of off-site consequences of an accident in a nuclear facility. - Safety series N 86, International Atomic Energy Agency, Vienne. 1987.
60. Bryan P.M. Methods of estimation of the dispersion of windborne material / Bryan P.M. // URAEA Report AHSB (RP) R42.HMSO. - 1964. -134 p.
61. McQuaid J. The behaviour of gases released to the atmosphere; a progress report on field trials commissioned by the H&SE 1976-78 / McQuaid J. // Safety Engineering Laboratory, Sheffield,UK. - 1979. - 27 p.
62. Fryer L.S. DENZ-a computer programme for the calculation of the dispersion of dense toxic or explosive gases in the atmosphere / Fryer L. S., Kaiser G. D. // SDR. R152. UAEA, Culcheth, Warrington. - 1979. - P.13 -22.
63. Гаргер Е.К. О поперечной диффузии в пограничном слое атмосферы Гаргер Е.К. // Труды Института экспериментальной метеорологии. - 1977. - Вып 15(60).- С. 16-37.
64. Ландау Л.Д. Механика сплошных сред / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. - М: Гостехиздат, 1954. - 759 с.
65. Гиффорд Ф. Статическая модель дымовой струи. Атмосферная диффузия и загрязнения воздуха / Гиффорд Ф. [ред. А. С. Монин / пер. с англ.] - М.: Изд. Иностранной литературы, 1962. - С. 86 - 89.
66. Бызова Н.Л. Методическое пособие по расчёту рассеяния примесей в пограничном слое атмосферы по метеорологическим данным / Бызова Н.Л. - М. : Гидрометеоиздат, 1973. - 46 с.
67. Методика оценки последствий химических аварий (Методика "ТОКСИ". Редакция 2.2) - М. : Государственное унитарное предприятие "Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России". - 2002. - С. 123 - 206.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХмаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		82

68. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник [для студ. высш. учеб. зав.] / Мاستрюков Б.С. - М. : Издательский центр «Академия», 2003. - 336 с.
69. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. Руководящий документ РД 52.04.253-90. - Л.: Госкомгидромет, 1991. - 23 с.
70. Методика прогнозирования и оценки обстановки при выбросе в окружающую среду хлора и других аварийно химически опасных веществ. - М. : Наука, 1998. - 43с.
71. Постник М.И. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях : учебник [для студ. высш. учеб. завед.] / Постник. М.И. - М.: Высшая. школа, 2003. - 398 с.
72. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті. - [Чинний від 2001-27-03]. - К. : Міністерство з питань, надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильсько] катастрофи, 2001. - 75с.
73. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды/ Марчук Г.И. - М.: Наука, 1982. - 319 с.
74. Стоян Ю.Г. Оптимизация технических систем с источниками физических полей/ Стоян Ю.Г., Путятин В.М. - К.: Наукова думка, 1998. - 192 с.
75. Методика расчета загрязнения аварийными выбросами нестабильного конденсата. - М.: ГАНГ им. Губкина, 1993.- 94 с.
76. Методика оценки последствий химических аварий (методика ТОКСИ). - М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1993.- 19 с.
77. Методика оценки последствий химических аварий (методика ТОКСИ). -М. : НТЦ «Промышленная безопасность», 1999.- 83 с
78. Правила безопасности для наземных складов жидкого аммиака. ПБ 03-182-98. [введен Госгортехнадзор, 1999. -94 с. в действие с 1998-03-03].

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		83

79. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій : посібник [для студ. вищ. навч. закл., прак. праців. авар.- рят. підрозд.] : [ред. В.Н. Пшеничний]. - К. : Основа, 2006.-240с.
80. Химическая безопасность. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://mnepu.sura.ru/El_utebnik!ГS/Text/tsб.html.
81. Бабенко Ю.В. Обеспечение безопасности личного состава подразделений МЧС во время тушения пожаров и ликвидации последствий аварий при наличии опасных химических веществ / Бабенко Ю.В., Кутеко С.В., Шереметьев А.А. // Сб. тез. докладов III межд. науч.-прак. конф. «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация». - Минск, 2005. - С 34-36.
82. Емельянов В.М. Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях: учебник [для студ. высш. учеб. завед.] / Емельянов В. М., Коханов В. Н., Некрасов П.А. - (2-е изд.). - М.: Академический Проект Трикста, 2004. - 480 с.
83. Рекомендации по защите личного состава при тушении пожаров, связанных с наличием аммиака - К.: Управления Государственной пожарной охраны МВД Украины, 1996. - 42 с.
84. Наказ МНС від 13.10.2008 р. № 773 “ Про затвердження Рекомендацій щодо захисту о/с підрозділів ОРС ЦЗ під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварії за наявності небезпечних хімічних речовин ”
85. Рекомендацій щодо захисту особового складу підрозділів пожежної охорони під час гасіння пожеж за наявності хлору. -К. : Управління Державної пожежної охорони України МВС України, 2000. - 41 с.
86. Аветисян В.Г. Тушение пожаров и выполнение аварийно-спасательных работ при химических заражениях : учебник [для студ. высш. учеб. завед.] / Аветисян В. Г. Палух В. Г., Сыровой В. В. и др . [ред. Б.В. Дзяндзюка]. - Харьков : ХИПБ МВД Украины, 1998. - 123 с.
87. Бесчанов Н.В. Предупреждение аварий в химических. Производствах / Бесчанов Н.В., Соколов Б.Н. - М.: Химия, 1979. - 389 с.

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		84

88. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Средства их тушения :
Справочное издание : в 2 т. / [сост. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук
Г.Н. и др.]. -М.: Химия, 1990 Т.1.- 1990. - 496с
89. Пригожин И. Химическая аэродинамика / Пригожин И., Дейгэй Р.
Новосибирск, НГУ, 1966. - 217 с.
90. Кудрявцев И.И. Химическая нестабильность / Кудрявцев И.И. - М. : МГУ,
1987. -254 с.
91. Роды В. Модели турбулентности окружающей среды. Методы расчета
турбулентных течений/ Роды В .- М. : Мир, 1984. - С. 227 - 322.
92. Ивлев Л.С. Химический состав и структура атмосферных аэрозолей/ Ивлев
Л.С. -Л. : ЛГУ, 1982. - 363 с.
93. Абрамович Г.А. Турбулентное смешивание газовых струй / [Абрамович Г.А.
Крашенинников С.Б., Секундой Л.Н., Смирнов ИЛ.] - М. : Наука, 1974. -272 с.
94. Абрамович Г.А. Теория турбулентных струй/ Абрамович Г.А. - М. :
Физматгиз, 1960. - 716 с.
95. Лойцянский П.Г. Механика жидкости и газа / Лойцянский П.Г. - М. : Наука,
1978. - 736 с.
96. Градштейн И.С. Таблицы интегралов сумм, рядов и произведений /
Градштейн Н.С., Рыжик И.М.- М. : Физматгиз, 1962. - 1100 с.
97. Манин А.С. Статистическая гидромеханика / Монин А.С., Яглом А.М. -М.:
Наука, 1967. -719 с.
98. Волков О.М. Пожарная безопасность резервуаров с нефтепродуктами /
Волков О.М. - М.: Недра, 1984. -151 с.
99. Гороновский И.Т. Краткий справочник по химии / Гороновский И.Т.,
Назаренко ЮЛ., Некряч Е.Ф. - К. : Наукова думка, 1987. - 828 с.
100. ДСТУ 3057-95 (ГОСТ 2222-95) Метанол технический. Технические условия
101. Захаренко О.В. Определение зон заражения при разрушении резервуара с
метанолом на открытом складе химического предприятия / Захаренко О.В. Созник

					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		85

А.П. // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. праць УЦЗ України. - Харків : УЦЗУ, - Вип. 4. - 2006. - с. 106 - 114.

102. Стандарт МНС України «Безпека у НС. Режими діяльності рятувальників, що використовують засоби індивідуального захисту під час ліквідації наслідків аварій на ХНО та РНО. Загальні вимоги» СОУ МНС 75.2-00013528-006: 2011, затверджено наказом МНС У від 16.12.11 р. №1329.

103. Стандарт МНС України «Безпека у НС. Комплекти засобів індивідуального захисту рятувальників. Класифікація, загальні вимоги» СОУ МНС 75.2-00013528-005: 2011, затверджено наказом МНС У від 19.12.11 р. №1328.

104. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту /роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» за напрямом підготовки 05.13.01 – «Хімічна технологія» спеціальність 7.05130106 «Природоохоронні хімічні технології» / Уклад. О.В. Тарахно, В.Д. Калугін, М.А. Чиркіна . – Х. : НУЦЗУ, 2015 . – 38 с

105. Рятувальні роботи під час ліквідації надзвичайних ситуацій : посібник [для студ. вищ. навч. закл., прак. праців. авар.- рят. підрозд.] : [ред. В.Н. Пшеничний]. - К. : Основа, 2006.-240с.

106. Химическая безопасность. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://mnepu.sura.ru/>

107. Наказ МНС від 13.10.2008 р. № 773 “ Про затвердження Рекомендацій щодо захисту о/с підрозділів ОРС ЦЗ під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварії за наявності небезпечних хімічних речовин ”

						Лист
					НУЦЗУ.2.25-13/19.120.СХтаХТ.РПЗ-01	86
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		