

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЦИВІЛЬНОЇ ТА ПРОМИСЛОВОЇ БЕЗПЕКИ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової
кафедри

_____ Б.Д. Халмурадов

“ ____ ” _____ 2023р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬО–КВАЛІФІКАЦІЙНОГО РІВНЯ

“БАКАЛАВР ”

Тема: «Оцінка параметрів хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості»

Виконавець: студент групи 412 ЦБ, Бойко Тарас Михайлович
(студент, група, прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник: к.т.н., доцент, Сенило Катерина Вікторівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по-батькові)

Нормоконтролер:

(підпис)

Козлітін О.О.

(П.І.Б.)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра цивільної та промислової безпеки
Спеціальність 263 «Цивільна безпека»
Освітньо-професійна програма «Захист об'єктів критичної
інфраструктури»

Завідувач випускової
кафедри

_____ Б.Д. Халмурадов

“ _____ ” _____ 2023р.

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи

Бойко Тараса Михайловича

(П.І.Б. випускника)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Оцінка параметрів хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості» затверджена наказом ректора від «26» квітня 2023 року № 566/ст.
2. Термін виконання роботи: з 29.05.2023р. по 24.06.2023р.
3. Вихідні дані роботи:
 - визначити сучасні підходи до проблеми оцінки хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості;
 - оцінити безпечність складів для збереження аміаку під тиском;
 - дослідити хімічне зараження на об'єктах хімічної промисловості внаслідок аварійних ситуацій.
4. Зміст пояснювальної записки:
 - сучасні підходи до проблеми оцінки хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості;

- емпіричне дослідження хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу:

- витрати на охорону навколишнього природного середовища;
- динаміка викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел забруднення у 2011-2022 роках;
- абсорбційна холодильна машина;
- розподіл концентрації АХНР по осі потоку зараженого повітря;
- кутові розміри зони можливого зараження;
- Глибини зон можливого зараження АХНР.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Отримання завдання та пошук інформаційних джерел по темі.	29.05.2023-02.06.2023	
2.	Збір інформаційних даних та обґрунтування вибору рішення.	02.06.2023-06.06.2023	
3.	Аналіз даних та їх класифікація.	07.06.2023	
4.	Робота над розділом №1.	08.06.2023-12.06.2023	
5.	Робота над розділом №2.	13.06.2023-16.06.2023	
6.	Формулювання висновків і рекомендацій.	17.06.2023	
7.	Підготовка до доповіді та презентації кваліфікаційної роботи.	18.06.2023-21.06.2023	
8.	Оформлення кваліфікаційної роботи згідно вимог діючих стандартів.	22.06.2023	

9.	Захист кваліфікаційної роботи.	24.06.2023	
----	--------------------------------	------------	--

7. Дата видачі завдання: «29» травня 2023р.

Керівник кваліфікаційної роботи: _____ Синило К.В.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____ Бойко Т.М.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається із вступу, основної частини, що містить 2 розділи, висновку, списку літератури та додатку. Загальний обсяг роботи – 50 сторінок. Робота містить 6 рисунків та 17 таблиць. Список бібліографічних посилань включає 30 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТОКСИЧНІ РЕЧОВИНИ, НЕБЕЗПЕЧНІ ПІДПРИЄМСТВА, ЗБЕРІГАННЯ АМІАКУ, ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛУ, ХІМІЧНІ АВАРІЇ.

Об'єкт дослідження: процес хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості.

Мета роботи: є здійснення комплексної оцінки параметрів хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості.

Методи дослідження: дослідження виконані із застосуванням класичних методів математичної статистики (розрахунок статистичних параметрів розподілу, ймовірнісний аналіз вихідних даних, кореляційний та регресійний аналіз, факторний, кластерний та спектральний аналіз).

Результати кваліфікаційної роботи рекомендується використовувати в навчальному процесі та в практичній діяльності ДСНС.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ХІМІЧНОГО ЗАРАЖЕННЯ ВНАСЛІДОК АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	9
1.1. Техногенна безпека в умовах діяльності підприємств хімічної промисловості	9
1.2. Напрямки розвитку методологій кількісного аналізу хімічного забруднення внаслідок аварійних ситуацій	17
1.3. Параметри хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості	24
РОЗДІЛ 2. ЕМПІРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО ЗАРАЖЕННЯ ВНАСЛІДОК АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	31
2.1. Регіональне розташування потенційно небезпечного підприємства	31
2.2. Оцінка безпечності середньотемпературного та низькотемпературного конверторів підприємства	35
2.3. Оцінка безпечності складів для збереження аміаку під тиском	38
2.4. Прогнозування параметрів хімічного зараження внаслідок аварійної ситуації на ПАТ «Азот»	40
2.4.1. Визначення товщини шару рідини	40
2.4.2. Визначення еквівалентної кількості АХНР у первинній хмарі	40
2.4.3. Визначення глибини зон можливого хімічного зараження первинними чи вторинними хмарами	41
2.4.4. Визначення повної глибини зони можливого хімічного зараження	42
2.4.5. Визначення площі зони можливого хімічного зараження АХНР	44
2.4.6. Визначення часу підходу хмари АХНР до заданого об'єкту	45
2.4.7. Зона можливого хімічного зараження	45
2.4.8. Розрахунок концентрацій аварійно-хімічно небезпечних речовин по осі зони зараження	46
2.4.9. Прогнозування кількості постраждалих серед персоналу та населення, що опинилося в зоні зараження	48
2.4.10. Заходи захисту персоналу від хімічного отруєння	50
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54
Додаток А	57

ВСТУП

Актуальність теми. Стратегія національної безпеки України як один з пріоритетів сталого розвитку країни розглядає її хімічну безпеку. Актуальність даного стратегічного напрямку обумовлена негативним впливом хімічних факторів, що мають вплив на населення, виробничу та соціальну інфраструктуру та екологічну систему, збільшенням ризику виникнення надзвичайних ситуацій (у тому числі терористичних впливів) на потенційно небезпечних хімічних об'єктах різної організаційно-правової форми та форми власності, що становить зростаючу загрозу життєдіяльності людини.

Стан справ у різних сферах забезпечення хімічної безпеки свідчить про те, що захищеність населення та середовища його проживання на території України від небезпечних хімічних факторів не доведено до рівня, при якому відсутні неприпустимі ризики заподіяння шкоди життю та здоров'ю людей, а також довкіллю. Ця ситуація зберігається за умов значного зносу основних фондів, використання застарілих технологій, забудови санітарно-захисних зон, руйнування в ході приватизації системи управління безпекою потенційно небезпечних об'єктів, відсутності стійкого механізму фінансування та інших факторів загрози виникнення хімічних аварій.

За даними інформаційного агентства Reuters, не менше 10,5 млн га сільськогосподарських угідь в Україні забруднені хімічними речовинами. Reuters посилається на дослідження, яке надали агентству українські вчені. Опинившись у воді чи ґрунті, рано чи пізно вони потраплять у організм людини – через рослини, тварин чи питну воду. Принаймні так вважають токсикологи. Точних відомостей про те, як хімічні речовини поведуться в ґрунті і який вплив вони можуть мати на здоров'я людей, поки що не існує.

Саме ці факти і підтверджують актуальність комплексної оцінки параметрів хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості.

Метою роботи є здійснення комплексної оцінки параметрів хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості.

Завдання дослідження:

- Розглянути теоретичні дані щодо оцінки параметрів хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості;
- Навести характеристику місця розташування об'єкту дослідження та методики дослідження;
- Оцінити сучасний стан техногенної ситуації на заводі;
- Оцінити параметри хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості.

Об'єктом дослідження є процес хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості.

Предметом дослідження є параметрів хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості.

Методи дослідження. Дослідження виконані із застосуванням класичних методів математичної статистики (розрахунок статистичних параметрів розподілу, ймовірнісний аналіз вихідних даних, кореляційний та регресійний аналіз, факторний, кластерний та спектральний аналіз).

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ХІМІЧНОГО ЗАРАЖЕННЯ ВНАСЛІДОК АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1. Техногенна безпека в умовах діяльності підприємств хімічної промисловості

Розвиток хімічної промисловості в усіх розвинених країнах призводить до збільшення контактів людини з хімічними речовинами, що раніше не існували в природі, так званими ксенобіотиками. За оцінками провідних світових токсикологів кількість ксенобіотиків на даний час становить близько шести мільйонів найменувань, серед яких понад 500 речовин відносяться до I-го і II-го класів небезпеки і викликають в малих дозах важкі гострі отруєння людини та тварин [20].

Стан навколишнього середовища у промислових регіонах України, в яких проживає значна частина населення, характеризується багатокомпонентним складом забруднень атмосферного повітря, ґрунту, води питної та поверхневих водойм. До складу речовин, що забруднюють атмосферне повітря та водні об'єкти, входять такі речовини як бенз(а)пірен, формальдегід, бензол, органічні сполуки сірки та азоту, важкі метали, нафтопродукти, фенол. Значні ділянки ґрунтів забруднені важкими металами, пестицидами, токсикантами промислового походження. За даними державного екологічного моніторингу, понад 50% міського населення схильне до впливу забруднення атмосферного повітря, гігієнічним вимогам не відповідають понад 35% поверхневих джерел питного водопостачання та понад 15% підземних джерел [4].

Причини високого рівня, що зберігається загрози хімічної та біологічної небезпеки обумовлені цілою низкою факторів, до числа найбільш важливих, на думку аналітиків [11, 12], можна віднести:

– великі структурні зміни в економіці країни, що призвели до порушення господарських зв'язків, збоїв у технологічних ланцюжках та зупинення ряду небезпечних виробництв;

– збільшення кількості як складних виробництв, що використовують технологічні цикли з високою концентрацією енергії та небезпечних речовин, так і використанням екологічно недосконалих щодо забезпечення хімічної та біологічної безпеки технологій у промисловості, енергетиці, сільському, житлово-комунальному господарстві та на транспорт;

– зниження загального рівня професійної підготовки технічного та обслуговуючого персоналу, технологічної та виробничої дисципліни;

– наявність накопичувачів токсичних виробничих відходів, територій (акваторій), які зазнали техногенних забруднень в процесі господарської діяльності підприємств та організацій промисловості (у тому числі при знищенні хімічної зброї);

– ослаблення державних функцій нагляду та технічного регулювання в галузі забезпечення хімічної та біологічної безпеки;

– високу концентрацію населення, що проживає поблизу потенційно небезпечних промислових об'єктів;

– відсутність або недостатній рівень запобіжних заходів, здатних зменшити масштаби наслідків хімічних аварій та знизити ризик їх виникнення;

– недостатній рівень забезпеченості персоналу небезпечних об'єктів та населення технічно придатними засобами індивідуального та колективного захисту (у тому числі їх резервних запасів), відсутність знань та навичок застосування зазначених засобів у надзвичайних ситуаціях;

– недосконалість законодавчої та нормативної бази, недостатньо ефективного державного управління та регулювання галузі забезпечення безпеки населення, виробничої та соціальної інфраструктури та екологічної системи в умовах наростання загроз техногенного, природного та терористичного характеру;

– тенденцію, що намітилася в останні роки, до збільшення обсягів хімічного виробництва, перехід до роботи з повним навантаженням найбільших хімічних комплексів країни, збільшення обсягу перевезень та зберігання небезпечних речовин.

На території України на даний час діють промислові об'єкти, які використовують у виробничій діяльності чи зберігають 9,2 тис. т хлору та 194 тис. т аміаку [2, 21].

За даними Міністерства з надзвичайних ситуацій (МНС) України протягом 2021 року в Україні виникло 286 надзвичайних ситуацій. При цьому надзвичайні ситуації техногенного характеру за масштабами розподілилися на: державного рівня – 2; регіонального рівня – 3; місцевого рівня – 51; об'єктового рівня – 100.

Кількість надзвичайних ситуацій техногенного характеру (ТНС) та кількість постраждалих і загиблих внаслідок цих НС за період з 2019 р. по І-ше півріччя 2022 р. наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Кількість постраждалих від ТНС за період з 2019 р. по І-ше півріччя 2022 р.

<i>Період</i>	<i>Кількість випадків</i>	<i>Постраждало, осіб</i>	<i>З них загинуло, осіб</i>
2019 р.	215	842	357
2020 р.	195	585	295
2021 р.	156	593	282
І-ше півріччя 2022 р.	112	249	162
Всього	678	2269	1096

Протягом 2022 р. на охорону навколишнього природного середовища підприємствами, організаціями та установами було витрачено 32,5 млрд. грн. (без ПДВ), у 2021 р. – відповідно 24,6 млрд. грн. Із загальної кількості витрат на охорону навколишнього природного середовища 59% становлять поточні витрати і 41% – капітальні інвестиції. Витрати на охорону навколишнього природного середовища представлені на рис. 1.1.

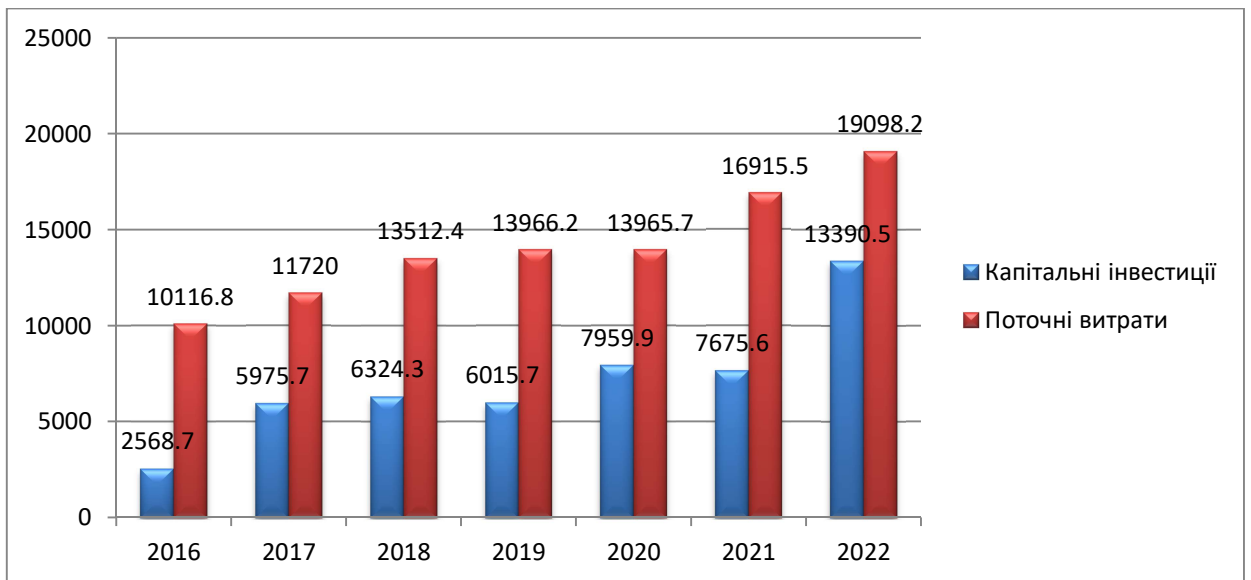


Рис. 1.1. Витрати на охорону навколишнього природного середовища (млн. грн., у фактичних цінах) [6]

У загальному обсязі капітальних інвестицій на охорону навколишнього природного середовища інвестиції в інтегровані технології складають 59%, в очищення – 40% та інші інвестиції – 1%. Основним джерелом фінансування витрат на охорону навколишнього природного середовища, як і в попередні роки, були власні кошти підприємств та організацій – 68%, за рахунок державного та місцевих бюджетів було профінансовано 6% витрат, а решта коштів надійшла з інших джерел фінансування [6].

Динаміка викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел забруднення у 2011-2022 роках представлена на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Динаміка викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел забруднення у 2011-2022 роках [6]

У 2022 р. викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення порівняно з 2021 р. збільшилися на 7,7% та становили майже 3,1 млн. т. Крім того, від стаціонарних джерел забруднення в атмосферне повітря надійшло 150,5 млн. т (на 8,4% більше порівняно з 2021 р.) діоксиду вуглецю – основного парникового газу, який впливає на зміну клімату.

У 2022 р. в Україні утворено 295,9 млн. т відходів, що на 5,3% менше порівняно з 2019 р., у тому числі відходів I класу небезпеки – 2,3 тис. т (на 14,3% більше), II класу небезпеки – 30,4 тис. т (на 0,9% більше), III класу небезпеки – 588,3 тис. т (на 6,0% більше), IV класу небезпеки – 295,2 млн. т (на 5,3% менше). Із загального обсягу утворених відходів 97,8% (289,5 млн. т) припадає на відходи, що утворились унаслідок економічної діяльності підприємств та організацій, 2,2% (6,4 млн. т) – у домогосподарствах [6].

Динаміка обсягів утворення відходів у 2017-2022 роках представлена на рис. 1.3.

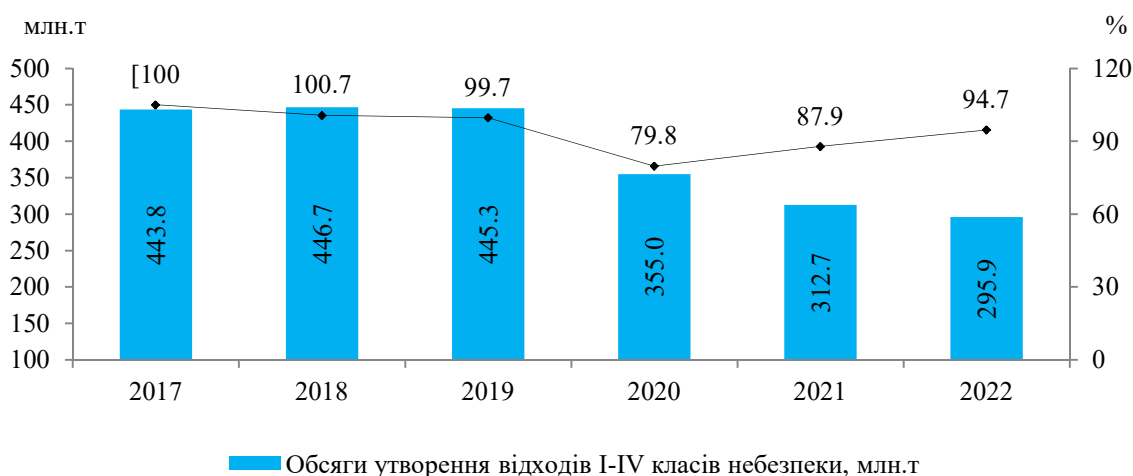


Рис. 1.3. Динаміка обсягів утворення відходів у 2017-2022 роках [37]

У 2022 р. було утилізовано 84,6 млн. т відходів I-IV класів небезпеки, що на 8,5% (7,8 млн. т) менше порівняно з 2021 р. На 2,5% зменшився обсяг спалення відходів за рахунок скорочення на 4,7% (51,0 тис. т) обсягу відходів, спалених з метою отримання енергії. При цьому відбувся приріст

спалення відходів з метою їх теплового перероблення – на 46,1% (22,3 тис. т). Обсяг видалених відходів у спеціально відведених місцях чи об'єктах у 2022 р. становив 157,4 млн. т (на 5,1 млн. т більше, ніж у 2019 р.). На кінець 2022 р. у спеціально відведених місцях чи об'єктах накопичилося 12,4 млрд. т відходів [6].

Отже, існуюча в Україні система моніторингу довкілля не забезпечує проведення систематичних і обґрунтованих оцінок гранично допустимих змін природних екосистем та техногенних навантажень на них і характеру основних джерел загроз екологічній безпеці та потребує кардинального удосконалення. Комплексна оцінка стану екологічної безпеки в аспекті національної безпеки держави в Україні не здійснюється. Серед важливих причин посилення кризового екологічного стану в державі можна виокремити відсутність науково-обґрунтованих критеріїв оцінки екологічних загроз національній безпеці, а також недостатній рівень пріоритету державної екологічної політики за відсутності дієвого екологічного моніторингу.

Держава має право та повинна реалізовувати стимулюючу екологічну політику задля цілей сталого розвитку. Для України така політика є обов'язковою з урахуванням міжнародних зобов'язань та кліматичних цілей. Підприємства повинні інвестувати в екомодернізацію. Однак екокриза поглиблюється. Наразі в Україні більшість державних заводів знаходиться у кризі, а більшість приватних ніяк не можуть вийти на нормальні обсяги. Але є і безліч компаній, які впроваджують до своєї діяльності проекти екологічного захисту. Наприклад:

Recycling Solutions співпрацює з 23 промисловими підприємствами гірничодобувної галузі, металургії, енергетики, коксохімії. Один з уже працюючих проєктів компанії – збір, переробка та продаж мікроскопічних частинок золи, яка виходить в результаті роботи теплових електростанцій. Сьогодні ці відходи вже не потрапляють в навколишнє середовище, а використовуються при виробництві цементу і експортуються.

Nestle Україна. У 2018 році компанія взяла на себе зобов'язання до 2025 року повністю перейти на використання упаковки, придатної для переробки або вторинного використання.

Nestle має намір до 2025 року знизити первинне споживання пластику на третину і збільшити використання переробленого пластику до 2 млн тон.

Більшість видів пластику непридатні для переробки з метою виробництва упаковки для харчових продуктів. Компанія оголосила про створення венчурного фонду в розмірі 250 млн швейцарських франків для фінансування стартапів, які займаються розробкою нових переробляються пакувальних матеріалів.

Інтерпайп. Екологічний ефект від реалізації проекту «Інтерпайп Сталь» характеризується зменшенням споживання газу на тонну сталі (порівняно з мартенівським способом) більш як у 8 разів і зниженням валових викидів забруднюючих речовин в атмосферу більш ніж у 2,5 раза. Крім того, скоротиться споживання природного газу на 60 млн м³ на рік, що відповідає тижневому споживанню газу містом Дніпропетровськ або майже трьохмісячному споживанню газу на Інтерпайп - Нижньодніпровському трубопрокатному заводі.

Кернел. В організаційній структурі найбільшого в світі виробника і експортера соняшникової олії «Кернел» функціонує відділ охорони навколишнього середовища, який разом з іншими департаментами і службами впроваджує еко-проекти на підприємствах компанії. Тільки за останні три роки компанія інвестувала в їх реалізацію близько \$131 млн. Левова частка інвестицій була спрямована на підвищення енергоефективності активів і виробничих процесів, оптимізацію використання енергоресурсів. Всі олійноекстракційні заводи «Кернел» сьогодні використовують котли, що спалюють лушпиння соняшника та отримують пар, необхідний для технології переробки. Їх теплові потужності знаходяться в діапазоні від 10 до 17 МВт.

Всі олійноекстракційні заводи «Кернел» сьогодні використовують котли, що спалюють лушпиння соняшника та отримують пар, необхідний для технології переробки. Їх теплові потужності знаходяться в діапазоні від 10 до 17 МВт.

Мета *PepsiCo Україна* – щоб до 2025 р. 100% упаковки підлягало переробці, а також знизити на 35% частку первинної упаковки у виробництві і підвищити частку вторинної до 50%.

При цьому *PepsiCo Україна* запускає і соціально-екологічні проекти, які дозволяють зробити навколишнє середовище чистіше. Наприклад, в 2018 р. в м. Вишгород Київської області стартували заходи щодо роздільного збору сміття – налагоджена інфраструктура для його складання і переробки, проведена роз'яснювальна кампанія серед населення. Тепер 38% відходів в цьому місті сортується, і це підтверджує, що така модель може працювати і в масштабах країни.

Крім того, компанія з 2013 р. просуває проект «Чиста вода» по установці систем очищення води в дитячих будинках, дитячих садах і школах, а також лікарнях.

У *PepsiCo* планують домогтися зниження викидів парникових газів на 40% до 2030 року, а до 2040 року – досягти нульового рівня, що навіть на 10 років швидше, ніж передбачено Паризькою угодою по клімату [2].

ТОВ «Ашан» використовує екологічні важелі для зменшення впливу на навколишнє середовище, зберігаючи економічні результати за допомогою наступних проектів:

- Сортування та утилізація відходів. Дбаючи про чистоту зовнішнього середовища, компанія сортує відходи від виробництва, передаючи їх на переробку.

- Проект «Енергія». Компанія зобов'язується постійно зменшувати споживання енергії шляхом впровадження сучасних технологій, заміни обладнання та введення політики економного споживання.

1.2. Напрямки розвитку методологій кількісного аналізу хімічного забруднення внаслідок аварійних ситуацій

Найбільш небезпечними технологічними катастрофами, які можуть призвести до масового отруєння та загибелі людей, тварин і рослин, значних економічних збитків та важким екологічним наслідкам, є великі аварії на хімічно небезпечних об'єктах. Такі аварії в більшості випадків спричинені порушеннями встановлених норм та правил проектування, будівництва та реконструкції підприємств, порушенням технології виробництва, правил експлуатації обладнання, машин і механізмів, апаратів і реакторів, низької трудової та технологічної дисципліною. Для розуміння того, наскільки небезпечні такі аварії для населення, досить згадати випадок в індійському селищі Бхопал 1984 року. Внаслідок аварії протягом короткого часу стався викид 42 тонн отруйної речовини. Більше 200 тисяч людей отримали ураження різного ступеня тяжкості, у тому числі 3 тисячі людей померли протягом короткого часу після аварії.

Проблема промислової безпеки значно загострилася з появою великомасштабних хімічних виробництв. Основу хімічної промисловості склали виробництва безперервного циклу, продуктивність яких не має, по суті, природних обмежень та обумовлена значними економічними перевагами великих установок. Як наслідок, зростає вміст небезпечних речовин у технологічних апаратах, що супроводжується суттєвим підвищенням ризику катастрофічних пожеж, вибухів, токсичних викидів та інших руйнівних явищ.

Найбільшу небезпеку при техногенних аваріях має викид в атмосферу значної кількості токсичних хімікатів, які несуть загрозу життю та здоров'ю населення, що проживає у районі розміщення цих підприємств.

Найбільшими виробниками чи споживачами отруйних речовин є підприємства чорної та кольорової металургії, машинобудівної, оборонної,

целюлозно-паперової, медичної промисловості, сільського господарства, об'єкти харчової, зокрема, молочної промисловості, а також кондитерські фабрики, пивні заводи, м'ясокомбінати, станції водоочищення та овочеві бази. Тисячі тонн отруйних речовин щодня перевозять різними видами транспорту, перекачують трубопроводами.

У перелік найпоширеніших небезпечних промислових речовин входять такі хімікати: хлор, аміак, соляна кислота, ацетонціангідрин, фтористий водень, сірчистий ангідрид, сірководень, фосген хлорціан. Отруєння організму цими хімікатами вкрай небезпечно для здоров'я та у важких випадках веде до летального результату.

Критерієм безпеки для населення виступає потенційна глибина поширення зараженої хмари парів отруйних речовин, які можуть бути викинуто в атмосферу під час аварії.

Для ефективного планування дій служб забезпечення безпеки та ліквідації наслідків можливих техногенних аварій представляється доцільним запровадити три категорії безпеки хімічних об'єктів:

1-я категорія: глибина поширення гранично допустимих концентрацій токсичної речовини не перевищує розмірів технічної зони підприємства;

2-а категорія: глибина поширення гранично допустимих концентрацій токсичної речовини не перевищує відстань до житлової зони;

3-я категорія: глибина поширення небезпечних концентрацій токсичної речовини для людини перевищує відстань до житлової зони населення при несприятливих метеорологічних умовах (швидкість вітру 1 м/с, інверсія).

Підприємства, які набули відповідної категорії за характером своєї роботи та наявності певної кількості токсичного хімікату, повинні заздалегідь передбачити захисні заходи, придбати необхідне обладнання та розробити план ліквідації наслідків аварії у разі її виникнення.

Під час аварії на об'єкті 1-ї категорії проводиться оповіщення персоналу підприємства, ліквідація наслідків здійснюється спеціально призначеною групою спеціалістів з використанням технічних засобів.

У разі аварії на об'єкті 2-ї категорії проводиться сповіщення населення, здійснюється постійний моніторинг житлової зони, виконуються заходи щодо ліквідації наслідків.

При аварії на об'єкті 3-ї категорії проводяться заходи для захисту населення, передбачені для даного випадку, у тому числі оперативне оповіщення, видача протигазів, а за потреби – евакуація людей у безпечні райони.

Ефективність заходів щодо забезпечення безпеки персоналу хімічного підприємства та населення, що мешкає в цьому районі у разі техногенної аварії безпосередньо залежить від передбачених планів дії, підготовлених груп спеціалістів та наявності необхідних технічних засобів для ліквідації наслідків аварії.

Наявність хімічних речовин на промисловому об'єкті припускає обов'язкове урахування токсичної небезпеки, зв'язаної з впливом хімічного забруднення на навколишнє середовище. У роботі [24] оцінка токсичності речовини в індексі токсичної небезпечності J_T базується в основному на визначенні коефіцієнта токсичності K_{TX} , що залежить тільки від маси речовини і її гранично допустимої концентрації. Застосування коефіцієнта зони зараження K_{CA} дає можливість додатково оцінити масштаби можливого зараження місцевості, а коефіцієнт тривалості вражаючого дії K_{DR} дозволяє врахувати час протягом якого зберігається загроза отруєння. Тоді вираз для визначення індексу токсичної небезпечності I'_{TX_i} буде мати наступний вигляд:

$$I'_{TX_i} = K_{TX} \cdot K_{CA} \cdot K_{DR} \cdot K_{TC}, \quad (1.1)$$

де – коефіцієнт токсичної небезпеки речовини;

K_{TX}

K_{CA} – коефіцієнт, що враховує розміри зони зараження токсичною

речовиною (коефіцієнт зони зараження);

K_{DR} – коефіцієнт тривалості вражаючого дії токсичної речовини;

K_{TC} – коефіцієнт, що враховує небезпеку технологічних параметрів процесу.

Коефіцієнт токсичної небезпеки речовини розраховується за формулою [4]:

$$K_{TX} = (m_{HS} \cdot 10^{-3})^{0,585} \cdot ГДК_p^{-0,292}, \quad (1.2)$$

де m_{HS} – маса потенційно небезпечної речовини (ПНР), кг;

$ГДК_p$ – розрахункове значення гранично допустимої концентрації, мг/м³.

Для можливості оцінки масштабів зараження території внаслідок викиду сильнодіючих отруйних речовин в атмосферу, був розроблений коефіцієнт зони зараження, який знаходиться в такий спосіб:

$$K_{CA} = 1 + S_{CA} / \Gamma_{CA_{CL}}^2, \quad (1.3)$$

де S_{CA} – площа зони можливого зараження СДОР, км²;

$\Gamma_{CA_{CL}}$ – глибина зони зараження 25 т хлору при температурі повітря 0 °С і швидкості вітру 1 м/с через 3 години після аварії, км.

Площа зони можливого зараження сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР) визначається згідно залежності, наведеної в [6]:

$$S_{CA} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma_{CA}^2 \cdot \varphi_{CA}, \quad (1.4)$$

де Γ_{CA} – глибина зони зараження, км;

φ_{CA} – кутові розміри зони можливого зараження, °.

Кутові розміри зони можливого зараження в залежності від швидкості вітру v_{WD} наведені в табл. 1.2.

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за їх еквівалентними значеннями.

Під еквівалентною кількістю СДОР розуміють таку кількість хлору, масштаб зараження якою при інверсії еквівалентний масштабу зараження при даному ступені вертикальної стійкості атмосфери кількістю СДОР, що перейшла в первинну (вторинну) хмару [6].

Таблиця 1.2

Кутові розміри зони можливого зараження φ_{CA}

<i>Величина</i>	<i>Значення</i>			
v_{WD}	<0,5	0,6÷1,0	1,1÷2,0	>2,0
φ_{CA}	360	180	90	45

Первинна хмара – хмара СДОР, що утворюється внаслідок миттєвого (1–3 хв.) переходу в атмосферу частини СДОР з ємності при її руйнуванні.

Вторинна хмара – хмара СДОР, що утворюється внаслідок випаровування розливої речовини з поверхні.

При руйнуванні хімічно небезпечного об'єкту для прогнозування глибини зони зараження рекомендується брати дані на одночасний викид сумарної кількості запасу СДОР на об'єкті та наступні метеорологічні умови: інверсія, швидкість вітру 1 м/с.

Еквівалентна кількість СДОР у хмарі зараженого повітря визначається для вторинної хмари у випадку вільного виливу. При цьому сумарна еквівалентна кількість Q_{EQ} (т) розраховується за формулою [6]:

$$Q_{EQ} = 20 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \sum_{i=1}^{n_{TX}} \left(k_{3_i} \cdot k_{4_i} \cdot k_{5_i} \cdot k_{6_i} \cdot \frac{Q_{TX_i}}{\rho_{TX_i}} \right), \quad (1.5)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 1.3);

k_2 – коефіцієнт, який враховує ступінь вертикальної стійкості атмосфери:

для інверсії приймається рівним 1, для ізотермі – 0,23, для конвекції – 0,08;

k_{3_i} – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей i -ої сильнодіючою отруйної речовини (СДОР);

k_{4_i} – коефіцієнт, який дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози i -ої СДОР;

k_{5_i} – коефіцієнт, що залежить від часу t_{DT} , який пройшов після руйнування об'єкту;

k_{6_i} – поправка на температуру для i -ої СДОР (для стиснених газів $k_6 = 1$);

Q_{TX_i} – кількість i -ої СДОР на потенційно небезпечному об'єкті (ПНО), m ;

ρ_{TX_i} – густина i -ої СДОР, m/m^3 ;

n_{TX} – кількість різних СДОР на ПНО.

Таблиця 1.3

Значення коефіцієнту k_1 в залежності від швидкості вітру

Швидкість вітру, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
k_1	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0	5,68

Значення коефіцієнту k_5 визначається після розрахунку тривалості вражаючого дії t_{DR} [66]:

$$k_5 = \begin{cases} t_{DT}^{0,8} & \text{при } t_{DT} < t_{DR}; \\ t_{DR}^{0,8} & \text{при } t_{DT} \geq t_{DR}; \\ 1 & \text{при } t_{DR} < 1. \end{cases} \quad (1.6)$$

Глибина зони зараження Γ_{CA} визначається в залежності від розрахованого значення Q_{EQ} і швидкості вітру v_{WD} .

Для можливості прогностичної оцінки часу, протягом якого зберігається загроза отруєння токсичними речовинами після потрапляння їх в

атмосферу, створений коефіцієнт тривалості вражаючого дії, який має наступний вид:

$$K_{DR} = 1 + t_{DR}/t_{DRCL}, \quad (1.7)$$

де t_{DR} – тривалість вражаючого дії, год;

t_{DRCL} – тривалість вражаючої дії хлору при виливі його в обвалування висотою 1 м та при атмосферних умовах: швидкість вітру 4 м/с, температура 0 °С.

Тривалість вражаючого дії розраховується за формулою [7]:

$$t_{DR} = \frac{h_{TX} \cdot \rho_{TX}}{k_1 \cdot k_3 \cdot k_6}, \quad (1.8)$$

де h_{TX} – товщина шару сильнодіючої отруйної речовини (СДОР), м;

ρ_{TX} – густина СДОР, т/м³;

k_1 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру;

k_3 – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР;

k_6 – поправка на температуру для СДОР (для стиснених газів $k_6 = 1$).

Товщина шару СДОР h_{TX} при вільному виливі приймається рівною 0,05 м по всій площині виливу. При виливі в піддон чи обвалування товщина шару СДОР визначається наступним чином:

а) при виливах з ємностей, що мають самостійний піддон (обвалування):

$$h_{TX} = h_{TY} - 0,2,$$

де h_{TY} – висота піддону (обвалування), м;

б) при виливах з ємностей, що розташовані групою та мають загальний піддон (обвалування):

$$h_{TX} = \frac{Q_{TX}}{F_{LG} \cdot \rho_{TX}},$$

де Q_{TX} – кількість певної СДОР на потенційно небезпечному об'єкті (ПНО),
 m ;

F_{LG} – площа виливу, m^2 ;

ρ_{TX} – густина СДОР, m/m^3 .

Коефіцієнт урахування безпеки технологічних параметрів процесу K_{TC} розраховується за формулою (1.8).

Для можливості віднесення ПНО до певної категорії безпеки з урахуванням індексів пожежовибухонебезпечності I'_{EX_i} , токсичної небезпечності I'_{TX_i} , а також індексів ризику I'_{RS_i} і індексу потенційної шкоди I'_{PT_i} , необхідно створити узагальнюючий показник безпечності промислового підприємства. Таким узагальнюючим індексним показником, який дозволяє об'єднати різні аспекти безпечності підприємства за рахунок включення в цей показник інших часткових показників безпечності, є індекс відносної небезпечності D_{RL} , що запропонований автором.

1.3. Параметри хімічного зараження внаслідок аварійних ситуацій на об'єктах хімічної промисловості

Основну безпеку спричиняє наявність на промислових підприємствах різних токсичних, вибухових чи пожежо небезпечних речовин. Від кількості цих речовин на підприємстві безпосередньо залежать можливі негативні наслідки в результаті виникнення НС. У відповідності з міжнародними нормами та державними нормативними документами прийняте поняття гранично допустимої кількості потенційно небезпечних речовин (ПНР) [6]. Перевищення цієї кількості речовини на об'єкті вже містить в собі потенційну безпеку. Для врахування можливих шкідливих

наслідків в залежності від кількості ПНР на промисловому об'єкті в якості показника безпеки промислового підприємства ми пропонуємо застосовувати індекс потенційної шкоди.

Індекс потенційної шкоди визначає серйозність можливих наслідків НС. Основою оцінки потенційної шкоди є граничні норми зберігання небезпечних речовин (сполук) і максимальні кількості небезпечних речовин, які можуть знаходитися на підприємстві фактично. Індеси потенційної шкоди розраховуються для окремих ДН з урахуванням їх можливого взаємовпливу [9, 11].

Індекс потенційної шкоди був розроблений на кафедрі кібернетики хіміко-технологічних процесів і розраховується за формулою:

$$I'_{PT_i} = \frac{\sum_{j=1}^n (Q_{AM_j} / Q_{BN_j})}{n}, \quad (1.9)$$

де Q_{AM_j} – максимальна сумарна кількість небезпечної речовини одного типу, що використовується на даному компактно розташованому ПНО, кг;

Q_{BN_j} – гранична кількість небезпечної речовини, кг;

n – число небезпечних речовин різного типу, що використовуються на даному компактно розташованому ПНО.

До займистих газів відносять речовини, які в газоподібному стані при нормальному тиску і у суміші з повітрям стають займистими, і температура кипіння яких при нормальному тиску становить 20 °С або нижче. Легкозаймисті рідини – це речовини, у яких температура спалаху нижче, ніж 21 °С, а температура кипіння при нормальному тиску перевищує 20 °С. До високотоксичних речовин належать речовини, властивості яких відповідають властивостям, вказаним у табл. 2.14, і які внаслідок своїх фізичних або

хімічних властивостей здатні створювати небезпеку у випадку промислової аварії [6].

Таблиця 1.4

Властивості високотоксичних речовин

<i>Високотоксичні речовини</i>	<i>Доза</i>
При пероральному впливі на щурів, <i>мг/кг</i> ваги тіла	$LD < 25$
При шкіряному впливі на щурів або кролів, <i>мг/кг</i> ваги тіла	$LD < 50$
При інгаляційному впливі (протягом чотирьох годин) на щурів, <i>мг/л</i>	$LC < 0,5$

де LD – смертельна доза, *мг/кг*;

LC – смертельна концентрація, *мг/л*;

Токсичними речовинами є речовини, властивості яких відповідають властивостям, наведеним у табл. 1.5, і фізичні та хімічні властивості яких здатні утворювати небезпеку у випадку промислової аварії [6].

Таблиця 1.5

Властивості токсичних речовин

<i>Токсичні речовини</i>	<i>Доза</i>
При пероральному впливі на щурів, <i>мг/кг</i> ваги тіла	$25 < LD < 200$
При шкіряному впливі на щурів або кролів, <i>мг/кг</i> ваги тіла	$50 < LD < 400$
При інгаляційному впливі (протягом чотирьох годин) на щурів, <i>мг/л</i>	$0,5 < LC < 2$

До окислювачів відносять речовини, які викликають бурхливу екзотермічну реакцію при взаємодії з іншими речовинами, зокрема, займистими речовинами. Вибухові речовини – це такі речовини, які можуть вибухати під дією вогню або мають вищу чуттєвість до ударів або тертя, ніж динітробензол. До категорії займисті рідини належати речовини, у яких температура спалаху становить менш ніж 55 °С і які під тиском залишаються в рідкому стані, якщо певні умови переробки, такі як високий тиск і температура, можуть створити небезпеку у випадку промислової аварії.

Речовини, що створюють небезпеку для навколишнього середовища характеризуються показниками гострої токсичності, табл. 1.6 [6].

Таблиця 1.6

Показники гострої токсичності небезпечних для навколишнього середовища речовин

<i>Небезпечні для навколишнього середовища речовини</i>	<i>Доза</i>
При впливі на рибу (протягом 96 годин), мг/л	<i>LC < 10</i>
При впливі на дафній (протягом 48 годин), мг/л	<i>EC < 10</i>
При впливі на водорості (протягом 72 годин), мг/л	<i>IC < 10</i>

де *EC* – ефективна концентрація, мг/л;

IC – інгібіруюча концентрація, мг/л.

Небезпека тимчасово небезпечних речовин зумовлена великим фізичним потенціалом (тиск, температура, тощо) відносно навколишнього середовища, внаслідок чого вони здатні завдати істотної шкоди здоров'ю людей та матеріальним цінностям у випадку виникнення аварій, але є безпечними за нормальних умов.

Суміші і сполуки, які вміщують небезпечні речовини треба розглядати так само, як і чисті, за винятком випадків, коли такі суміші і сполуки втрачають відповідні властивості чистих речовин і стають безпечними.

Під зоною хімічного зараження розуміється територія або акваторія, в межах якої поширені або привнесені небезпечні хімічні речовини в концентраціях або кількостях, що створюють небезпеку для життя та здоров'я людей, для сільськогосподарських тварин та рослин протягом певного часу. Вона включає територію безпосереднього розливу аварійно хімічних небезпечних речовин (АХНР) і територію, над якою поширилася хмара зараженого повітря з концентраціями, що вражають.

Величина зони хімічного зараження залежить від фізико-хімічних властивостей, токсичності, кількості АХНР, що розлилися (викинутого в атмосферу), метеорологічних умов і характеру місцевості.

Розміри зони хімічного зараження характеризуються глибиною і шириною поширення хмари зараженого повітря з концентраціями, що вражають, і площею розливу (горіння) АХНР. Усередині зони можуть бути райони із смертельними концентраціями.

Основною характеристикою зони хімічного зараження є глибина поширення хмари зараженого повітря. Вона може коливатися від кількох десятків метрів до десятків кілометрів.

Глибина зони хімічного зараження для АХНР визначається глибиною поширення первинної та вторинної хмар зараженого повітря і значною мірою залежить від метеорологічних умов, рельєфу місцевості та щільності забудови об'єктів.

Істотний вплив на глибину зони хімічного зараження має ступінь вертикальної стійкості приземного шару повітря.

Зазвичай розглядаються для таких завдань прогнозування три основні типи стійкості атмосфери:

- нестійка (конвекція), коли нижній шар повітря нагрітий сильніше за верхній. Характерна для сонячної літньої погоди;

- байдужа (ізотермія), коли температура повітря на висотах до 30 м від поверхні землі майже однакова. Характерна для мінливої хмарності протягом дня, хмарного дня та хмарної ночі, а також дощової погоди;

- стійка (інверсія), коли нижні шари повітря холодніші за верхні. Характерна для ясної ночі, морозного зимового дня, а також для ранкових та вечірніх годин.

Найчастіше при розрахунках можна вважати, що ступінь вертикальної стійкості атмосфери зберігається незмінною:

- вранці та ввечері – не більше 3 годин;
- вдень та вночі, навесні та восени, вдень взимку та вночі влітку – не більше 6 годин;
- вдень влітку та вночі взимку – не більше 9 годин.

Істотний вплив на глибину зони хімічного зараження має площа розливу АХНР. Вона може коливатися у межах – від кількох сотень до кількох тисяч квадратних метрів. Наявність земляного обвалування, піддону, залізобетонної стіни, що обгороджує, обмежує площу розливу АХНР і сприяє скороченню глибини поширення зараженої атмосфери.

Залежно від глибини розповсюдження хмари АХНР у зоні зараження може бути одне або кілька осередків хімічного ураження. Вогнищем хімічного ураження прийнято називати територію з об'єктами, що знаходяться на ній, в межах якої в результаті впливу АХНР відбулися масові поразки людей, сільськогосподарських тварин і рослин. Такими об'єктами можуть бути адміністративні, промислові, сільськогосподарські підприємства та установи, житлові квартали населених пунктів, міст та інші.

Втрати робітників, службовців та населення в осередках хімічного ураження залежить від токсичності, величини концентрації АХНР і часу перебування людей у вогнищі поразки, ступеня їх захищеності та своєчасності використання індивідуальних засобів захисту (протигазів). Характер поразки людей, що у зоні хімічного ураження, може бути різним. Він визначається головним чином токсичністю АХНР та отриманої токсодозою.

При завчасному прогнозуванні обстановки при хімічних аваріях з визначення розмірів зони захисних заходів застосовуються такі припущення:

- ємності, що містять небезпечні хімічні речовини (НХР), повністю руйнуються;

- товщина шару НХР, що розлився вільно по поверхні, приймається рівною 0,05 м по всій площі розливу або 0,5 м – у разі руйнування ізотермічного сховища аміаку;

- при протоці НХР із ємностей, що мають самостійний піддон (обвалування) висотою H (м), товщина шару рідини приймається рівною $h = H - 0,2$ (м);

– при аварії на газопродуктопроводах величина викиду НХР приймається рівною його максимальній кількості, що міститься в трубопроводі між автоматичними відсікачами;

– граничний час перебування людей у зоні зараження приймається рівним часу випаровування НХР, але не більше 4 годин.

РОЗДІЛ 2

ЕМПІРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО ЗАРАЖЕННЯ ВНАСЛІДОК АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

2.1. Регіональне розташування потенційно небезпечного підприємства

Досліджуваним підприємством являється ПАТ «Азот».

У березні 1965 року ПАТ «АЗОТ» випустило перший рідкий аміак, а сьогодні завод є найбільшим в Україні виробником аміачної селітри і єдиним виробником капролактаму. З 2011-го підприємство входить до групи OSTCHEM.

Будучи містоутворюючим підприємством Черкас, ПАТ «АЗОТ» максимально розвиває соціальне партнерство з містом та областю, щорічно інвестує значні кошти в оновлення черкаських вулиць і площ, в медичні, культурні та освітні установи регіону.

ПАТ «АЗОТ» відкрите для інноваційних проектів як у сфері виробництва, так і в сфері розвитку та захисту регіону. Очисні біологічні споруди ПАТ «АЗОТ» на березі річки Дніпро є візитною карткою сучасного хімічного комплексу.

Підприємство розташоване на відстані 10,3 км північно західніше міста Рівне обласного центра Рівненської області. Виробничий майданчик розташований у випромінюванні рік Лаби й Білої. Подовжня вісь виробничого майданчику розташована в напрямку схід-захід. Територія району розташування підприємства має відносно спокійний, майже рівний рельєф з невеликим ухилом у бік р. Лаби.

Ґрунти району розташування підприємства – лесовидні супіски, товщиною 10-12 м, з тонким прошарком суглинків. Ґрунтові води не

агресивні до бетону. Глибина залягання ґрунтових вод коливається в межах 5-12 м.

В околицях підприємства розташовані населені пункти з невеликою чисельністю населення (табл. 2.1) та об'єкти культового та соціального призначення (табл. 2.2).

Таблиця 2.1

Населені пункти в околицях підприємства

<i>Населені пункти</i>	<i>Відстань від підприємства, м</i>	<i>Напрямок</i>
Медведково	3500	південно-захід
Лісовка	1200	південь
Городок	2000	північ
Лазарівка	2000	південно-захід
Кримськ	3000	південно-схід
Армавір	4500	південно-схід

На відстані 3000 м на захід від підприємства розташований завод високоміцних залізобетонних конструкцій, паперова фабрика розташована на відстані 300 м на схід.

Таблиця 2.2

Об'єкти культового та соціального призначення в околицях підприємства

<i>Об'єкти, що підлягають захисту</i>	<i>Відстань від підприємства, м</i>	<i>Напрямок</i>
Церква (Лісовка)	1200	південь
Школа	3500	південно-схід
Монастир	3100	південно-схід
Церква (Кримськ)	4000	південно-схід

На відстані 2000 м від підприємства проходить залізнична лінія Львів–Одеса. Автодорога Рівне – Полтава розташована на відстані 3500 м від підприємства. Ріка Лаба протікає на відстані 500 м від підприємства, а ріка Біла – на відстані 800 м від підприємства.

Радіус санітарно-захисної зони підприємства складає 1 км від границі виробничого майданчику. У санітарно-захисній зоні підприємства житлові об'єкти відсутні. Випадків ушкодження об'єкта підприємства, зв'язаних з діяльністю людини в околицях підприємства, а також викликаних природними подіями, не було.

Таблиця 2.3

Середня температура в градусах Цельсія

<i>Місяць</i>	<i>Температура</i>	<i>Місяць</i>	<i>Температура</i>
Січень	-5,3	Липень	18,0
Лютий	-4,1	Серпень	16,9
Березень	0	Вересень	12,9
Квітень	6,8	Жовтень	7,3
Травень	13,2	Листопад	1
Червень	16,3	Грудень	-2,5
У середньому за рік: 6,9 °С			

У найбільш жаркі місяці року (липень, серпень) температура повітря може досягати плюс 37...38 °С. У найбільш холодні місяці року (січень, лютий) температура повітря може досягати мінус 34...36 °С.

Підприємство не може бути ушкоджене впливом землетрусів, зсувів і повеней, що підтверджується актом держкомісії на вибір виробничого майданчику підприємства.

Потенційно небезпечними виробництвами і спорудами, що діють на підприємстві є:

1) цехи по виробництву:

- аміачної води;
- рідкого аміаку;
- слабкої азотної кислоти;
- аміачної селітри;
- сірчаної кислоти;

- фосфорної кислоти;
- складних фосфорних добрив (амофосу);
- адипінової кислоти;

2) склади:

- рідкого аміаку;
- азотної кислоти;
- аміачної селітри;
- аміачної води;
- сірчаної кислоти;
- адипінової кислоти;
- бензолу;
- циклогексанону;
- циклогексанолу.

Основними етапами процесу синтезу аміаку є:

1) знесірчення природного газу – містить у собі наступні технологічні процеси:

- прийом природного газу;
- стиснення природного газу;
- гідрознесірчення;
- адсорбція сірки;
- підготовка паливного газу;

2) виробництво синтез-газу – містить у собі наступні технологічні процеси:

- риформінг природного газу;
- стиснення технологічного повітря;
- конверсія окису вуглецю;

3) очищення синтез-газу – містить у собі наступні технологічні процеси:

- абсорбція вуглекислого газу;
- метанування;
- десорбція вуглекислого газу;

4) синтез аміаку – включає наступні технологічні процеси:

- стиснення синтез-газу;
- циркуляційний синтез аміаку;
- відведення танкових і продувних газів, видача газоподібного аміаку;
- видача рідкого аміаку.

2.2. Оцінка безпеки середньотемпературного та низькотемпературного конверторів підприємства

Сучасне виробництво синтетичного аміаку [2, 3] складається з ряду послідовних технологічних стадій, зосереджених в окремих блоках: сіроочищення природного газу, конверсії метану в трубчастій печі, пароповітряної каталітичної конверсії метану у шахтному конверторі, двоступінчастій каталітичній конверсії CO (середньотемпературної та низькотемпературної), абсорбційного очищення синтез-газу від CO₂, метанування залишкових CO та CO₂, компресії та синтезу аміаку. Характерною особливістю блоку синтезу аміаку є застосування абсорбційної водоаміачної холодильної машини (рис. 2.1), що працює на використанні тепла конвертованого газу, який виходить із конвертора оксиду вуглецю.

Як видно з рис. 2.1, зі зниженням температури у випарнику вироблення товарного аміаку збільшується. Регламентне значення температури кипіння -10 °C. Справжнє значення температури у випарнику по місяцях змінюється в межах -10,5... -3,3 °C.

Температура у випарнику, в основному, виявляється вище за температуру кипіння чистого аміаку. Це говорить про те, що в апараті є вода у вигляді флегми, що є однією з причин підвищення температури кипіння.

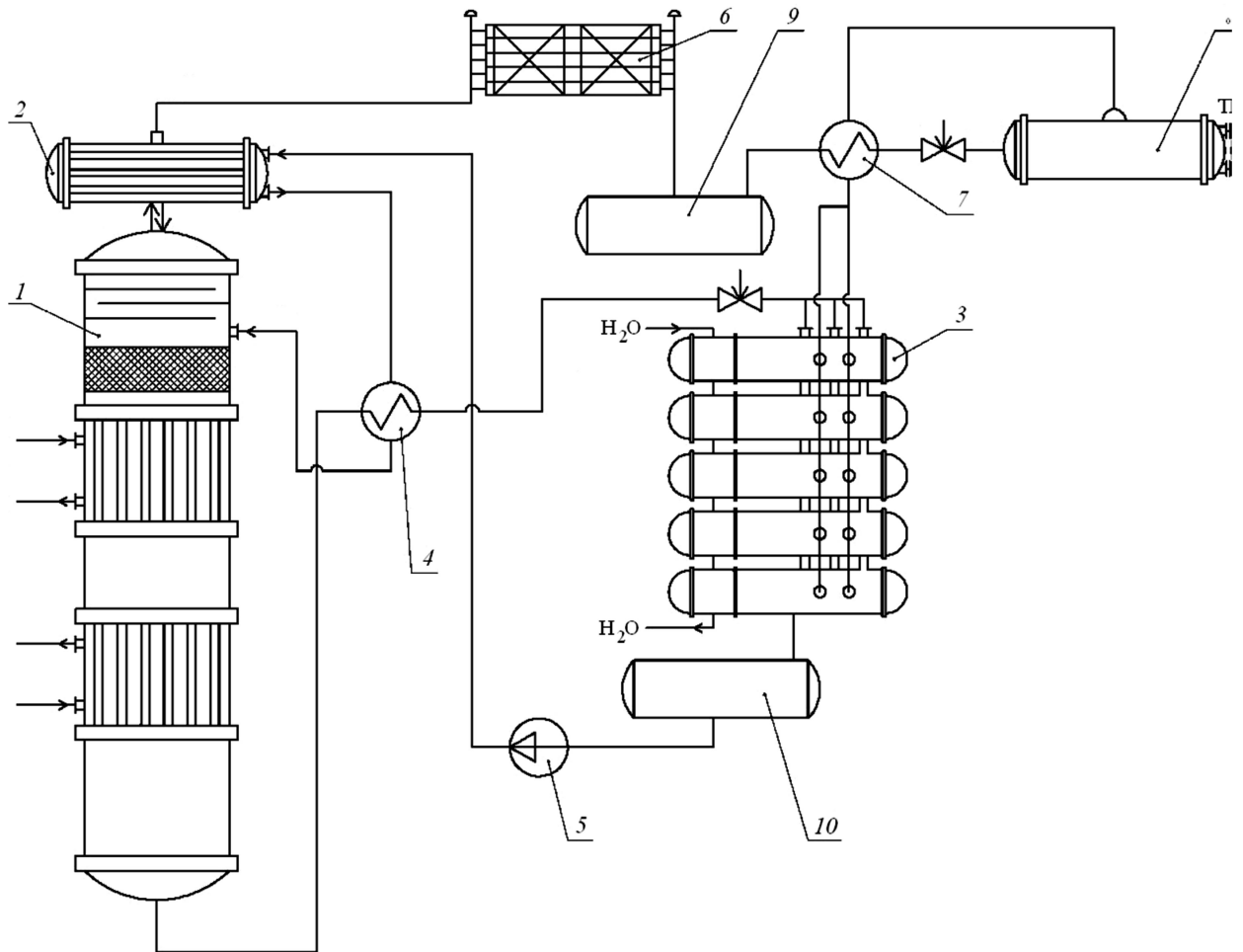


Рис. 2.1. Абсорбційна холодильна машина:

- 1 – генератор-ректифікатор;
- 2 – дефлегматор;
- 3 – абсорбер елементний;
- 4 – теплообмінник розчинів елементний;
- 5 – насос;
- 6 – конденсатор;
- 7 – газовий переохолоджувач рідкого аміаку;
- 8 – випарник рідкого аміаку;
- 9 – ресивер рідкого аміаку;
- 10 – ресивер

Небезпеку в апаратах конверсії СО спричиняє азотно-воднева суміш, яка знаходиться під тиском при підвищеній температурі (табл.. 2.4, 2.5).

Таблиця 2.4

Зведення показників небезпечності середньотемпературного конвертору

<i>Найменування показника</i>	<i>Значення</i>
<i>Індекс ризику виникнення аварії</i>	<i>0,431</i>
<i>Індекс потенційної шкоди</i>	<i>0,329</i>
<i>Індекс пожежовибухонебезпечності</i>	<i>0,846</i>
<i>Індекс відносної небезпечності</i>	<i>0,531</i>
<i>Індекс регіональної небезпечності</i>	<i>0,422</i>
Категорія безпеки	<i>об'єкт середньої небезпечності</i>
Масштаб безпеки	<i>місцевий</i>

Таблиця 2.5

Зведення показників небезпечності низькотемпературного конвертору

<i>Найменування показника</i>	<i>Значення</i>
<i>Індекс ризику виникнення аварії</i>	<i>0,359</i>
<i>Індекс потенційної шкоди</i>	<i>0,348</i>
<i>Індекс пожежовибухонебезпечності</i>	<i>0,853</i>
<i>Індекс відносної небезпечності</i>	<i>0,502</i>
<i>Індекс регіональної небезпечності</i>	<i>0,453</i>
Категорія безпеки	<i>об'єкт середньої небезпечності</i>
Масштаб безпеки	<i>місцевий</i>

Згідно даних табл. 2.4, 2.5 середньотемпературний та низькотемпературний конвертори, які застосовуються для конверсії оксиду вуглецю при виробництві аміаку на підприємстві «Азот», у залежності від отриманих значень індексу відносної небезпечності та індексу регіональної небезпечності віднесені до об'єктів середньої небезпечності за категорією безпеки та носять місцевий масштаб безпеки.

2.3. Оцінка безпеки складів для збереження аміаку під тиском

Рідкий аміак на ПАТ «АЗОТ» зберігається виключно в наземних сховищах як в горизонтальних, так і кульових цистернах під нескінченним тиском. Зберігання в кульових цистернах відбувається під надлишковим тиском, в яких встановлено оптимальний тиск, що підтримується конденсацією речовини, що випаровується. У вертикальних резервуарах ізольованого типу зберігання відбувається при досягненні температури мінус 33°C під надмірним тиском, який підтримується за допомогою конденсації аміаку, що випаровується. У складах прирейкового типу речовина зберігається в циліндричних сховищах, що знаходяться під тиском.

Резервуари для зберігання рідкого аміаку розташовуються у два ряди, що знаходяться на відстані один від одного за встановленими правилами. Схемою технологічного плану розрахована можливість надання рідкої речовини з одного резервуару будь-якого іншого, так як всі резервуари приєднані один до одного. Цистерни обладнані запобіжними вентилями.

Також, з метою посилення безпеки, поміщають допоміжні піддони під цистерни, створюють додаткові стінки, а також вживаються інші запобіжні заходи для захищеного зберігання перед транспортуванням.

Зберігання аміаку відбувається під тиском від 1,0 МПа до 2,0 МПа.

Місткості для аміаку визначаються безумовною герметичністю, що виключає можливість заподіяння шкоди здоров'ю людей та природі. До того ж дозволяється застосування цистерн для аміаку в планах короткострокового зберігання та реалізації проблем, пов'язаних із заправкою постійних цистерн. У зв'язку з різноманітною особливістю використання існує кілька видів обладнання. Знімні автотранспортні цистерни об'ємом 24 м³ спеціалізовані для прийому, видачі та короткочасного зберігання речовини.

При заповненні речовиною балон необхідно тримати на терезах для безпомилкового підрахунку рівня заповнення. Заливання балона має не виходити за межі 0,50 кг/л. Наповнення балонів вище за вказаний показник

заборонено, оскільки це може викликати вибух балона. Після заповнення ємності потрібно випустити з них повітря, відкривши на якийсь час клапан. Всі балони повинні володіти шаблонними таврами, забарвленням та написом. Знаки таврування у висоту повинні становити не менше 8 мм. Місце, де вибиті паспортні дані ємності, покривається прозорим лаком і обводиться рамкою.

Зведені показники небезпечності рідкого аміаку у складах №2 та №3 наведемо у табл. 2.6, 2.7.

Таблиця 2.6

Зведення показників небезпечності складу рідкого аміаку №2

<i>Найменування показника</i>	<i>Значення</i>
<i>Індекс ризику виникнення аварії</i>	<i>0,208</i>
<i>Індекс потенційної шкоди</i>	<i>0,996</i>
<i>Індекс токсичної небезпечності</i>	<i>0,128</i>
<i>Індекс відносної небезпечності</i>	<i>0,775</i>
<i>Індекс регіональної небезпечності</i>	<i>0,568</i>
Категорія безпеки	<i>небезпечний об'єкт</i>
Масштаб безпеки	<i>регіональний</i>

Таблиця 2.7

Зведення показників небезпечності складу рідкого аміаку №3

<i>Найменування показника</i>	<i>Значення</i>
<i>Індекс ризику виникнення аварії</i>	<i>0,208</i>
<i>Індекс потенційної шкоди</i>	<i>0,997</i>
<i>Індекс токсичної небезпечності</i>	<i>0,128</i>
<i>Індекс відносної небезпечності</i>	<i>0,787</i>
<i>Індекс регіональної небезпечності</i>	<i>0,578</i>
Категорія безпеки	<i>небезпечний об'єкт</i>
Масштаб безпеки	<i>регіональний</i>

Згідно з результатами розрахунків склад рідкого аміаку №2 та склад рідкого аміаку №3, які застосовуються для збереження зрідженого аміаку під тиском на підприємстві «Азот», у залежності від отриманих значень індексу відносної небезпечності та індексу регіональної небезпечності віднесені до небезпечних об'єктів за категорією безпеки та носять регіональний масштаб безпеки.

Визначення безпечності промислового підприємства відбувається по найбільш небезпечному його об'єкту. У зв'язку з тим, що серед досліджених об'єктів склад аміаку №3 носить найвищий ступінь безпеки, категорювання підприємства проводиться по складу рідкого аміаку №3. З огляду на вище сказане підприємство «Азот» може бути віднесене за категорією безпеки до небезпечних підприємств та має регіональний масштаб безпеки.

2.4. Прогнозування параметрів хімічного зараження внаслідок аварійної ситуації на ПАТ «Азот»

2.4.1. Визначення товщини шару рідини

Для АХНР, що розлилися в піддон або обвалування висотою H , м, товщину шару рідини h , м визначають таким чином:

$$h = H - 0,2 = 1 - 0,2 = 0,8 \text{ м}$$

2.4.2. Визначення еквівалентної кількості АХНР у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду АХНР для розрахунків параметрів зони зараження визначаються за його еквівалентним значенням $Q_{e,1}$, під яким розуміється така кількість аміаку, масштаб зараження яким при ізотермії дорівнює масштабу зараження за тих же умов заданою кількістю

даного АХНР, що перейшли в первинну (вторинну) хмару.

Еквівалентна кількість АХНР у первинній хмарі $Q_{e,1}$, т визначається за формулою:

$Q_{e,1} = k_1 \cdot k_3 \cdot k_5 \cdot k_7 \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 20 = 0,0864$ т-первинна хмара відсутня.

Де $k_1 = 0,18$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання АХНР; для стиснених газів $k_1 = 1$;

$k_3 = 0,04$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози аналізованого АХНР;

k_5 – коефіцієнт, що враховує рівень вертикальної стійкості атмосфери: 1 – для інверсії, 0,23 – для ізотермії і 0,8 – для конвекції.

$k_7 = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря; для стиснених газів $k_7 = 1$;

Q_0 – кількість при аварії АХНР.

2.4.3. Визначення глибини зон можливого хімічного зараження первинними чи вторинними хмарами

Глибини зон можливого хімічного зараження первинною Γ_1 , км, або вторинною Γ_2 , км, хмарами АХНР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах та транспорті визначаються за табл. 1 Додатку А залежно від еквівалентної кількості речовини в первинній $Q_{e,1}$, т, і вторинній $Q_{e,2}$, т, хмарі та швидкості вітру w_v , м/с.

Отже, $\Gamma_1 = 0,84$ км, $\Gamma_2 = 0,59$ км

2.4.4. Визначення повної глибини зони можливого хімічного зараження

Повну глибину зони можливого хімічного зараження $\Gamma_{\text{зар}}$, км, обумовленого впливом первинної та вторинної хмари АХНР, визначають за формулою:

$$\Gamma_{\text{зар}} = \begin{cases} \Gamma_1 + 0,5 \cdot \Gamma_2, & \text{если } \Gamma_1 > \Gamma_2; \\ \Gamma_2 + 0,5 \cdot \Gamma_1, & \text{если } \Gamma_1 < \Gamma_2. \end{cases}$$

Де Γ_1 – Глибина зони можливого хімічного зараження первинною хмарою АХНР, км;

Γ_2 – глибина зони можливого хімічного зараження вторинною хмарою АХНР, км.

$$\text{Так як } \Gamma_1 > \Gamma_2 \gg \Gamma_{\text{зар}} = \Gamma_1 + 0,5 \cdot \Gamma_2 = 0,81 + 0,5 \cdot 0,59 = 1,1 \text{ км}$$

Гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас $\Gamma_{\text{пред}}$, км, так само:

$$\Gamma_{\text{пред}} = u \cdot \tau = 2 \cdot 10 = 20 \text{ км}$$

Де τ - час, що минув від початку аварії, год;

$u = 10$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря за заданої швидкості вітру w , м/с, та ступеня вертикальної стійкості атмосфери, км/год (табл. 2.8).

Таблиця 2.8

Швидкість перенесення u , км/год, переднього фронту хмари зараженого повітря за заданої швидкості вітру w , м/с, та при різному стані атмосфери

Швидкість вітру, м/с	Стан атмосфери		
	Інверсія	Ізотермія	Конвекція
1	5	6	7
2	10	12	14
3	15	18	21
4	21	24	28
5	-	29	-
6	-	35	-
7	-	41	-
8	-	47	-
9	-	53	-
10	-	59	-
11	-	65	-
12	-	71	-
13	-	76	-
14	-	82	-
15	-	88	-

За остаточну розрахункову глибину зони можливого хімічного зараження Γ , км приймається менше з двох порівнюваних між собою значень:

$$\Gamma = \min \{ \Gamma_{\text{зар}}, \Gamma_{\text{пред}} \}$$

Оскільки остаточна розрахункова глибина зони можливого хімічного зараження $P = 1,1 \text{ км} \cdot \Gamma_{\text{пред}} > \Gamma_{\text{зар}}$

Залежно від швидкості приземного вітру u , м/с, що зумовлює флуктуацію його напрямку, зони можливого зараження наносяться на карти у вигляді кола або сектора з кутовими розмірами, зазначеними в табл. 2.9.

$$\varphi = 45^{\circ}$$

Кутові розміри φ , град., зони можливого хімічного зараження АХНР залежно від швидкості вітру u , м/с

u , м/с	Менше 0,5	0,6...1	1,1...2	Більше 2
φ , град	360	180	90	45

2.4.5. Визначення площі зони можливого хімічного зараження АХНР

Площа зони можливого хімічного зараження АХНР $S_{зар}$, км², визначається за формулою

$$S_{зар} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1^2 \cdot 45 = 0,474 \text{ км}^2$$

Де Γ – глибина зони можливого хімічного зараження, км;

$\varphi = 45^\circ$ – кутові розміри зони можливого хімічного зараження, град.

Для визначення просторового розподілу зон зараження з різним ступенем ураження людей приблизно можна прийняти:

глибину зони смертельного (летального) поразки $\Gamma_{см}$, км

$$\Gamma_{см} = 0,3 \cdot \Gamma = 0,3 \cdot 1,1 = 0,3 \text{ км}$$

глибину зони важкого та середнього ураження $\Gamma_{т. і ср.}$, км

$$\Gamma_{т. і ср.} = 0,5 \cdot \Gamma = 0,5 \cdot 1,1 = 0,55 \text{ км}$$

глибину зони легкого ураження $\Gamma_{лег}$, км

$$\Gamma_{лег} = 0,7 \cdot \Gamma = 0,7 \cdot 1,1 = 0,77 \text{ км}$$

Де Γ – розрахункова глибина зони можливого хімічного зараження, км.

2.4.6. Визначення часу підходу хмари АХНР до заданого об'єкту

Час підходу хмари АХНР до заданого об'єкту $\tau_{\text{подх}}$, год, залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою

$$\tau_{\text{подх}} = \frac{x}{u} = 0,038 \text{ год} \frac{0,38}{10}$$

Де $x = 0,38$ – відстань від джерела зараження до заданого об'єкта, км;
 u – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год.

Отже, при потенційному виникненні аварії на заводі ПАТ «Азот» кількісні характеристики викиду аміаку будуть наступними:

Первинна хмара – 0,08 т.

Вторинна хмара – 0,04 т.

Повна глибина зони можливого хімічного зараження дорівнює 11 км. Глибина зони летальної поразки 0,3 км. Глибина зони важкого та середнього ураження дорівнює 0,55 км. Глибина зони легкого поразки дорівнює 0,77 км.

Час підходу хмари аміаку до будівлі цеху 0,038 год.

2.4.7. Зона можливого хімічного зараження

Зона можливого хімічного зараження хмарою АХНР на картах (схемах) обмежена колом, півколом або сектором, з кутовими розмірами і радіусом, рівним глибині зони можливого хімічного зараження G . Центр кола, півколу або сектора збігається із джерелом хімічного зараження.

На топографічних картах (схемах) зона можливого хімічного зараження має вигляд кола, півкола або сектора.

При оперативному прогнозуванні масштабу можливого хімічного зараження, що враховує фактичну швидкість вітру більше 1 м/с, зону можливого хімічного зараження слід приймати як сектор (рис. 2.2):

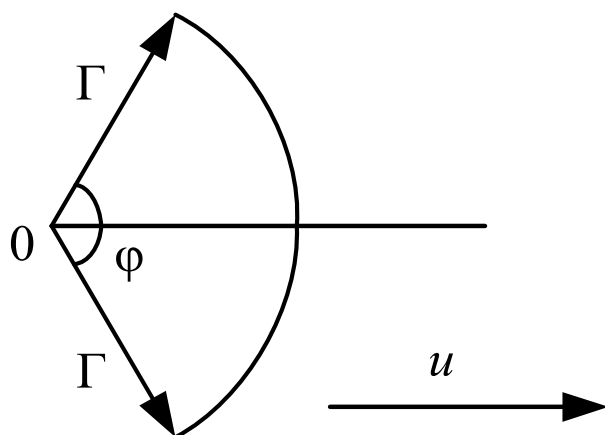


Рис. 2.2. Вид зони можливого хімічного зараження при швидкості вітру більше 1 м/с

Крапка «0» відповідає джерелу хімічного зараження, $\varphi = \begin{cases} 90^\circ & \text{при } w_v = 1,1 \dots 2 \text{ м/с} \\ 45^\circ & \text{при } w_v > 2 \text{ м/с} \end{cases}$, радіус сектора дорівнює Γ і бісектриса кута збігається з віссю сліду хмари та орієнтована у напрямку вітру.

2.4.8. Розрахунок концентрацій аварійно-хімічно небезпечних речовин по осі зони зараження

Загалом розподіл концентрації АХНР по осі потоку зараженого повітря представлено на рис. 2.3.

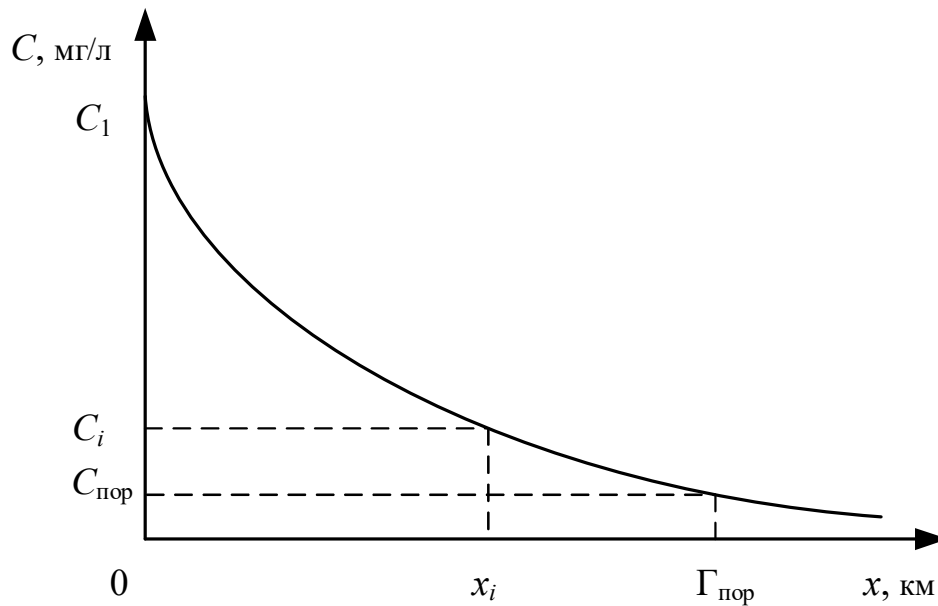


Рис. 2.3. Розподіл концентрації АХНР по осі потоку зараженого повітря

Зовнішні межі зони можливого хімічного зараження АХНР розраховують по пороговій токсодозі $D_{\text{пор}}$, мг·хв/л, при інгаляційному впливі на організм людини.

По осі поширення АХНР (у напрямку вітру) концентрацію АХНР C_i , мг/л, в i -ій точці можна знайти за формулою:

$$C_i = C_1 \cdot \exp\left(-\frac{x_i}{\Gamma_{\text{пор}}} \cdot \ln \frac{C_1}{C_{\text{пор}}}\right), \quad (2.1)$$

$$C_i = 800 \cdot \exp\left(-\frac{0,38}{1,1} \cdot \ln \frac{800}{0,7}\right) = 70,48 \text{ мг/л}$$

Де C_i – концентрація АХНР в осередку аварії, що приймається рівною $C_1 = 1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ або $C_1 = 106 \cdot \rho_{\text{г}}$, мг/л;

$$C_1 = 10^6 \cdot 0,0008 = 800 \text{ мг/л}$$

$C_{\text{пор}}$ – концентрація АХНР, мг/л, що відповідає пороговій токсодозі

$$D_{\text{пор}}, \text{ мг} \cdot \text{л}, \quad C_{\text{пор}} = \sqrt[n]{\frac{D_{\text{пор}}}{30}} = \sqrt[2]{\frac{15}{30}} = 0,7 \text{ мг/л}$$

ρ_r – щільність АХНР у газоподібному стані, т/м³;

x_i – відстань від i -ої точки до кордону підприємства, км;

$C_{пор}$ – гранична глибина зони зараження, км.

2.4.9. Прогнозування кількості постраждалих серед персоналу та населення, що опинилося в зоні зараження

Суворіше протяжності (глибини) зон ураження різної тяжкості можна отримати, приймаючи, що концентрації АХНР, змінюється по осі хмари відповідно до залежності, і використовуючи ймовірнісний підхід до визначення вражаючого фактора $P_{пор} \cdot C_{АХОВ} \sim e^{-x}$

Для цього випадку ймовірність ураження людей при інгаляційному впливі токсичної речовини визначається пробіт-функцією Pr:

$$Pr = a + b \cdot \ln(C_{АХОВ}^n \cdot \tau) = -35,9 + 1,85 \cdot \ln(107801^2 \cdot 15) = 12,9$$

Де a , b і n – константи кожному за конкретного АХНР;

$C_{АХНР}$ – концентрація АХНР у конкретній точці зони зараження, ppm;

τ – час дії АХНР (час експозиції), хв.

Концентрації АХНР у ppm та мг/л пов'язані співвідношенням:

$$C'_{АХОВ} = C_{АХОВ} \cdot \frac{M \cdot P \cdot T_0}{22,4 \cdot P_0 \cdot T}$$
$$C_{АХОВ} = \frac{86200 \cdot 22,4 \cdot 101325 \cdot 270}{17 \cdot 105585 \cdot 273} = 107801 \text{ ppm}$$

Де $Z_{АХНР}$ – концентрація АХНР в конкретній точці зони зараження, ppm;

$C_{АХНР}$ – концентрація АХНР у конкретній точці зони зараження, мг/м³;

M – молярна маса АХНР, г/моль;

T – температура повітря, К;

P – тиск насиченої пари (або газу) АХНР, Па;

T_0 – температура повітря при 0°C , $T_0 = 273^\circ\text{C}$;

P_0 – тиск повітря при 0°C , $P_0 = 101325$ Па.

Для розрахунку тиску насичених пар АХНР можна скористатися рівняння стану ідеального газу (рівняння Менделєєва-Клапейрона):

$$P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

З огляду на те, що $m = \rho \cdot V$, отримаємо: $P = \frac{\rho_r}{M} \cdot R \cdot T = \frac{0,8}{17} \cdot 8,31 \cdot 298 = 116535$ Па

Де ρ_r – щільність АХНР в газоподібному стані, кг/м³;

M – молярна маса АХНР, кг/моль;

R – універсальна газова постійна, $R = 8,31$ Дж/(моль·К);

T – температура повітря.

$\rho_r = 12,9$, отже, ймовірність реалізації вражаючого фактора дорівнює 100%.

Кількість населення, що потрапило до зони зараження N , чол, розраховується виходячи із середньої щільності за формулою:

$$N = P \cdot S_{\text{зар}} = 290 \cdot 0,474 = 137 \text{ осіб.}$$

де: P – щільність персоналу, чол / км²;

$S_{\text{зар}}$ – площа території підприємства, приземний шар повітря якої зазнав зараження, км².

Для оцінки розподілу людей за ступенями поразки (смертельні, тяжкі та середні тяжкості, легкі, порогові) у першому наближенні можна прийняти,

що структура ураженого населення відповідає даним табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Структура персоналу, ураженого АХНР

Характер поразки	Смертельний	Важкого та середнього ступеня	Легкого ступеня	Порогові
Показник	10%	15%	20%	55%

Відповідно до табл. 2.10 очікується наступний розподіл постраждалого населення за ступенями тяжкості поразки АХНР:

Смертельні ураження: $N_{см} = 0,1 \cdot N = 0,1 \cdot 137 \approx 14$ осіб

Ураження важкого та середнього ступеня тяжкості: $N_{т.и.ср.} = 0,15 \cdot N = 0,15 \cdot 137 \approx 21$ особа

Легкі ураження: $N_{лег} = 0,2 \cdot N = 0,2 \cdot 137 \approx 27$ чел.

Порогові ураження: $N_{пор} = 0,55 \cdot N = 0,55 \cdot 137 \approx 75$ чел.

2.4.10. Заходи захисту персоналу від хімічного отруєння.

Ознаки хімічного отруєння:

- різкий біль у грудях;
- сухий кашель;
- нудота;
- порушення координації рухів;
- різь в очах та слиновиділення;
- при ураженні хлором – задуха;
- при ураженні аміаком – прискорене серцебиття, нежить;
- маревний стан.

В першу чергу необхідно захистити органи дихання від подальшої дії сильнодіючих отруйних речовин.

На потерпілого необхідно надіти протигаз або марлеву пов'язку, попередньо змочивши її при отруєнні хлором водою або 2 % розчином питної соди, а при отруєнні аміаком – водою або 5% розчином лимонної кислоти, і винести (вивести) його із зони ураження. У випадках отруєння

сильнодіючими отруйними речовинами потерпілому забезпечити спокій і тепло.

При виході із зони зараження зніміть верхній одяг, ретельно вимийте очі, ніс, рот і відкриті ділянки тіла, зверніться за допомогою до медичного закладу.

При отруєні аміаком винесіть потерпілого з зони зараження, шкіряні покрови, очі, ніс, рот вимийте водою. В очі закачайте дві-три краплі 30% розчину альбуциду, в ніс оливкове масло.

При отруєні хлором винесіть потерпілого із зони зараження. При зупинці дихання зробіть штучне дихання. Шкіряні покрови, рот, ніс вимийте 2 % розчином питної соди або водою.

ВИСНОВКИ

Розвиток хімічної промисловості в усіх розвинених країнах призводить до збільшення контактів людини з хімічними речовинами, що раніше не існували в природі, так званими ксенобіотиками. За оцінками провідних світових токсикологів кількість ксенобіотиків на даний час становить близько шести мільйонів найменувань, серед яких понад 500 речовин відносяться до I-го і II-го класів небезпеки і викликають в малих дозах важкі гострі отруєння людини та тварин.

Основну небезпеку спричиняє наявність на промислових підприємствах різних токсичних, вибухових чи пожежо небезпечних речовин. Від кількості цих речовин на підприємстві безпосередньо залежать можливі негативні наслідки в результаті виникнення НС. У відповідності з міжнародними нормами та державними нормативними документами прийняте поняття гранично допустимої кількості потенційно небезпечних речовин.

Досліджуваним підприємством являється ПАТ «Азот».

У березні 1965 року ПАТ «АЗОТ» випустило перший рідкий аміак, а сьогодні завод є найбільшим в Україні виробником аміачної селітри і єдиним виробником капролактаму. З 2011-го підприємство входить до групи OSTCHEM.

Будучи містоутворюючим підприємством Черкас, ПАТ «АЗОТ» максимально розвиває соціальне партнерство з містом та областю, щорічно інвестує значні кошти в оновлення черкаських вулиць і площ, в медичні, культурні та освітні установи регіону.

ПАТ «АЗОТ» відкрите для інноваційних проектів як у сфері виробництва, так і в сфері розвитку та захисту регіону. Очисні біологічні споруди ПАТ «АЗОТ» на березі річки Дніпро є візитною карткою сучасного хімічного комплексу.

Отже, при потенційному виникненні аварії на заводі ПАТ «Азот»

кількісні характеристики викиду аміаку будуть наступними:

Первинна хмара – 0,08 т.

Вторинне хмара – 0,04 т.

Повна глибина зони можливого хімічного зараження дорівнює 11 км.
Глибина зони летальної поразки 0,3 км. Глибина зони важкого та середнього ураження дорівнює 0,55 км. Глибина зони легкого поразки дорівнює 0,77 км.

Час підходу хмари аміаку до будівлі цеху 0,038 год.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойчук Ю. Д. Екологія і охорона навколишнього середовища : навч. посіб. 2–ге вид., стер. Суми : Університетська книга, 2003. 284 с.
2. Буркинський Б. Екологічно чисте виробництво. Наукові засади впровадження та розвитку. Вісн. НАН України. 2016. № 5. С. 11–17.
3. Верлан В.А. Оптимізація розташування мережі постів моніторингу за забрудненням атмосфери в промисловому місті : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.09 «Метеорологія, кліматологія, агрометеорологія». Одеса, 2015. 17 с.
4. Возний Ю.В. Тенденції зміни парку автомобілів Житомирщини як основного джерела викидів токсичних компонентів. *Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту*. Техн. науки. 2019. № 9. С. 328–332.
5. Галушкіна Т. П. «Зелена» економіка крізь призму трансформаційних зрушень в Україні : монографія. НАН України, Ін-т проблем ринку та екон.-екол. дослідж. Одеса : Фенікс, 2011. 348 с.
6. Григоренко О. До питання моніторингу стану харчування населення України. *Товари і ринки*. 2010. № 2. С. 118–124.
7. Дмитренко І.А. Екологічне право України: підручник. Київ : Юрінком Інтер, 2001. 352 с.
8. Екологічний маркетинг : навч. посіб. Львів : УкрДЛТУ, 2002. 48 с.
9. Жарова Л. В. Екологічне підприємництво та екологізація підприємництва: теорія, організація, управління : монографія. Суми : Університетська книга, 2009. 240 с.
10. Запольський А. К. Екологізація харчових виробництв : підручник. Київ : Вища шк., 2005. 423 с.
11. Зубик С.В. Техноекологія: джерела забруднення і захист навколишнього середовища. Івано-Франківськ: Полум'я, 2014. 452 с.

12. Каніло П.М. Екологічні показники легкового автомобіля з бензиновим та дизельним двигуном. *Хімічна промисловість України*. 2019. № 5. С. 58–61.
13. Кіптенко Є.М. Прогнозування рівнів високого забруднення атмосферного повітря у містах України. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2002. Вип. 250. С. 288–298.
14. Колесник С.І. Роль автотранспорту в суспільстві та його вплив на навколишнє середовище. *Проблеми статистики. Зб. наук. праць*. 2011. Вип. 3. С. 212 – 213.
15. Косарева Т. В. Екологічні аспекти економічного розвитку агропромислового виробництва. *Економіка АПК*. 2001. № 3. С. 38–42.
16. Львовчкіна А. М. Основи екологічної психології : навч. Посіб. Київ : МАУП, 2004. 136 с.
17. Мінімізація радіаційних наслідків лісових пожеж після Чорнобильської катастрофи на основі еколого-інформаційного моніторингу: монографія / О.І. Бондар, С.І. Азаров, В.М. Ващенко, В.І. Паламарчук, В.Л. Сидоренко; за заг. наук. ред. О.І. Бондаря. Херсон: Грінь Д.С., 2016. 300 с.
18. Міщенко З.А. Мікрокліматологія : навчальний посібник. Київ : КНТ, 2007. 336 с.
19. Наукові засади захисту населення і територій від наслідків лісових пожеж з радіаційно небезпечними факторами: монографія / С.І. Азаров, С.А. Єременко, В.Л. Сидоренко, О.М. Смірнова, М.В. Білошицький, Є.А. Власенко, А.В. Пруський, Ю.П. Середа; за заг. ред. П.Б. Волянського. Київ : ТОВ «Інтердрук», 2016. 203 с.
20. Охорона навколишнього середовища : монографія / за ред. Я.Б. Олійника. Київ : Ніка-Центр, 2006. 264 с.
21. Сидоренко В.Л. Теоретичні основи розробки системи комплексного моніторингу зони радіаційної аварії. *Науковий збірник ІДУЦЗ*. 2015. № 3. С. 117–130.

22. Системний підхід при прогнозуванні стану атмосферного повітря. Дніпродзержинськ: Дніпродзерж. держ. техн. ун-т., 2004. 164 с.
23. Статистичний щорічник міста Києва за 2021 рік. Київ : Консультант, 2022. 344 с.
24. Царенко О.М. Захист середовища в умовах зростаючого техногенного навантаження на природу : навчальний посібник. Суми: Слобожанщина, 2001. 200 с.
25. Шевченко О.Г. Основні джерела надходження забруднюючих речовин в атмосферу. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського Національного університету імені Тараса Шевченка*. 2016. Вип. 5. С. 228–233.
26. Шмандій В.М. Сучасні методи контролю забруднення атмосферного повітря при управлінні техногенною безпекою на регіональному рівні. Харків: КДПУ, 2001. 136 с.
27. Batterham R.I. Production of primary metals – towards improved sustainability. *Erzmetall*. 2013. 56. № 6. P. 519–528.
28. Gautam S. A continuous analyzer for soluble anionic constituents and ammonium in atmospheric particulate matter. *Environ. Sci and Technol*. 2013. 37. № 24. P. 5711–5720.
29. Palazzi E. A simple analytical method for determining the atmospheric dispersion of upward directed high velocity releases. *Atmos. Environ*. 2012. 36. № 7. P. 1183–1193.
30. Singer Brett C. Environ. Estimated emission reductions from California’s enhanced Smog Check program. *Sci and Technol*. 2023. № 11. P. 2588 – 2595.

Додаток А

Таблиця 1

Глибини зон можливого зараження АХНР, км

Швид кість вітру, м/с	Глибини зон можливого хімічного зараження АХНР, км, для еквівалентної кількості АХНР, т																	
	0, 01	0, 05	0, 1	0, 5	1	3	5	10	20	30	50	70	10 0	30 0	50 0	70 0	10 00	20 00
1 і менше	0, 38	0, 85	1, 25	3, 16	4, 75	9, 18	12, 53	19, 20	29, 56	38, 13	52, 67	65, 23	81, 91	16, 6	23, 1	28, 8	36, 3	57, 2
2	0, 26	0, 59	0, 84	1, 92	2, 84	5, 35	7,2 0	10, 83	16, 44	21, 02	28, 73	35, 35	44, 09	87, 79	12, 1	15, 0	18, 9	29, 5
3	0, 22	0, 48	0, 68	1, 53	2, 17	3, 99	5,3 4	7,9 6	11, 94	15, 18	20, 59	25, 21	31, 30	61, 47	84, 50	10, 4	13, 0	20, 2
4	0, 19	0, 42	0, 59	1, 33	1, 88	3, 28	4,3 6	6,4 6	9,6 2	12, 18	16, 43	20, 05	24, 80	48, 18	65, 92	81, 17	10, 1	15, 7
5	0, 17	0, 38	0, 53	1, 19	1, 68	2, 91	3,7 5	5,5 3	8,1 9	10, 33	13, 88	16, 89	20, 82	40, 11	54, 67	67, 15	83, 60	12, 9
6	0, 15	0, 34	0, 48	1, 09	1, 53	2, 66	3,4 3	4,8 8	7,2 0	9,0 6	12, 14	14, 79	18, 13	34, 67	47, 09	56, 72	71, 70	11, 0
7	0, 14	0, 32	0, 45	1, 00	1, 42	2, 46	3,1 7	4,4 9	6,4 8	8,1 4	10, 87	13, 17	16, 17	30, 73	41, 63	50, 93	63, 16	96, 30
8	0, 13	0, 30	0, 42	0, 94	1, 33	2, 30	2,9 7	4,2 0	5,9 2	7,4 2	9,9 0	11, 98	14, 68	27, 75	37, 49	45, 79	56, 70	86, 20
9	0, 12	0, 28	0, 40	0, 88	1, 25	2, 17	2,8 0	3,9 6	5,6 0	6,8 6	9,1 2	11, 03	13, 50	25, 39	34, 24	41, 76	51, 60	78, 30
10	0, 12	0, 26	0, 38	0, 84	1, 19	2, 06	2,6 6	3,7 6	5,3 1	6,5 0	8,5 0	10, 23	12, 54	23, 49	31, 61	38, 50	47, 53	71, 90
11	0, 11	0, 25	0, 36	0, 80	1, 13	1, 96	2,5 3	3,5 8	5,0 6	6,2 0	8,0 1	9,6 1	11, 74	21, 91	29, 44	35, 81	44, 15	66, 62
12	0, 11	0, 24	0, 34	0, 76	1, 08	1, 88	2,4 2	3,4 3	4,8 5	5,9 4	7,6 7	9,0 7	11, 06	20, 58	27, 61	35, 55	41, 30	62, 20
13	0, 10	0, 23	0, 33	0, 74	1, 04	1, 80	2,3 7	3,2 9	4,6 6	5,7 0	7,3 7	8,7 2	10, 48	19, 45	26, 04	31, 62	38, 90	58, 44
14	0, 10	0, 22	0, 32	0, 71	1, 00	1, 74	2,2 4	3,1 7	4,4 9	5,5 0	7,1 0	8,4 0	10, 04	18, 46	24, 69	29, 95	36, 81	55, 20
15 і більше	0, 10	0, 22	0, 31	0, 69	0, 97	1, 68	2,1 7	3,0 7	4,3 4	5,3 1	6,8 6	8,1 1	9,7 0	17, 60	23, 50	28, 48	34, 98	52, 37