

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Методичні вказівки
до практичних робіт
з дисципліни **"Екологічна безпека"**

Одеса 2016

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Методичні вказівки
до практичних робіт
з дисципліни "Екологічна безпека"
для студентів 1 V курсу
Напрямок підготовки : «Екологія, охорона навколишнього середовища та
збалансоване природокористування»

ЗАТВЕРДЖЕНО
на методичній комісії
природоохоронного факультету
Протокол №10 от 10.05.2016 р.
Декан _____ Чугай А.В.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Методичні вказівки
до практичних робіт
з дисципліни "Екологічна безпека"
для студентів 1V курсу
Напрямок підготовки : «Екологія, охорона навколишнього середовища та
збалансоване природокористування»

" Затверджено"
На засіданні кафедри екології
та охорони довкілля
Протокол №_10 від _10.05 2016р.
Зав. кафедри _____

" Затверджено"
на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
Протокол №__ від __ __ 2016р.
Декан _____ А.В. Чугай

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Екологічна безпека" студентів IV курсу очної форми навчання за напрямом підготовки "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування"/ Укладачі : Кузьміна В.А. , Прикуп Л.О. – Одеса, ОДЕКУ, 2016р. – 82 с., укр.мова.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Ризик як кількісна оцінка небезпек.....	4
1.1. Загальні положення.....	
1.2. Визначення величини ризику, який виникає в процесі виробництва та мешкання в означеному середовищі.....	5
1.3. Завдання для самостійної роботи.....	7
2 Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря.....	14
2.1. Загальні положення.....	14
2.2. Оцінки ризику з використанням залежності "доза-ефект".....	17
2.3. Завдання для самостійної роботи.....	20
3. Оцінка ризику, заснована на принципах гігієнічного регламентування шкідливих факторів довкілля.....	24
3.1. Загальні положення.....	24
3.2. Завдання для самостійної роботи.....	29
4. Визначення величини ризику скорочення життя від впливу радіоактивного забруднення.....	30
4.1. Загальні положення.....	30
3.1 Завдання для самостійної роботи.....	31
5. Визначення величини ризику захворювання професійною вібраційною хворобою.....	33
5.1. Загальні положення.....	33
5.2 Завдання для самостійної роботи.....	38
6. Визначення імовірності виникнення пожежі (вибуху) на промисловому об'єкті і оцінка умов професійної діяльності за ступенем небезпеки.....	39
6.1 . Загальні положення.....	39
6.2. Завдання для самостійної роботи.....	47
7. Прогнозування пожежної обстановки.....	49
7.1. Загальні положення.....	49
7.2. Завдання для самостійної роботи.....	52
8. Оцінка ризику з метою визначення шляхів зниження негативного екологічного впливу водного транспорту.....	54
8.1. Загальні положення.....	54
8.2. Завдання для самостійної роботи.....	57
9. Визначення рівня ризику скорочення тривалості життя.....	59
9.1. Загальні положення.....	59
9.2 Завдання для самостійної роботи.....	64
10. Визначення рівня небезпеки пластмасових відходів.....	67
10.1. Загальні положення.....	67

10.2 Завдання для самостійної роботи.....	68
11. Визначення рівня ризику, пов'язаного з аварійними розливами аміаку.....	69
11.1. Загальні положення.....	69
11.2. Завдання для самостійної роботи.....	75
12 Визначення індивідуального ризику за правилом Фармера...	77
12.1. Загальні положення.....	77
12.2. Завдання для самостійної роботи.....	78
Література.....	81

ВСТУП

Метою практичних занять є освоєння методів визначення величини (ступеня, рівня) ризику реальнодіючих і (або) потенційно можливих шкідливих дій у найбільш характерних ситуаціях, розглядаємих в інших дисциплінах і курсах.

Практична діяльність людини дає основу для ствердження про те, що в ній завжди криється реальна і (або) потенційна небезпека. Ні в одній конкретній життєвій ситуації, ні в одному виді практичної або виробничої діяльності неможливо досягти абсолютної безпеки.

Практичні роботи складаються з теоретичної, розрахункової та аналітичної частин, захищаються на практичних заняттях. Методичні вказівки містять 12 завдань, що виконуються студентами самостійно як домашні завдання (ДЗ) та під час аудиторних занять, практична робота «Визначення рівня ризику скорочення тривалості життя під впливом забруднювачів атмосферного повітря» виконується як індивідуальне завдання, яке оформляється на листах А4 за індивідуальним варіантом.

Самостійні роботи та практичні завдання виконані під час занять повинні здаватися викладачеві не пізніше терміну, який визначений графіком контролюючих заходів з дисципліни. За виконані роботи студент може отримати за кожний модуль щонайбільше 20 балів. Якщо студент за підсумками модульного контролю за практичну частину отримує менше 30 балів (50%), він не допускається до складання іспиту з дисципліни.

1 РИЗИК ЯК КІЛЬКІСНА ОЦІНКА НЕБЕЗПЕК

1.1 Загальні положення

“Небезпека” – це основне поняття теорії безпеки життєдіяльності людини. Під небезпекою розуміються реальні або потенційно–можливі наслідки впливів, пов’язаних з явищами, подіями, процесами, дією об’єктів здатних в означених умовах завдавати шкоди людині аж до летального ісходу безпосередньо або посередньо, тобто викликати несприятливі наслідки.

Визначення небезпеки включає існуючі стандартні поняття – небезпечні і шкідливі виробничі фактори і є більш широким, оскільки враховує всі можливі життєві та виробничі ситуації. Можна вважати, що небезпека постійно загрожує людині; несприятливі наслідки, можуть з’явитися у будь-який момент. Враховуючи це, кажуть про те, що існує ризик зазнати наслідки небезпеки.

В останній час поняття "ризик" отримує все більше визнання у наукових дослідженнях, які присвячені розрахункам імовірності і ступеня впливу небезпечних факторів на людину, зокрема, на основі всебічного аналізу статистичних даних при різних формах людської діяльності була запропонована класифікація умов професійної діяльності за ступенем їхньої небезпеки (таб. 1.1).

З аксіоми про потенційну небезпеку випливає, що забезпечити 100%-ї гарантії безпеки неможливо в жодному виді діяльності.

Наслідком прояву небезпек є нещасні випадки, аварії, катастрофи, які супроводжуються смертельними випадками, скороченням тривалості життя, шкодою здоров’ю, шкодою природному чи техногенному середовищу, дезорганізуючим впливом на суспільство або життєдіяльність окремих людей. Наслідки або ж кількісна оцінка збитків, заподіяних небезпекою, залежать від багатьох чинників, наприклад, від кількості людей, що знаходились у небезпечній зоні, кількості та якості матеріальних (в тому числі і природних) цінностей, що перебували там. природних ресурсів, перспективності зони тощо.

З метою уніфікації будь-які негативні наслідки визначають як шкоду. Кожен окремий вид шкоди має своє кількісне вираження. Наприклад, кількість загиблих, поранених чи хворих, площа зараженої території, площа лісу, що вигоріла, вартість зруйнованих споруд тощо. Найбільш універсальний кількісний засіб визначення шкоди — це вартісний, тобто визначення шкоди у грошовому еквіваленті.

Другою, не менш важливою характеристикою небезпеки, а точніше мірою можливої небезпеки, є частота, з якою вона може проявлятися, або ризик.

Термін „ризик” застосовується в багатьох сферах людської діяльності: економіці, фінансовій діяльності, менеджменті, правовій сфері (наприклад при страхуванні), в техніці і технологіях (ризик аварії, поломки), медицині (ризик захворювань), соціальній сфері (групи осіб підвищеного ризику).

1.2 Визначення величини ризику, який виникає в процесі виробництва та мешкання в означеному середовищі

Математичний апарат аналізу ризику базується на знанні терії імовірностей, статистичному аналізі, алгебри логіки та подій, системному аналізі. Основний внесок у формування та розвиток процедури аналізу ризику внесли фахівці в галузі промислової безпеки, у тому числі Ст. Маршал.

За Маршалом, "ризик" – це часота реалізації небезпек певного класу, що викликають збиток (імовірність людських жертв, травм або захворювань, матеріальних збитків).

Безумовно, найбільш суттєва кількісна сторона цього поняття. Дійсно, по суті, рівень ризику – це кількісна оцінка небезпеки. Тому ризик визначається як добуток ймовірності події та потенційного збитку або величини розмірів можливих небажаних наслідків:

$$R = P \times A \quad , \quad (1.1)$$

де P – ймовірність, яка визначається як відношення числа тих або інших несприятливих наслідків подій до загального числа цих подій (за визначений період часу):

$$P = n / N \quad , \quad (1.2)$$

де n – число несприятливих наслідків(наприклад, смертельних наслідків);

N - можливе максимальне число несприятливих наслідків за визначений відрізок часу (рік);

A – потенційний збиток, або величина розмірів можливих наслідків.

Якщо фактор діє протягом часу t , а статистичні дані отримані за період часу T , то рівень ризику по відношенню до даного фактора можна розрахувати за виразом:

$$R = n \times t / (N \times T) \quad (1.3)$$

Підкреслимо, що розглядаючи ризик, необхідно визначити клас наслідків, тобто відповісти на запитання: ризик чого розглядається ?

Відповідями можуть бути такі: ризик на протязі року піддатись смертельній небезпеці, або бути травмованим (у побуті або на підприємстві), або піддатися захворюванню на професійну хворобу, або скороченню тривалості життя, або зазнати дію пожежі або вибуху та ін.

Вищесказане відноситься до індивідуального ризику, який характеризує певну небезпеку для окремого індивідууму.

Иноді використовується також поняття соціального (групового) ризику, який характеризує масштаб небезпечних подій, катастроф, аварій, що реалізуються. В цьому разі ризик визначається як добуток частоти небезпечних подій (її розмірність – зворотний час) на імовірність присутності і одночасної загибелі людей внаслідок цих подій (значення – імовірності можуть змінюватися від 0 до 1).

Існує шкала порівняння ризиків смертності, для порівняння ризиків різного походження

Для більшості робітників у машинобудівних галузях прийнято враховувати – умови професійної діяльності, обмежені діапазоном ризику від $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ на людину за рік. Такі умови прийнято враховувати відносно небезпечними, тобто відносити до II-й категорії професійної небезпеки (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 Класифікація умов професійної небезпеки

Категорія	Умови професійної діяльності	Діапазон ризику (на людину за рік)
I	Безпечні	$1 \cdot 10^{-4}$
II	Відносно безпечні	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$
III	Небезпечні	$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-2}$
IV	Дуже небезпечні	$1 \cdot 10^{-2}$

Існують чотири методичних підхода до визначення ризику:

- науково-технічний аналіз, який спирається на статистику,
- імовірний аналіз небезпеки, побудова "дерев" безпеки тощо;
- модельний, оснований на побудові моделей впливу небезпечних і шкідливих факторів на окрему людину, на соціальні, професійні групи і т.д.;
- експертний, коли імовірність різних подій оцінюється на основі опитування досвідчених спеціалістів, тобто експертів;
- соціологічний, оснований на опитуванні населення.

Нижче при визначенні ризику буде використовуватись перший і три методи із перелічених, які є найкращими, тому що накопичені статистичні дані носять безперечний характер, а імовірний аналіз і використання "дерев" можуть охоплювати всі явища.

Основою для вирішення поставлених таких задач є статистичні дані.

Приклад розрахунку.

Визначити ризик загибелі людини на підприємстві країни за рік, якщо відомо: щорічно гине біля $n = 8$ тис.чоловік при загальній кількості працюючих $N = 23$ млн.чоловік.

$$R = n / N = (8 \cdot 10^3) / (2,3 \cdot 10^7) = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ рік}^{-1}.$$

Величина ризику дорівнює $3,4 \cdot 10^{-4}$ смертельних наслідків на людину за рік, тобто на кожний мільйон працюючих припадає 340 травмованих. Це відповідає вибірці (групі) ризику загибелі, яка дорівнює 2941 чоловік, тобто одна людина із вибірки може загинути на протязі року.

Визначити ризик загибелі мешканця країни від різної небезпеки, включаючи транспортні випадки, суїцид (самогубства) та інше, якщо гине за рік біля 90 тис.людей, а всього мешканців 50 млн..

$$R = (9 \cdot 10^4) / (5,0 \cdot 10^7) = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ рік}^{-1}.$$

Величина ризику дорівнює $1,8 \cdot 10^{-3}$ смертельних наслідків на чоловіка в рік. При цьому вибірка дорівнює 555.

Визначити ризик загибелі мешканця горного селища від обвалів, якщо за статистичними даними за 50 років загинуло 10 мешканців із постійного числа мешканців в 300.

$$R = (10) / (300 \cdot 50) = 0,0006 = 6,6 \cdot 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$$

Величина ризику дорівнює $6,6 \cdot 10^{-4}$ смертельних наслідків на людину, яка мешкає в горах, за рік. При цьому вибірка відповідає 1515.

Визначити ризик загибелі мешканця горного селища від обвалів, якщо за статистичними даними за 50 років загинуло 10 мешканців із постійного числа мешканців 300. При цьому треба враховувати, що мешканець 40 г в тиждень працює в місті, на 4 тижня виїздить із селища на відпочинок, 2 тижня кожний рік проводить у відрядженнях (в році 52 тижня, число годин в тижні 168).

$$R = (10 \cdot (46 \cdot 128)) / (300 \cdot 50 \cdot (52 \cdot 168)) = (10 \cdot 6480) /$$

$$/ (300 \cdot 50 \cdot 8736) = (10 / (300 \cdot 50)) \cdot 0,74 = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ рік}^{-1}.$$

У зв'язку з тим, що тут імовірність присутності мешканця в небезпечному селищі знижується до $Q = 0,74$, величина ризику смертельного наслідку у порівнянні з попереднім випадком знижується і дорівнює $4,8 \cdot 10^{-4}$ на мешканця на рік, а вибірка підвищується до 2083.

Визначити ризик підприємницького травматизму в промисловості країни, якщо відомо: щорічно піддаються травмуванню біля 118 тис. людей, при цьому число працюючих дорівнює 23 млн.

$$R = (1,18 \cdot 10^5) / (2,3 \cdot 10^7) = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ рік}^{-1}.$$

Величина ризику травмування на підприємстві дорівнює $0,5 \cdot 10^{-2}$ травм на людину в рік при вибірці в 200 чоловік .

1.3 Завдання для самостійної роботи

Задача 1. Визначити ризик травмування та категорію умов професійної діяльності на підприємствах різних галузей промисловості, використовуючи статистичні дані за 2015 р. (табл. 1.2.).

Задача 2. Визначити ризик загибелі мешканця від зсувів, якщо він 40 годин в тиждень працює в іншому районі, виїздить у відрядження і на відпочинок. За 25 років загинуло 5 чоловік із загальної кількості мешканців 1 000 (табл. 1.3).

Таблиця 1.2. - Вихідні дані до задачі 1

№ варіанту	Галузі промисловості	Чисельність персоналу на об'єктах, тис. чол.	Всього травмовано за 2015 р., чол.
1	Видобування вугілля	300	2167
2	машинобудування	400	5670
3	торгівля	1000	300
4	Харчова промисловість	1600	342
5	Сільське господарство	469	67
6	Металургія	345	103
7	Будівництво	678	348
8	Чорна металургія	54	123
9	Нафтопереробка	78	185
10	Хімічна промисловість	234	543
11	Виробництво добрив	123	23
12	Деревообробка	57	120
13	Легка промисловість	156	43
14	Гідронергетика	8	27
15	Теплоенергетика	34	34
16	Атомна енергетика	15	10
17	Судноплавство	34	54
18	Транспорт	345	187
19	Виробництво будматеріалів	87	239
20	Виробництва паперу	65	340

Таблиця 13. – Вихідні дані до задачі 2

№ варіанту	Тривалість відрядження, тижнів	Тривалість відпустки, тижнів
1	5	2
2	7	1
3	1	2
4	2	3
5	3	4
6	4	2
7	5	4
8	6	2
9	8	3
10	5	3
11	4	3

2 ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

2.1 Загальні положення

Методичні рекомендації затверджені Наказом МОЗ № 184 від 13.04.2007 р., призначені для спеціалістів, які здійснюють оцінку рівня канцерогенного та не канцерогенного ризиків для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря на території населеного пункту, яке сформоване за рахунок промислових викидів, життєдіяльності населення та процесів трансформації.

Здоров'я людини визначається складною взаємодією цілого ряду факторів: спадковість, соціально-економічне та психологічне благополуччя, спосіб життя і наявність шкідливих звичок, умови життєдіяльності та якість навколишнього середовища. Є певні труднощі у визначенні точного внеску окремих факторів у обумовлені ними ефекти.

Оцінка ризику передбачає проведення чотирьох етапів:

- ідентифікацію небезпеки;
- оцінку експозиції (кількості хімічної речовини, яка доступна для адсорбції (дозою) на обмінних оболонках тіла (легені, шлунково-кишковий тракт, шкіра) протягом певної тривалості впливу);
- характеристики небезпеки (залежність доза-ефект);
- характеристику ризику.

Головним завданням ідентифікації є відбір хімічних речовин, вивчення їх дії на організм та визначення рівня ризику порушення стану здоров'я та джерела його виникнення. Вивчається особливості речовини, зокрема в умовах навколишнього середовища, його вплив на організм в залежності від шляху потрапляння у організм та можливого розвитку негативних ефектів (специфічних і неспецифічних).

Оцінка експозиції передбачає встановлення концентрації речовини, терміну дії і загальної тривалості впливу, а також оцінки чисельності популяції, яка знаходиться або вірогідно може знаходитись під впливом шкідливого чинника.

Ця оцінка ґрунтується на даних моніторингу, моделюванні розповсюдження сполук у навколишньому середовищі.

В якості підсумку виконання цього етапу оцінки ризику, як правило, слід розглядати розрахунок середньодобової дози (ADD) або надходження (I) Стандартне рівняння для розрахунку середньодобової дози або середньодобового надходження має такий вигляд:

$$ADD (I) = (C \times CR \times ED \times EF) / (BW \times AT \times 365) \quad (2.1)$$

де ADD – середньодобова доза (I – середньодобове надходження), мг/кг-доба;

C – концентрація речовини в атмосферному повітрі, мг/м³;

CR – швидкість надходження (об'єм щоденно повітря м³/день або кількість вжитої питної води л/доба і пр.);

ED – тривалість впливу, років;

EF – частота впливу, днів/рік;

BW – маса тіла людини, кг;

AT – період осереднення експозиції, років;

365 – число днів у році.

З урахуванням часу у та поза приміщенням:

$$ADD(I) = \frac{[(Ca \times Tout \times Vout) + (Ch \times Tin \times Vin)] \times ED \times EF}{(BW \times AT \times 365)} \quad (2.2)$$

де Ca – концентрація речовини у атмосферному повітрі, мг/м³;

Ch – концентрація речовини у повітрі приміщення, мг/м³;

Tout – час, що проводиться поза приміщенням, год/доба;

Tin – час, що проводиться у приміщенні, год/доба;

Vout – швидкість дихання поза приміщенням, м³/год;

Vin – швидкість дихання у приміщенні, м³/год.

Міжнародна методологія оцінки ризику передбачає, що:

- для не канцерогенних речовин та канцерогенів негенотоксичної дії передбачається наявність порогових рівнів, нижче від яких шкідливі ефекти не виникають;
- канцерогенні ефекти, обумовлені дією генотоксичних канцерогенних чинників, можливі за дії будь-якої дози, що викликає пошкодження генетичного матеріалу; для такого роду сполук відсутні порогові рівні.

Для характеристики ризику розвитку не канцерогенних ефектів найчастіше використовують два показники: максимальна недіюча доза і мінімальна доза, що викликає порогів ефект. Дані показники є основою для установлення рівнів мінімального ризику – референтних доз (RfD) і концентрацій (RfC). Кінцевими характеристиками оцінки експозиції на основі референтних доз і концентрацій є коефіцієнти (HQ) та індекси (HI) небезпеки. Якщо референтна доза не перевищена, то ніяких регулюючих втручань не потрібно.

Значення референтних доз/концентрацій деяких хімічних речовин, а також критичних органів та систем, на які вони впливають, наведено у додатку.

Для характеристики ризику розвитку не канцерогенних ефектів порівнюють фактичні рівні експозиції з безпечними (референтними) рівнями впливу та значеннями коефіцієнта небезпеки:

$$HQ = AD / RfD \quad \text{або} \quad HQ = AC / RfC \quad (2.3)$$

де: HQ – коефіцієнт безпеки;

AD – середня доза, мг/кг;

AC – середня концентрація, мг/м³.

Якщо відсутні референтні дози, як еквівалент можна використовувати гранично допустимі концентрації.

За інгалаційного надходження розрахунок коефіцієнта небезпеки можна здійснювати для *i*-ої речовини за формулою:

$$HQ_i = C_i / RfC \quad . \quad (2.4)$$

Критерії для характеристики коефіцієнта небезпеки наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. – Критерії неканцерогенного ризику

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	< 1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, не розглядається як досить прийнятна	1
Імовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ	> 1

Характеристику ризику розвитку не канцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку:

$$HI = \sum HQ_i \quad (2.5)$$

Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику CR здійснюють за формулою:

$$CR = LADD \cdot SF \quad , \quad (2.6)$$

де : LADD – середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції, мг/м³;

SF – фактор нахилу, (мг/кг · доба)⁻¹.

При застосуванні величини одиничного ризику розрахункова формула :

$$CR = LADC \cdot UR \quad , \quad (2.7)$$

де LADC – середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції, мг/м^3 ;

UR – одиничний ризик, $(\text{мг/м}^3)^{-1}$.

Одиничний ризик розраховують із використанням величини SF, стандартної величини маси тіла людини (70кг) та добового споживання повітря (20 м^3):

$$UR = SF / 70 \cdot 20.$$

Визначення популяційного ризику (PC R), який відображає кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного канцерогенного фактора:

$$PCR = CR \cdot POP, \quad (2.8)$$

де CR – індивідуальний канцерогенний ризик;

POP – чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактора, чол.

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох хімічних сполук розглядають як адитивний. При аналізі доцільно групувати досліджувані канцерогени з урахуванням виду та/або локалізації пухлин. У цьому випадку розрахунок сумарних канцерогенних ризиків здійснюють окремо для кожної групи (наприклад, для раку легень, пухлин печінки тощо).

Таким чином, за впливу декількох канцерогенів сумарний канцерогенний ризик з урахуванням шляху надходження (T) для i-ої речовини розраховують за формулою:

$$CR_T = \sum CR_i, \quad (2.9)$$

При оцінці ризиків для здоров'я, зумовлених впливом забруднювачів атмосферного повітря, необхідно орієнтуватись на систему критеріїв (табл.2.2.)

2.2 Оцінки ризику з використанням залежності "доза-ефект"

Дозо-залежна реакція організму зазвичай визначається експериментально на рівні достатньо високих, явно діючих доз, а оцінка реального рівня забруднення здійснюється методом екстраполяції. У той же час, знання про характер поведінки таких речовин на рівні малих доз часто є не результатом наукового доказу, а наслідком прийняття тієї чи іншої науково-теоретичної концепції. За думкою ряду авторів, задача опису всього різноманіття та складності процесів, що протікають в організмі, може бути вирішена на основі фундаментальних закономірностей, яким підпорядковуються біологічні системи.

Таблиця 2.2. – Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий - не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$> 10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов, за умов впливу на населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих внаслідок шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управлінням ризиком	$10^{-3}-10^{-4}$
Низький – припустимий ризик (рівень, на якому як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4}-10^{-6}$
Мінімальний – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$< 10^{-6}$

За відносно тривалій дії токсичної речовини у стабільних рівневих умовах залежність "доза-час-ефект" виражається таким рівнянням []:

$$E = E_m - \exp [-k^n \lambda C^n (t_{\text{заг}} - t_{\text{рівн}})], \quad (2.10)$$

де E - токсичний ефект при даній концентрації і даному часі впливу;

E_m - максимальний ефект;

n - стехіометричний коефіцієнт біологічної реакції;

k - константа швидкості лімітуючої реакції;

$t_{\text{заг}}$ – загальний час впливу ксенобіотики;

$t_{\text{рівн.}}$ - час установаження рівновваги між концентраціями ксенобіотику у зовнішньому середовищі і в організмі;

λ - коефіцієнт розподілу організм/дочеїлля;

C - концентрація токсичної речовини у довкіллі.

Це рівняння застосовується для речовин загально токсичної дії. Для хімічних речовин, що характеризуються вибірковою токсичністю, необхідно ввести в експоненціальний множник додатковий коефіцієнт, що враховує цю специфічність.

Для практичного застосування системи оцінки ризику користуються більш простими формулами, основними з яких є:

1) лінійна або лінійно-експоненціальна моделі:

$$Risk = UR \times C \times t \quad (2.11)$$

$$Risk = 1 - \exp(-UR \times C \times t) \quad (2.12)$$

де **Risk** - ризик виникнення несприятливого ефекту, що визначається як імовірність виникнення цього ефекту при заданих умовах;

C - фактична концентрація (або доза) речовини, що здійснює вплив за час **t**;

UR - одиниця ризику, що визначається як фактор пропорції зростання ризику в залежності від величини діючої концентрації (дозы). Як правило визначається експертними методами при статистичному аналізі експериментального або медико-статистичного матеріалу, отриманого у аналогічних ситуаціях.

Приклад розрахунку

Завдання : Визначити канцерогенний ризик при вмісті хлороформу у питній воді на рівні 1 мг/л. Ризик розраховується за умов щоденного споживання даної води на протязі всього життя людини. На цей же строк визначений норматив для розрахунку ризику. Середня кількість щоденно спожитої всередині води приймемо як 3 л, середня вага людини - 70 кг. Таким чином, щоденно в цих умовах людина споживає з питною водою хлороформ у дозі (Lifetime daily average dose - ADD):

$$ADD = 3 \text{ л} \times 1 \text{ мг/л} / 70 \text{ кг} = 0,043 \text{ мг/кг}$$

Величина ризику дорівнює, при використанні лінійної моделі:

$$Risk = 0.031 \times 0.043 = 0.00133$$

При використанні експоненційної моделі значення аналогічно:

$$Risk = 1 - \exp(-0.031 \times 0.043) = 0.00133$$

Це рівноцінно 1330 додатковим випадкам захворювань раком на мільон чоловік, які постійно споживають таку воду.

Завдання : Визначити канцерогенний ризик, пов'язаний з забрудненням миш'яком атмосферного повітря (0,0001 мг/м³) та питної води (0,5 мг/дм³). У відповідності до підходу визначимо дозу миш'яку, поглинену із повітря (ADDa): вага людини (BW)- 70 кг, середній об'єм щоденно вдихаємого повітря (DAV) - 22 м³, концентрація миш'яку у повітрі (**C**)- 0,0001 мг/м³.

$$ADDa = C \times DAV / BW = 0.0001 \times 22 / 70 = 0.0000314 \text{ мг/кг} \quad (2.13)$$

Визначити дозу миш'яку, що поглинається з питною водою (ADD_d) – вага людини (BW)- 70 кг, середній об'єм щоденно спожитої води (DW) - 3 л, концентрація миш'яку у воді (C)- 0,5 мг/дм³.

$$ADD_d = DW \times C / BW = 3 \text{ л} \times 0,5 \text{ мг/л} / 70 \text{ кг} = 0,0214 \text{ мг/кг}$$

Визначити сумарний ризик (CR_T) величину канцерогеного ризику при інгаляційному (CR_A) і пероральному (CR_W) шляхах надходження:

$$CR_T = CR_A + CR_W = 0.0000314 \times 12 + 0.0214 \times 1.5 = 0.000377 + 0.0321 = 0.0325$$

Це рівноцінно 32500 додатковим випадкам захворювань раком на мільон чоловік.

Аналогічно здійснюється розрахунок і для комбінованої дії речовин (коли різні речовини надходять з одного й того ж об'єкту середовища).

Завдання: розрахувати не канцерогенний ризик, пов'язаний із забрудненням атмосферного повітря діоксином азоту.

Характеристику ризику розвитку не канцерогенних ефектів за впливу діоксину азоту концентрації 0,099 мг/м³ в атмосферному повітрі здійснюється шляхом розрахунку коефіцієнта небезпеки:

$$HQ_i = C_i / RfC = 0,099 / 0,04 = 2,472.$$

Отже, не канцерогенний ризик для здоров'я населення за впливу діоксину азоту зазначеної концентрації не можна вважати допустимим, оскільки існує імовірність виникнення шкідливих ефектів у населення (зокрема, на органи дихання).

2.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити ризик, пов'язаний з забрудненням атмосферного повітря та питної води, використавши вихідну інформацію (табл.2.3) .

Таблиця 2.3. - Рекомендовані значення факторів ризику

Фактор експозиції	Величина
Маса тіла, кг	
Середній дорослий	60
Дорослий чоловік	70
Доросла жінка	58
Середня величина	64
Рекомендована ВООЗ	60
Площа поверхні тіла, см²	
Дорослий чоловік	18000
Доросла жінка	16000
Об'єм дихання, л/8 годин	
Дорослий чоловік	3600
Доросла жінка	2900
Дитина (10 років)	2300
Інгаляція за добу, м³	
Дорослий чоловік	23
Доросла жінка	21
Дитина (10 років)	15
Швидкість інгаляції, м³/доба	
Дорослий чоловік	15,2
Доросла жінка	11,2
Дитина (1- 12 років)	8,7
Дитина (до 1 року)	4,5
Час,що проводиться у приміщенні , год/доба	
Діти 3-11 років(будні дні)	19
(вихідні)	17
Дорослі (будні дні)	21
(вихідні)	16,4
Час,що проводиться поза приміщенням , год/доба	
Діти 3-11 років(будні дні)	5
(вихідні)	7
Дорослі (будні дні)	1,5
(вихідні)	2

Таблиця 2.4. - Референтні концентрації за хронічного інгалаційного впливу

Речовина	RfC , мг/дм ³	Критичні органи/системи
Азоту діоксид	0,04	Органи дихання
Азотна кислота	0,04	Органи дихання
Акролеїн	0,00002	Органи дихання
Алюміній	0,005	ЦНС, Органи та сполуки дихання
Аміак	0,1	Органи дихання
Анілін	0,001	Селезінка, кров
Ацетальдегід	0,009	Органи дихання
Ацетон	30	Печінка, нирк, ЦНС
Ацетонфенон	0,00002	ЦНС, органи дихання
Бензол	0,06	Розвиток, кров, ЦНС
Завислі частинки (PM 10)	0,05	Органи дихання
Завислі частинки (PM 2,5)	0,015	Органи дихання
Етанол	100	Органи дихання, ЦНС
Марганець та сполуки	0,00005	ЦНС
Свинець	0,00015	ЦНС, розвиток, кров
Сірки діоксид	0,08	Органи дихання
сірковуглець	0,7	ЦНС, розвиток
Стирол	1	ЦНС
Фенол	0,006	Серцево-суд. Система, нирки, ЦНС, печінка
Формальдегід	0,003	Органи дихання

Таблиця 2.5. - Фактори канцерогенного потенціалу

Речовина	SF, (мг/кг · доба) ⁻¹ .
Бенз(а)пірен	3,1
Бензол	0,027
Миш'як	12
Миш'як (пероральний шлях)	1,5
Свинець	0,042
Формальдегід	0,046
Хлороформ	0,081
Хлороформ (у воді)	0,031

Таблиця 2.6. - Вихідні дані

Варіант	Речовина у атмосферному повітрі			
	Речовина	Концентрація, мг/м ³	клас небезпеки	ГДК, мг/м ³
1	хлороформ	0,1	II	0,081
2	формальдегід	0,89	II	0,046
3	фурацилін	15,0	II	9,4
4	синець	0,11	II	0,042
5	миш'як	17,5	II	15,0
6	акриламід	5,6	II	4,5
7	анілін	0,054	II	0,0057
8	ацетамід	0,1	II	0,07
9	бенз(а)пірен	4,2	I	3,1
10	бензол	0,074	II	0,027
11	хлороформ	0,95	II	0,081
12	формальдегід	0,69	II	0,046
13	фурацилін	11,0	II	9,4
14	синець	0,091	II	0,042
15	миш'як	13,5	II	15,0
16	акриламід	7,6	II	4,5
17	анілін	0,043	II	0,0057
18	ацетамід	0,09	II	0,07
19	бенз(а)пірен	5,2	I	3,1
20	бензол	0,069	II	0,027

Таблиця 2.7. - Вихідні дані

Варіант	Речовина у воді	Концентрація, мг/дм ³	Безпечний рівень впливу, мг/дм ³	Клас небезпеки
1	Цинк	5,07	1,0	III
2	Залізо	1,12	0,3	III
3	Кадмій	0,024	0,001	II
4	Кремній	24,0	10,0	III
5	Аміак (за азотом)	10,5	2,00	IV
6	Мідь	2,54	1,00	III
7	Ацетон	3,5	2,2	IV
8	Кобальт	0,58	0,10	II
9	Бензол	1,24	0,5	II
10	Етиленгліколь	5,04	1,00	III
11	Марганець	0,87	0,1	III
15	Натрій	315	200	II
16	Фенол	0,25	0,001	II

3 ОЦІНКА РИЗИКУ, ЗАСНОВАНА НА ПРИНЦИПАХ ГІГІЄНИЧНОГО РЕГЛАМЕНТУВАННЯ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ ДОВКІЛЛЯ

3.1 Загальні положення

Даний підхід розроблений проф. С.М.Новіковим (НП ЕЧ і ДОС ім. Сисіна, , Росія).

Методика заснована на таких вхідних положеннях:

- небезпека для здоров'я, обумовлена перевищенням ГДК с.д. (середньодобових), може бути оцінена на основі аналізу залежності ризику та тяжкості ефектів від рівнів впливу у всьому діапазоні ефективних концентрацій: від смертельних до порогових або максимальних недіючих. Мірою умовного ризику (R) є деяка функція від імовірності появи ефекту певного ступеня важкості;
- небезпека для здоров'я, що викликана впливом і-ої забруднювальної речовини, має степінну (логарифмічну) залежність від рівнів впливу або ступеня перевищення ГДК с.д. :

$$R_i = b \lg(C_i / \text{ПДК с.д.}) \quad (3.1)$$

або

$$R_i = a + b \lg(C_i), \quad (3.2)$$

де C_i -фактична концентрація і-го забруднювача,

$a = -\lg(\text{ПДК с.с.})$,

b – показник кута нахилу залежності "концентрація-умовний ризик", інтегрально характеризує небезпеку, що пов'язана з перевищенням концентрацією ГДК.

■ Ступінь зростання небезпеки за підвищення ГДК с.д. визначається кутом нахилу залежності ризику від рівнів впливу (тобто величиною b).

■ Небезпека для здоров'я, обумовлена перевищенням ГДК, не залежить від існуючих класів небезпеки і повинна оцінюватись з урахуванням індивідуальних характеристик кожної речовини.

■ Зі збільшенням тривалості дії ризик й тяжкість ефектів або збільшується, або залишаються на рівні, що спостерігався при вихідному часі експозиції даної концентрації.

За 0-й рівень відносного ризику ($R = 0$) були прийняті ефекти дії хімічної речовини у концентрації, яка не перевищує ГДК с.д. Ефект впливу концентрації, що відповідає порогу хронічної дії при круглодобовій інгаляції, був прийнятий равним 1/5. Вплив концентрації на рівні ГДК р.з. (робочої зони) відповідало ефекту, що дорівнює 2.5 умовних одиниць. Рівні впливу, близькі до середньосмертельним концентраціям або аварійним нормативам для повітря робочої зони (Immediately Dangerous to

Life and Health Values - IDLH), відповідали 1. Для стандартизації інших параметрів токсикометрії була використана побудована по вищеприведеним точкам залежність "концентрація – умовний ризик (ефект)".

При будуванні графіків у координатах: $Ri - \lg (Ci / ГДК \text{ с.д.})$ для найбільш пріоритетних забруднювачів атмосферного повітря, практично у всіх випадках були отримані лінійні залежності ризику від логарифму відношення концентрації до ГДК.

При трактовці отриманих величин індексу ризику використовують таку рангову шкалою:

Тяжкість ефектів	Ri
Смертельні ефекти	1.0 – 0.9
Тяжкі гострі ефекти	0.8 – 0.6
Порогові гострі ефекти	0.6 – 0.5
Тяжкі хронічні ефекти	0.5 – 0.2
Порогові хронічні ефекти	0.2 – 0.1
Реакції суперчутливих підгруп	0.1 – 0.3
Рівні мінімального ризику	0 – 0.05

При нормуванні допустимого вмісту шкідливих домішок, що мають рефлекторним ефектом, для атмосферного повітря обґрунтовується ГДК м.р, що слугує для попередження розвитку немедленних токсичних ефектів. ГДК м.р визначається як :

$$ПДК_{м.р} = ЕС_{.16} / K_3 \quad (3.3)$$

де $ЕС_{.16}$ - концентрація речовини, принята в якості порогової при однократном впливі, що викликає токсичний (рефлекторний, подразнюючий і др.) ефект з імовірністю 16%;

K_3 - коефіцієнт запасу, що визначається у відповідності до кута нахилу графіка залежності "концентрація-ефект", який на логарифмічно-пробитної сітці апроксимується прямою.

Значення K_3 і tg кута нахилу графіка слугують основанням для віднесення розглядаємої речовини до одного з чотирьох класів небезпеки. В таблиці 3.1 представлені величини указаних параметрів у відповідності з класом небезпеки .

Таблиця 3.1. - K_3 , кут нахилу графіка залежності "концентрація-ефект" ($\angle\alpha$) при віднесенні речовини до різних класів небезпеки

Клас небезпеки	K_3	$\angle\alpha$, градуси
1	5,0	від 71 і вище
2	4,0	від 62 і вище
3	2,3	від 43 і вище
4	1,5	до 43

Для математичного опису залежності "концентрація-ефект" прийняття модель індивідуальних порогів, що для зручності практичного використання може бути розбита на дві формули []. Перша з них описує цю залежність у вигляді прямої за умов, що концентрація виражається у десятичних логарифмах, а імовірність несприятливого ефекту (ризик) у "пробітах" (Prob), тобто у вигляді нормально-імовірнісної шкали [13]. Відповідність "пробитів" і імовірності ефекту показано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. - Таблиця нормально-імовірнісного розподілу

Prob	Risk	Prob	Risk
-3.0	0.001	0.1	0.540
-2.5	0.006	0.2	0.579
-2.0	0.023	0.3	0.618
-1.9	0.029	0.4	0.655
-1.8	0.036	0.5	0.692
-1.7	0.045	0.6	0.726
-1.6	0.055	0.7	0.758
-1.5	0.067	0.8	0.788
-1.4	0.081	0.9	0.816
-1.3	0.097	1.0	0.841
-1.2	0.115	1.1	0.864
-1.1	0.136	1.2	0.885
-1.0	0.157	1.3	0.903
-0.9	0.184	1.4	0.919
-0.8	0.212	1.5	0.933
-0.7	0.242	1.6	0.945
-0.6	0.274	1.7	0.955
-0.5	0.309	1.8	0.964
-0.4	0.345	1.9	0.971
-0.3	0.382	2.0	0.977
-0.2	0.421	2.5	0.994
-0.1	0.460	3.0	0.999
0.0	0.50		

Як відомо, математично графік, що апроксимується прямою, описується рівнянням загального вигляду:

$$Y = a + b \times X \quad (3.4)$$

Для конкретизації цього рівняння, применительно до нормативів атмосферного повітря слід прийняти до уваги, що коефіцієнт b - це тангенс кута нахилу графіка залежності "концентрація-ефект"[8], а коефіцієнт a - це логарифм концентрації з ефектом дії 0 % - ЕС.о, що відповідно може бути визначений як

$$\lg EC_{.0} = (tg(\alpha) * \lg K_3) - 1 \quad (3.5)$$

Можливо застосувати таких формул для прогнозування ризику виникнення рефлекторних ефектів при забрудненні атмосферного повітря:

$$1 \text{ клас} \quad Prob = -9.15 + 11.66 * \lg (C/ГДК_{м.р}) \quad (3.6)$$

$$2 \text{ клас} \quad Prob = -5.51 + 7.49 * \lg (C/ГДК_{м.р}) \quad (3.7)$$

$$3 \text{ клас} \quad Prob = -2.35 + 3.73 * \lg (C/ГДК_{м.р}) \quad (3.8)$$

$$4 \text{ клас} \quad Prob = -1.41 + 2.33 * \lg (C/ГДК_{м.р}) \quad (3.9)$$

Приклад розрахунку

Завдання: Визначити імовірність виникнення рефлекторних реакцій при концентрації сірководня у повітрі - 0.028 мг/м³. Сірководень належить до другого класу небезпеки, ГДК м.р. - 0.008 мг/м³.

$$Prob = -5.51 + 7.49 \times \lg(0.028/0.008) = -1,435$$

Отримане значення Prob знаходиться в межах між -1.5 -- -1.4, що відповідає імовірності 0,075. Таким чином, при виявленні у повітрі сірководню у концентрації 0,028 мг/м³, 75 чоловік із 1000, що знаходяться у зоні впливу, відчують запах, що і є метою оцінки ризику в даному випадку.

Аналогічні підходи можливі до застосування й при оцінці якості питної води, на випадок присутності речовин, нормованих за органолептичному впливу. Вплив хімічних речовин на органолептичні властивості води може проявитися в зміні її запаху, присмаку і кольоровості, а також в утворенні поверхневої плівки або піни. Зміна балу, як правило, обумовлена зміною концентрації речовин, що визначають запах або присмак, в 1.5 - 2.5 (в середньому 2) рази. З урахуванням цього автором, було обґрунтовано таке рівняння розрахунку ризику розвитку несприятливих органолептичних ефектів :

$$Prob = -2 + 3.32 * \lg(Концентрація/норматив) \quad (3.10)$$

У ряді випадків, цей ризик допомагає оцінити потребу додаткових ресурсів питної води при "залповому" забрудненні джерела домішками, що надають воді неприємного запаху або присмаку. Так, наприклад, норматив фенолу у питній воді складає $0,001 \text{ мг/дм}^3$, при короточасному збільшенні його концентрації до $0,003 \text{ мг/дм}^3$, ризик з'явлення запаху дорівнюватиме:

$$Prob = -2 + 3.32 \times \lg(0.003/0.001) = -0,416,$$

Що відповідає ризику **0,34**.

При такому забрудненні питної води приблизно 34% населення будуть сприймати цю воду як несприятливою за органолептичним властивостям і в першу чергу потребують альтернативних джерел.

3.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити ризик, пов'язаний з забрудненням атмосферного повітря та питної води, використавши вихідну інформацію (табл.3.3).

Таблиця 3.3. – Вихідні дані

Варіант	Речовина у атмосферному повітрі				Речовина у питній воді			
	Речовина	Концентрація, мг/м ³	клас небезпеки	ГДК, мг/м ³	Речовина	Концентрація, мг/дм ³	клас небезпеки	ГДК, мг/дм ³
1	хлороформ	0,1	II	0,081	цинк	1,6	III	1,0
2	формальдегід	0,89	II	0,046	залізо	1,5	III	0,3
3	фурацилін	15,0	II	9,4	кадмій	0,010	II	0,001
4	синець	0,11	II	0,042	кремній	23,0	III	10,0
5	миш'як	17,5	II	15,0	аміак	5,2	IV	2,0
6	акриламід	5,6	II	4,5	мідь	2,4	III	1,0
7	анілін	0,054	II	0,0057	ацетон	5,2	IV	2,2
8	ацетамід	0,1	II	0,07	бензол	1,4	II	0,5
9	бенз(а)пірен	4,2	I	3,1	марганець	1,5	III	0,1
10	бензол	0,074	II	0,027	фенол	0,01	II	0,001
11	хлороформ	0,95	II	0,081	цинк	3,6	III	1,0
12	формальдегід	0,69	II	0,046	залізо	0,5	III	0,3
13	фурацилін	11,0	II	9,4	кадмій	0,016	II	0,001
14	синець	0,091	II	0,042	кремній	21,2	III	10,0
15	миш'як	13,5	II	15,0	аміак	4,2	IV	2,0
16	акриламід	7,6	II	4,5	мідь	3,4	III	1,0
17	анілін	0,043	II	0,0057	ацетон	7,2	IV	2,2
18	ацетамід	0,09	II	0,07	бензол	2,4	II	0,5
19	бенз(а)пірен	5,2	I	3,1	марганець	2,5	III	0,1
20	бензол	0,069	II	0,027	фенол	0,07	II	0,001

4 ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ РИЗИКУ СКОРОЧЕННЯ ЖИТТЯ ВІД ВПЛИВУ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

4.1 Загальна положення

Радіаційне забруднення місцевості негативно впливає на здоров'я людей, які на ній мешкають.

Міжнародна комісія по радіаційному захисту (МКРЗ) на основі вивчення існуючих наукових даних припускає, що при отриманні людиною рівня дози вище нормативного опромінення в 1 бер скорочення тривалості його життя може складати 5 діб із 25000, які в середньому живе людина. Ця доза обумовлена зовнішнім та внутрішнім опроміненням.

Скорочення тривалості життя при рівному ступені забруднення території радіонуклідами визначається у такій послідовності:

а) спершу розраховується доза опромінення за все життя після утворення забруднення за формулою, яка рекомендується науковою службою ООН:

$$D = K \cdot p \quad \text{Кі/км}^2, \quad (4.1)$$

де K – коефіцієнт, величина якого залежить від типу ґрунтів, переважних у регіоні проживання; він змінюється у межах від 0,2 до 0,8; для піщаних ґрунтів K дорівнює 0,8; для чорноземів – 0,2, тому що в цих ґрунтах міграція радіонуклідів з ґрунту в рослинні та в м'ясопродукти живлення населення уповільнена;
 p – щільність забруднення місцевості радіонуклідами, Кі/км^2 .

б) далі визначається середня втрата часу життя (СВЖ), яка пов'язана з дозою опромінення за формулою

$$СВЖ = 5 D, \quad (4.2)$$

$$R = СВЖ / 25000, \quad (4.3)$$

де 25000 – умовно розрахункова тривалість життя, діб.
 Для територіального ризику прийнятним є значення 10^{-7} .

Приклад розрахунку

Визначити СВЖ і величину ризику скорочення життя при щільності забруднення 50 Кі/км^2 і коефіцієнті типу ґрунту 0,6. Розраховуємо за вищеописаною послідовністю:

$$D = 0,6 \cdot 50 = 30 \text{ бер};$$

$$СВЖ = 5 \cdot 30 = 150 \text{ діб};$$

$$R = 150 / 25000 = 0,006 = 6 \cdot 10^{-3}.$$

У відповідності до значення прийнятного ризику умови перебування на території забрудненої радіонуклідами можна характеризувати як небезпечні.

Величина ризику дорівнює $6 \cdot 10^{-3}$. Вибірка в данному випадку набуває значення часового періоду (числа днів), із якого вибірка дорівнює величині:

$$1/R = 1 / 0,006 = 167 \text{ діб}.$$

Отримане значення ризику співвідносно з ризиком від таких факторів ризику життя, як транспорт і особливо паління. Так, випалення 20 сигарет за день відповідає шкоді від хронічного опромінення в 500 бер за життя.

4.1 Завдання для самостійної роботи

Задача 1. Визначити СВЖ, R й виборки для варіантів, які представлені у таблиці 3.1.1.

Задача 2. Визначити ризик і середню втрату часу життя для зон радіаційного зараження внаслідок аварії на ЧАЕС.

Таблиця 4.1. – Вихідні дані

Номер варіанту	Початкова щільність забруднення, ρ , Ки/км^2	Коефіцієнт типу ґрунтів, К	Номер варіанту	Початкова щільність забруднення, ρ , Ки/км^2	Коефіцієнт типу ґрунтів, К
1	5	0,20	13	5	0,82
2	10	0,25	14	12	0,70
3	15	0,30	15	19	0,68
4	20	0,35	16	22	0,61
5	25	0,40	17	28	0,56
6	30	0,45	18	32	0,52
7	35	0,50	19	38	0,48
8	40	0,55	20	42	0,42
9	45	0,60	21	49	0,37
10	50	0,65	22	52	0,31
11	55	0,70	23	58	0,36
12	60	0,80	24	62	0,22

5 ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ РИЗИКУ ЗАХВОРЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЮ ВІБРАЦІЙНОЮ ХВОРОБОЮ

5.1 Загальні положення

Професійні хвороби - захворювання, що виникають в результаті впливу на організм професійних шкідливостей.

Клінічна специфічність професійних хвороб завжди відносна, лише деякі з них характеризуються особливим симптомокомплексом, обумовленим властивим цим хворобам рентгенологічними, функціональними, гематологічними, біохімічними та імунологічними змінами. Тому надзвичайно важливі відомості про умови праці хворого, тому що тільки вони дозволяють установити приналежність виявлених змін у стані здоров'я до категорії професійних уражень.

Виділюють **п'ять груп професійних хвороб**:

До I групи належать хвороби, *викликані впливом хімічних факторів*: гострі і хронічні інтоксикації й їх наслідки, що перебігають з ізольованим або сполученим ураженням різних органів і систем: хвороби шкіри (контактний дерматит, фотодерматит, меланодермія, фоликуліти): литейна лихоманка, фторопластова (тефлонова) лихоманка.

До II групи належать хвороби, *пов'язані з впливом пилового фактору*: пневмоконіози — сілікоз, сілікатози, металоконоізи, карбоконоізи, пневмоконіози від змішаних пилей; хвороби бронхолегеневої системи, викликані органічними пилями (біосиноз, багассоз і ін.); хронічний пиловий бронхіт.

В III групу включені хвороби, *викликані впливом фізичних факторів*: (вібраційна хвороба; захворювання, що розвиваються в результаті контактного впливу ультразвуку, — вегетативний поліневрит, ангіоневроз рук; зниження слуха по типу кохлеарного невриту; захворювання, пов'язані з дією електромагнітних опромінь та розсіяного лазерного випромінювання; місцеве пошкодження тканин лазерним випроміненням — опіки шкіри, ураження очей; катаракта; тощо; захворювання, пов'язані із зміненням атмосферного тиску, — декомпресійна хвороба, гостра гіпоксія; захворювання та патологічні стани, що виникають за несприятливих метеорологічних умов, — тепловий удар, вегетативно-сенситивний поліневрит.

До IV групи належить захворювання, *що виникають в результаті перенапруження*: захворювання периферичних нервів і м'язів — рецидивуючі невралгії, неврити, радикулоневрити, вегетативно-сенситивні поліневрити, шейно-грудинні радикуліти, захворювання опорно-рухового апарату — хронічні тендовагініти, артрози.

До V групи об'єднані захворювання, *що виникають під дією біологічних факторів*: інфекційні та паразитарні — туберкульоз,

бруцельоз, сеп, сибірська виразка, кандидамікоз шкіри і слизових оболонок.

Розрізняють форми: гостру та хронічну. Гостре професійне захворювання (інтоксикація) виникає раптово, після однократного (впродовж не більше ніж одної робочої зміни) дії відносно високих концентрацій хімічних речовин, що існують у повітрі робочої зони, а також рівнів і доз інших несприятливих факторів.

Хронічні професійні захворювання розвиваються в результаті тривалого систематичного впливу на організм шкідливих факторів. Особливістю хронічних захворювань є поступове наростання симптомів хвороби.

До профілактики професійних хвороб велика роль належить гігієнічному нормуванню професійної шкоди, а також попереднім (при поступленні на роботу) і періодичним медоглядам осіб, що піддаються їх впливу. Законодавчі акти і інші документи (наказ, що регламентує частоту обстежень людей, що працюють в умовах шкідливих факторів, об'єм лабораторних і інструментальних досліджень, необхідні консультації, профілактичні курси лікування).

Санітарно-технічні заходи – вони спрямовані на зниження дії шкідливих факторів на колектив – запровадження науково-технічного прогресу (роботи-техніки, дистанційне керування, колективні і індивідуальні заходи профілактики – це одяг, респіратори, окуляри, додаткове харчування і інше).

Використання **біологічних методів** для підвищення стійкості організму (загартовування, вітамінізація, лікувальна фізкультура, санітарно-курортне лікування).

Факт визнання професійного захворювання страховим випадком, встановлюється при **послідовній експертизі обставин**, умов і причин, що викликало професійне захворювання.

В процесі розслідування комісія опитує співробітників робітника, осіб, що допустили порушення санітарно - епідеміологічних правил, отримує необхідну інформацію від роботодавця і хворого.

Якщо встановлено, що груба необережність застрахованого спричинила виникнення або збільшення шкоди, то з урахуванням заключення профспілкового або іншого уповноваженого застрахованим представницького органу комісія встановлює ступінь вини застрахованого (у відсотках). З урахуванням висновку комісії страхові виплати можуть бути взагалі скасовані, збільшені або зменшені.

Одним із захворювань, яке може отримати працівник – це вібраційна хвороба.

У випадку систематичного контакту людини протягом 8-10 років з віброуючими поверхнями у нього, як правило виявляються підвищена

стомлюваність, зниження продуктивності і якості праці, які свідчать про розвиток професійного захворювання, яке називають *в і б р а ц і й н о ю х в о р о б о ю* (яка зараз займає значне місце в структурі професійної патології). Це перш за все стосується робітників вугільно-рудних та машинобудівних підприємств: шахтарів, формовщиків, обрубщиків лиття, слюсарів механозбірних робіт, клепальників, операторів пресового та іншого віброактивного обладнання.

Промислова вібрація – шкідливе явище також по відношенню до її джерел – самих машин, тому що вона інтенсифікує зношування, знижує надійність та довговічність, підвищує рівень випромінюваного шуму. Розповсюджуючись по конструкціях й ґрунту, вібрація впливає на інші об'єкти, викликає руйнування будівних конструкцій.

При розгляданні специфіки впливу вібрації на організм людини потрібно враховувати, що коливальні процеси мають місце в організмах багатьох тварин і людини. В основі серцевої діяльності, кровообігу, біотоків мозоку лежать ритмічні коливання. Внутрішні органи людини, таким чином, можна розглядати як коливальні системи з пружними зв'язками.

Перший опис клініки професійного захворювання, яке викликане вібрацією, було зроблено ще у 1911 р. при спостереженні синдрому "мертвих пальців" у каменетесів, які використовували пневматичний отбійний молоток.

Широкі дослідження промислової вібрації дозволили встановити, що її поява пов'язана з подразненням периферичних нервових закінчень (розташованих на ділянках тіла людини, які сприймають зовнішні коливання). Адекватним фізичним критерієм оцінки впливу на організм людини є коливальна енергія, яка виникає на поверхні контакту. А також енергія, вібрана (засвоєна) тканинами тіла й передана опорно- руховому апарату та іншим органам і системам. Причому, другий процес має акумулятивний (накопичувальний) характер і аналогічний накопиченню дози радіаційного опромінення.

В результаті впливу вібрації виникають нервово-судинні розлади, ураження кістково-суглобної та інших систем людини. Крім цього, вібрація є потужним стрес-фактором, який викликає негативний вплив на психомоторну працездатність, емоційну сферу й розумову діяльність людини, підвищує імовірність виникнення різних захворювань та небезпечних випадків.

Представлений комплекс патологічних відхилень, які викликані впливом вібрації на організм людини, і був названий *вібраційною хворобою*. Таким чином, термін "вібраційна хвороба" узагальнює ряд захворювань (спондильоз, остеохондроз та ін.), до яких може приводити тривалий вплив підвищених рівнів вібрації на організм людини. Вібраційна хвороба має дві форми: периферичну – виникаючу від впливу

на руки; і церебральну – від переважного впливу на весь організм людини (локальна і загальна). Розрізняють три стадії хвороби: початкова (І стадія), помірно виражена (ІІ стадія) і виражена (ІІІ стадія). Така класифікаційна симптоматика полегшує своєчасну оцінку імовірних негативних наслідків, які визначаються умовами праці, визначення ризику захворювання вібраційною хворобою, а у деяких випадках – і попередження її, або надійний віброзахист на робочих місцях.

Індивідуальний ризик може бути обумовлений як окремими стохастичними подіями (істинні нещасливі випадки, події), так і тривалою кумулятивною дією джерела небезпеки або шкоди.

При розробці методів запобігання цієї хвороби було встановлено значення фонового (природного) віброприскорення, характерного для організму людини яке визначається, наприклад, ходою людини. Спеціальні дослідження показали, що $a_{\text{ф}} \sim 0,3 \text{ м/с}^2$.

Можна вважати, що віброприскорення, на фоновому рівні як і багато інших фонових (природних) проявів організмів і природного навколишнього середовища, безпечно для людини, тому що при його впливі неможливо виділити захворювання, обумовлені цією зовнішньою вібрацією.

Розглядаючи методи запобігання вібраційній хворобі, необхідно враховувати кумулятивність дії вібрації на організм людини, аналогічну дії іонізуючого випромінювання.

Для визначення величини ризику захворювання вібраційною хворобою проводились тривалі дослідження в умовах підприємства.

Так, на протязі 25 років спостерігалась група робітників із 40 чол. Кожний з них щоденно впродовж 4-х часів працював з одним і тим же типом інструменту, який передає локальну вібрацію на руки. При цьому робота інструменту характеризувалась віброприскоренням у діапазоні від 1 до 100 м/с^2 . Було поставлено завдання: визначити, через який час проявляться симптоми васкулярних порушень вібраційної хвороби (в залежності від величини віброприскорення, генеруемого інструментом).

Ці порушення за часом фіксувались у 10% кількості робітників і далі - у послідовності: 20, 30, 40, 50 %. Це дозволило інтерпретувати імовірність захворювання (Q) груп робітників (за певного віброприскорення) як таку, що дорівнює 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5. Результати наведені у таблиці 4.1.

Отримані дані дозволяють визначити величину ризику захворювання вібраційною хворобою на основі співвідношення:

$$R = Q / \tau, 1 / \text{год}, \quad (5.1)$$

де Q – імовірність захворювання;

τ - час дії (експозиції) вібрації, по закінченні якого проявляють-

ся ознаки вібраційної хвороби (тобто час виникнення захворювання).

Таблиця 5.1. – Залежність часу виникнення вібраційної хвороби від величини віброприскорення

Віброприскорення, м/с ²	Кількість працюючих, у яких виявились васкулярні порушення, %				
	10	20	30	40	50
	Час експозиції (в роках) до появи васкулярних порушень				
1	32,5	48,5	59,9	69,7	78,7
2	15,4	23,0	28,4	33,2	37,5
5	5,8	8,6	10,7	12,4	14,1
10	2,7	4,1	5,1	5,9	6,7
20	1,3	2,0	2,4	2,8	3,2
50	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2
100	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

На основі отриманих даних ризик захворювання можна апроксимувати формулою:

$$R = 0,01a_{\text{лок}} \cdot Q^{0,5}, \quad (5.2)$$

де $a_{\text{лок}}$ – значення віброприскорення локальної вібрації, м / с².

Встановлено співвідношення впливів на організм людини між локальною і загальною вібраціями, яке дорівнює $a_{\text{лок}} = 8 a_{\text{заг}}$, що дозволяє оцінювати ризик в умовах як локальної, так і загальної вібрації.

Таким чином, є кількісний зв'язок між ($a_{\text{лок}}$ і $a_{\text{заг}}$), τ , Q , R виражений двома рівняннями. Виходячи з цього, значення кожної з величин може бути аналітично визначено, якщо відомі значення двох з них. Це дозволяє отримати відповідь на питання: який ризик захворювання в певних умовах на робочому місці (віброприскорення зовнішнього джерела вібрації, час його дії).

Приклад розрахунку

Завдання: Визначити ризик та час захворювання при локальній вібрації, який відповідає гранично припустимому рівню (ГПР) віброприскорення, який дорівнює 0,54 м /с² й $Q = 0,1$; кількість групи працівників - 10, тобто тут

$$R = R_{\text{інд}}.$$

$$R = 0,01 a_{\text{лок}} \cdot Q^{0,5} = 0,01 \cdot 0,54 \cdot \sqrt{0,1} = 0,0017 = 1,7 \cdot 10^{-3};$$

$$\tau = Q / R = 0,1 / 0,0017 = 58,82 \text{ років.}$$

Такий період, передуючий захворюванню вібраційною хворобою практично, перевищує тривалість професійної діяльності з використанням вібраційного інструмента або вібруючого обладнання. За величиною ризику захворювання можна зробити висновок про умови професійної діяльності як небезпечні. Оскільки людина, працюючи у таких умовах, може захворіти, треба вжити заходів щодо: поліпшення умов праці, зменшення часу роботи на такому обладнанні, збільшення терміну відпустки або надання додаткових можливостей для покращання стану здоров'я у лікувальних та лікувально-профілактичних закладах.

5.1 Завдання для самостійної роботи

Визначити величину ризику та час , по закінченні якого може наступити захворювання вібраційною хворобою , при таких значеннях віброприскорень та імовірності захворювання (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. – Вихідні дані

№ варіанту	Віброприскорення , a , м/с ²	Імовірність захворювання, Q	№ варіанту	Віброприскорення , a , м/с ²	Імовірність захворювання, Q
1	1	0,1	13	22	0,3
2	2	0,2	14	25	0,4
3	3	0,3	15	30	0,5
4	4	0,4	16	35	0,1
5	5	0,5	17	40	0,2
6	7	0,1	18	50	0,3
7	9	0,2	19	60	0,4
8	10	0,3	20	65	0,5
9	12	0,4	21	70	0,1
10	15	0,5	22	80	0,2
11	18	0,1	23	90	0,3
12	20	0,2	24	100	0,4

6 ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖІ (ВИБУХУ) НА ПРОМИСЛОВОМУ ОБ'ЄКТІ Й ОЦІНКА УМОВ ПРОФЕСІОНАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗА СТУПЕНЕМ БЕЗПЕКИ

6.1. Загальні положення

У господарському комплексі України діє понад 1,5 тисяч пожежовибухонебезпечних об'єктів (ВПНО), на яких зосереджено близько 13 млн. тонн твердих і рідких вибухо- та пожежонебезпечних речовин (ВПНР).

Найбільша кількість таких об'єктів розташована у Донецькій, Луганській та Черкаській областях.

З погляду на небезпеку виникнення пожеж та вибухів найбільший ризик характеризує вугільну промисловість, зокрема, вугільні шахти.

За впливом певного фактору, причини виникнення пожеж та загибелі людей на них можна розділити на:

- соціальні;
- техногенні;
- природні;
- соціально-техногенні.

До причин пожеж та загибелі людей внаслідок впливу соціального фактору відносяться підпали, порушення правил пожежної безпеки при проведенні електрозварювальних робіт, порушення правил експлуатації побутових газових приладів, необережне поводження з вогнем, пустощі дітей з вогнем; техногенного фактору – несправність виробничого обладнання, порушення технологічного процесу виробництва, порушення правил експлуатації та улаштування електроустановок, вибухи, порушення правил улаштування пічного опалення, порушення правил експлуатації та улаштування теплогенеруючих агрегатів та установок; природного фактору – самозаймання речей та матеріалів, розряди блискавки.

У відповідності до статистичних даних більше всього пожеж (66 %) і загиблих на них (71%) відбувається внаслідок дії соціального фактору. В останні роки збільшується кількість пожеж від кабельної продукції. Ситуація пояснюється декількома факторами:

- значним горючим навантаженням кабельної продукції у зв'язку із використанням в її конструкції полімерних матеріалів;
- значною протяжністю кабелів, що сприяє поширенню полум'я на значну відстань від місця виникнення пожежі;
- виділення диму і токсичних продуктів під час горіння кабелів у небезпечній кількості для здоров'я і життя людей.

Основу сил реагування складають державні протипожежні формування:

- пожежні частини та аварійно-рятувальні загони МНС;
- пожежні поїзди Укрзалізниці;
- пожежно-охоронні команди аеропортів Державного департаменту авіаційного транспорту;
- пожежні команди підприємств та відомств;
- сільські протипожежні команди;
- добровольчі пожежні команди.

Головними шляхами забезпечення пожежовибухонебезпеки мають бути:

- проведення комплексних заходів на вибухо-, пожежонебезпечних підприємствах і об'єктах;
- прискорене поновлення основних фондів вибухо-, пожежонебезпечних підприємств і об'єктів, здійснення контролю за їх станом;
- створення ефективних систем технологічного контролю і діагностики виникнення пожеж та впровадження автоматичних засобів сигналізації та пожегасіння;
- підвищення рівня забезпечення пожежегасіння житлового сектору;
- удосконалення системи навчання населення правилам пожежної безпеки та поводження під час виникнення пожеж;
- застосування соціального страхування (від вогневих ризиків);
- вдосконалення державного пожежного нагляду за станом пожежної безпеки на об'єктах незалежно від форми власності.

Пожежа – це неконтрольоване горіння зоані спеціального вогнища, яка спричиняє матеріальні збитки. Це процес, що характеризується соціальними і (або) економічними збитками в результаті впливу людей і (або) матеріальних цінностей, факторів термічного розкладання і (або) горіння.

Вибух – швидке пертворення речовини (вибухове горіння), що супроводжується виділенням енергії і утворенням стиснутих газів, що здатні проводити роботу.

Пожежі на промисловому підприємстві (ПП) виникають у більшості випадків від несправностей обладнання, електроустановок, контрольно-вимірювальних та захисних приладів, небережного поводження з вогнем обслуговуючого персоналу.

Самими поширеними джерелами запалення на ПП є:

- іскра при коротких замиканнях;
- теплота, що виділяється при переобтяжуванні електричних мереж, машин, апаратів, великих перехідних опорів;
- теплота, що виділяється при терті під час сковзання підшипників, дисків, ремінних передач, а також при виході газів

під високим тиском і з великою швидкістю через малі отвори та щілини;

- іскри, що утворюються при ударах металевих деталей;
- теплота, що виділяється при хімічній взаємодії деяких речовин і матеріалів.

Пожежна безпека забезпечується за допомогою систем попередження пожежі і протипожежного захисту, включаючи організаційно-технічні заходи. Рівень безпеки людини повинен бути не менш як 0,999999 можливості попередження пожежної небезпеки за рік в розрахунку на кожну людину.

За виникненні пожежі на довкілля і людину діють:

- вогонь;
- ударна хвиля;
- руйнування обладнання, комунікацій, конструкцій;
- підвищення температури;
- токсичність продуктів горіння;
- дим;
- низька концентрація кисню;
- уламки, частини зруйнованих апаратів;
- викиди відпрацьованих радіоактивних та інших речовин.

Клас пожежної небезпеки конструкцій визначають виходячи з таких факторів:

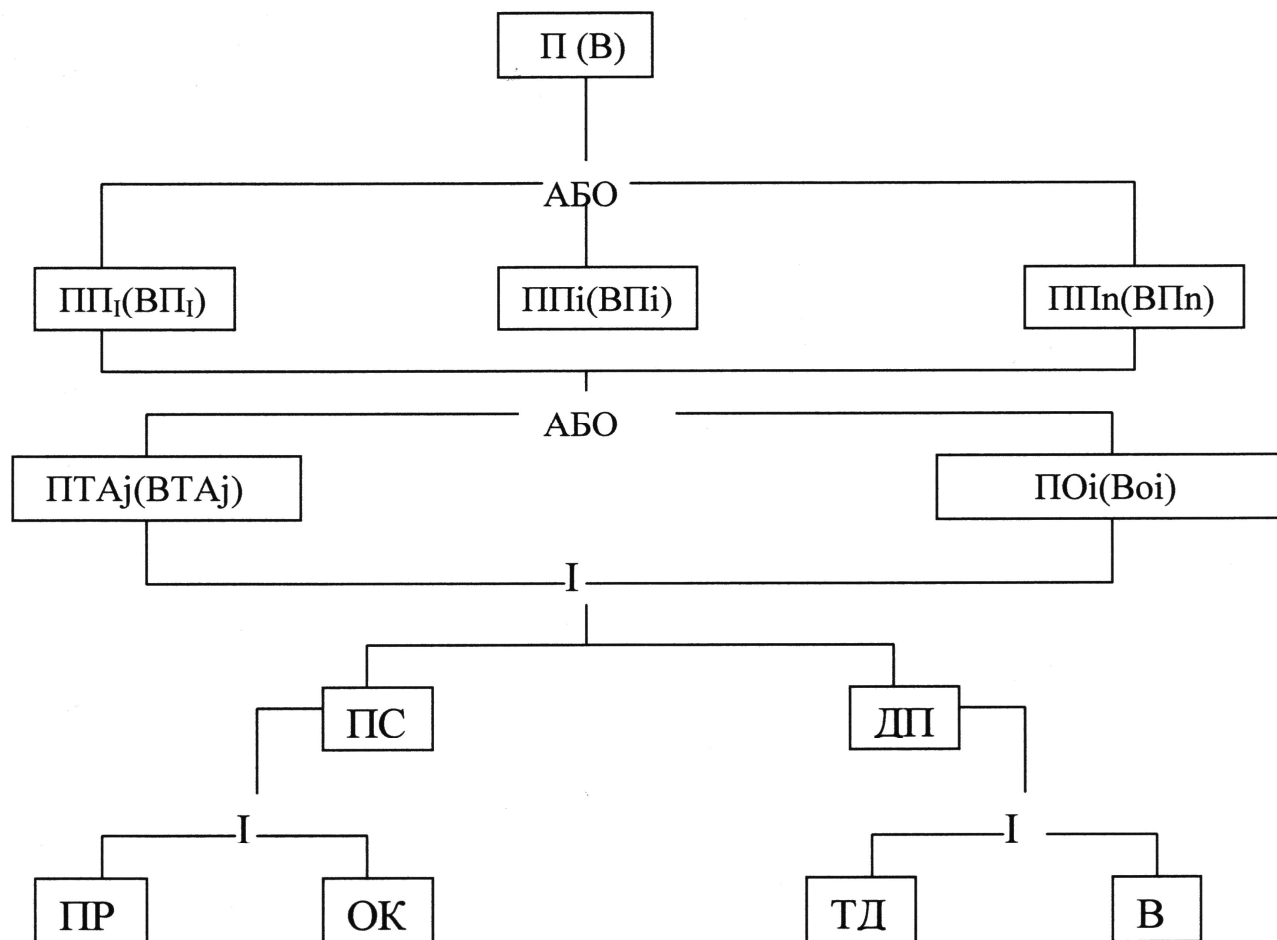
- температури у вогневій та тепловій камерах, які призначені для визначення наявності теплового ефекту;
- здатності до займання газів, що виділяються при термічному розкладанні матеріалів зразку;
- можливості утворення горючого розплаву.

Імовірність пожежі (вибуху) на об'єкті може визначатись на етапах проектування, будівництва і експлуатації цього об'єкту.

Для розрахунку імовірності виникнення пожежі (вибуху) необхідно мати статистичні дані різних пожеже-небезпечних подій, реалізація яких приводить до створення паливного середовища та появи джерела підпалення.

Збір необхідних статистичних даних робиться за єдиною програмою.

Аналіз пожежної небезпеки здійснюється окремо по кожному технологічному апарату, приміщенню і закінчується розробкою структурної схеми причинно-наслідкового зв'язку пожеже-небезпечних подій, необхідних та достатніх для виникнення пожежі (вибуху). Таку схему називають моделлю виникнення пожежі, а в більш загальному розумінні – "деревом" причин та небезпеки. Подібна схема представлена на малюнку 6.1.



Побудоване в результаті аналізу "дерево" містить такі події:

П(В) – пожежа (вибух);

ПП(ВП) – виникнення пожежі (вибуху) в будь-якому із приміщень об'єкту;

ПТА_j (ВТА_j) – виникнення пожежі (вибуху) в одному з технологічних апаратів (в j-м технологічному апараті);

Поі (Вoi) - виникнення пожежі (вибуху) безпосередньо в об'ємі приміщення (і-го приміщення), яке досліджується;

ПС – утворення паливного середовища в розглядаємому елементі об'єкту;

ДП – поява в паливному середовищі джерела підпалення;

ПР – поява в розглядаємому елементі об'єкту достатньої кількості паливної речовини або матеріалу;

ОК – поява там же окислювача;

ТД – поява у ДП теплового (енергетичного) джерела с параметрами, достатніми для займання паливного середовища;

З – здібність займатися ТД, достатня для займання ПС у розглядаємому елементі б'єкта.

Рисунок 6.1.- «Дерево причин»

Імовірність виникнення пожежі (вибуху) в об'єкті впродовж року розраховується за формулою:

$$Q(\text{ПВ}) = 1 - \sum_{i=1}^n [1 - Q_i(\text{ПП})], \quad (6.1)$$

де $Q(\text{ПП})$ – імовірність виникнення пожежі в i -му приміщенні об'єкту впродовж року;

n - кількість приміщень в об'єкті.

Виникнення пожежі (вибуху) в будь-якому з приміщень об'єкту (подія ПП) обумовлене виникнення пожежі (вибуху) або в одному з технологічних апаратів, які знаходяться в цьому приміщенні (подія ПТА $_j$), або безпосередньо в об'ємі розглядаємого приміщення (подія ПО $_i$).

Імовірність виникнення пожежі в i -му приміщенні об'єкту впродовж року розраховується за формулою:

$$Q(\text{ПП}) = 1 - \left\{ \sum_{j=1}^m [1 - Q_j(\text{ПТА})] \right\} \cdot [1 - Q_i(\text{ПО})], \quad (6.2)$$

де $Q_j(\text{ПТА})$ – імовірність виникнення пожежі в j -му технологічному апараті i -го приміщення впродовж року;

$Q_i(\text{ПО})$ - імовірність виникнення пожежі в об'ємі i -го приміщення впродовж року;

m – кількість технологічних апаратів в j -му приміщенні.

Виникнення пожежі (вибуху) в будь-якому з технологічних апаратів (подія ПТА $_j$) або безпосередньо в об'ємі приміщення (подія ПО $_i$) обумовлене сумісним утворенням паливного середовища (подія ПС) у розглядаємому елементі об'єкту і поява в цьому середовищі джерела підпалення (подія ДП). Імовірність $Q(\text{ПО})$ [або $Q_j(\text{ПТА})$] виникнення пожежі в розглядаємому елементі об'єкта дорівнює імовірності об'єднання (суми) всіх можливих пожежних перетенів (помножень) випадкових подій утворення паливних середовищ поява джерел підпалення.

$$Q_i(\text{ПО}) = Q_i \left[\bigcup_{K=1}^K \bigcup_{n=1}^N (ГС \cap \cdot \text{Из}n) \right], \quad (6.3)$$

де K – кількість видів паливних речовин;

N - кількість джерел підпалення;

$ГС_K$ – подія утворення K -й паливного середовища;

$Из_n$ - подія появи n -го джерела підпалення;

\cup - спеціальний символ перетину (помноження) подій;

\cap - спеціальний символ об'єднання (суми) подій.

Імовірність $Q_i(\text{ПО})$ [або $Q_j(\text{ПТА})$] розраховується за апроксимуючою формулою:

$$Q_i(\text{ПО}) = 1 - \sum_{K=1}^K \sum_{n=1}^N [1 - Q_i(\text{ГСк}) \cdot Q_i(\text{ИЗн} / \text{ГСк})], \quad (6.4)$$

де $Q_i(\text{ГСк})$ – імовірність появи у i -м об'єкті k -ого паливного середовища впродовж року;

$Q_i(\text{ИЗн} / \text{ГСк})$ – умовна імовірність появи в i -м елементі об'єкта n -го джерела підпалення, здібного зайняти паливне середовище

Використовуючи аналогічний математичний апарат розраховуються імовірності: утворення паливного середовища (ПС) та поява джерела підпалення (ДП). Потім визначається за спеціальною методикою пожежебезпеки параметри теплових джерел та інтенсивність відказів елементів обладнання, приладів і апаратів. Це дає можливість здійснити кількісну ідентифікацію початкових (вихідних причин пожежі (вибуху), які стоять на початку будування "дерева" причин с небезпеки (моделі виникнення пожежі (вибуху), якими є: ПР, ОК, ТД, В (см. "дерево" причин і небезпеки).

Характерним прикладом пожежебезпечного об'єкту є цех компресії етилену.

Пожежна небезпека тут складається з пожежної небезпеки компресора та пожежної небезпеки приміщення, куди можливий вихід етилену із газових комунікацій при аварії.

Імовірність пожежі (вибуху) визначається імовірностями утворення паливного середовища й появи джерела підпалення (ініціювання).

Цех розташований в одноповерховому цегляному приміщенні зі стрічковим остеклінням, висотою 10 м. Освітлення цеху - електричне, опалення – центральне. Цех обладнаний аварійною вентиляцією з кратністю повітряного обміну, який дорівнює 8-ми. Розміри приміщення у плані 20 мх12 м.

Компресор підвищує тиск етилену, який надходить із магістрального трубопроводу з $11 \cdot 10^5$ до $275 \cdot 10^5$ Па. Температура етилену сягає 130°C. Приміщення має захист від блискавки типу Б.

Нижня концентраційна межа займання етилену (С н.к.м.з.) в суміші з повітрям 2,75 %; тому відповідно зі СніП П-90-81 це підприємство відноситься до категорії А (тобто в цеху можливе виникнення як пожежі , так і вибуху). За умовами технологічного процесу виникнення вибуховонебезпечної концентрації в об'ємі приміщення можливе тільки в аварійних умовах.

Розрахунок, який виконується на основі статистичних даних, взятих із відповідних джерел:

- для отримання інформації про працездатність технологічного обладнання використовувались журнали старшого машиніста, старшого апаратника, начальника зміни, обліку пробігу обладнання, дефектів; ремонтні карти, щомісячні (щоквартальні) технічні звіти, звіти ремонтних служб, графік планово-упереджувальних ремонтів, щомісячні звіти про використання обладнання, справочні та паспортні дані про надійність різних елементів обладнання;
- для отримання інформації про порушення протипожежного режиму на об'єкті, несправностей засобів тушіння, зв'язку та сигналізації використовувалися: книга служби об'єктової пожежної частини МНС; часопис додаткових заходів щодо охорони об'єкта (для об'єктів, що охороняються пожежною охороною МНС); часопис спостереження за протипожежним станом об'єкту (якщо він охороняється пожежною охороною МНС); часопис огляду складів і інших помешкань перед їхнім закриттям по закінченні роботи; розпорядження Державного пожежного нагляду МНС; акти пожежно-технічних комісій про перевірку протипожежного стану об'єкта, акти про порушення правил пожежної безпеки органів Державного пожежного нагляду МНС.

На основі цих даних визначена можливість виникнення в цеху одного вибуху або одній пожежі в рік в 5263 аналогічних виробничих помешканнях (вибірка дорівнює 5263).

Отримані дані можуть бути виражені через поняття “індивідуального ризику”, тобто ризику цеху компресії етилену піддатися протягом року пожежі або вибуху:

$$R = 1 / 5263 = 0,00019 = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ рік}^{-1}.$$

В даному випадку "ризикає" загинути або одержати травму, тобто бути зруйнованим цілком або частково промисловий об'єкт.

Проте на цьому об'єкті є робітники, місця операторів, і логічно перенести і на них знайдену можливість виникнення вибуху або пожежі (ризикає), а це дає підстави віднести умови їхньої фахової діяльності до П-й категорії - тобто умовно безпечні. Це обумовлено імовірністю виникнення за такої події небезпечних і шкідливих чинників: полум'я або іскри; підвищення температури навколишнього середовища; появи уламків елементів (компресора, що зруйнувався, апаратів, будівельних конструкцій); диму (токсичні продукти горіння; токсичні речовини і матеріали, що вийшли зі зруйнованого компресора, апаратів і трубопроводів).

Показником оцінки індивідуального ризику для персоналу на промислових об'єктах є ризик впливу R_i небезпечних факторів пожежі (НФП).

Для кожного приміщення об'єкту ризик розраховується за формулою:

$$R_i = Q_n P_{np} (1 - P_e) (1 - P_{п.з.}) \quad , \quad (6.5)$$

де Q_n – імовірність пожежі у приміщенні за рік;

P_{np} – імовірність присутності людей у приміщеннях об'єкту при роботі: 0,33 – в одн зміну, 0,67 – у дві зміни, 1.0 – у три зміни;

P_e – імовірність евакуації людей;

$P_{п.з.}$ – імовірність ефективної роботи технічних засобів протипожежного захисту.

Імовірність евакуації людей розраховується за формулою:

$$P_e = 1 - (1 - P_{е.п.}) (1 - P_{д.в.}) \quad , \quad (6.6)$$

де $P_{е.п.}$ – імовірність евакуації по евакуаційним шляхам;

$P_{д.в.}$ – імовірність евакуації по зовнішніх евакуаційних сходах або переходах у суміжні секції будівлі.

$$P_{е.п.} = \begin{cases} \frac{\tau_{бл} - t_p}{\tau_{не}} & \text{якщо } t_p < \tau_{бл} < t_p + \tau_{не} \\ 0,999 & \text{якщо } t_p + \tau_{не} \leq \tau_{бл} \\ 0 & \text{якщо } t_p \geq \tau_{бл.} \end{cases}$$

$\tau_{бл}$ – час від початку пожежі до блокування евакуаційних шляхів у результаті розповсюдження на них НФП;

t_p – розрахунковий час евакуації людей, хвил;

$\tau_{не}$ – інтервал часу від виникнення пожежі до початку евакуації людей, хвил.

При розрахунку весь шлях руху людського потоку розділяється на окремі ділянки (прохід, коридор, сходи, марш, тамбур) з відомими шириною та довжиною, які приймаються за проектом будівлі.

Імовірність ефективності спрацювання пожежного захисту $P_{п.з.}$ розраховується за формулою:

$$P_{п.з.} = 1 - \sum_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (6.7)$$

де n – кількість технічних рішень протипожежного захисту у приміщенні;

P_i – імовірність ефективного спрацювання i -го технічного рішення.

Оскільки в пожежі можуть постраждати чи загинути люди, доцільно розраховувати ризик зіткнутись з пожежею у відповідності до загальної кількості пожеж на певній території, загинути на пожежі за аналізом наслідків пожеж на об'єктах, загинути від пожежі у відповідності до загальної кількості загиблих від пожежі за рік. Ризик зіткнутись з пожежею можна розрахувати за формулою:

$$R = N_{\text{пож}} / N_{\text{нас}} , \quad (6.8)$$

де $N_{\text{пож}}$ - кількість пожеж у певному році;

$N_{\text{нас}}$ - кількість населення, чол.

Ризик загинути на пожежі можна розрахувати за формулою:

$$R = N_{\text{заг}} / N_{\text{пож}} , \quad (6.9)$$

де $N_{\text{заг}}$ - кількість загиблих на пожежі, чол.

Ризик загинути від пожежі можна розрахувати за формулою:

$$R = N_{\text{заг}} / N_{\text{нас}} . \quad (6.10)$$

6.2 Завдання для самостійної роботи

Задача 1. Визначити умови фахової діяльності на промислових об'єктах, якщо відповідні вибірки числа промислових об'єктів дорівнюють: 3475; 3589; 3871; 3984; 4122; 4339; 4568; 4739; 4948; 5197; 5311; 5493; 5618; 5734; 5877; 5918; 6001; 6147; 6304; 6475; 6662; 6817; 6943; 7009; 7124.

Задача 2. зробити оцінку ризику: зіткнутись з переженню, загинути на пожежі, загинути від пожежі у відповідності до статистичних даних про вибухонебезпечні об'єкти по регіонах України. Вихідні дані для розрахунку табл..6.1.

Таблиця 6.1.- Вихідні дані для розрахунку

Варіант	область	Кількість населення, тис.чол.	Кількість ВПНО	Кількість ВПНР, тис. т	Кількість пожеж у 2015 р.	Кількість загиблих у пожежах, чол..
1	Вінницька	1772,4	90	472	1708	148
2	Волинська	1060	73	181	1103	66
3	Дніпропетровська	3567	53	132	4174	311
4	Донецька	4841	180	296	6579	541
5	Житомирська	1389	54	458	2054	162
6	Закарпатська	1258	23	317	1020	66
7	Запорізька	1929	106	921	3052	199
8	Ів.-Франківська	1409	61	848	1189	46
9	Київська	1828	38	1236	2001	117
10	Кіровоградська	1133	57	98	1536	103
11	Львівська	2626	62	103	2277	121
12	Миколаївська	1265	44	64	1924	130
13	Одеська	2469	34	100	2986	215
14	Полтавська	1630	76	248	2113	129
15	Рівненська	1173	29	249	1193	68
16	Сумська	1300	49	99	1820	143
17	Харківська	2914	43	318	3559	234
18	Херсонська	1175	44	145	1485	141
19	Хмельницька	1430	37	223	898	54
20	Чернівецька	923	45	88,4	742	71

7 ПРОГНОЗУВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ ОБСТАНОВКИ

7.1 Загальні положення

Ефективність гасіння пожежи (особливо на початковій стадії її виникнення) залежить від правильного вибору способів і засобів гасіння пожежі, речовин, які сприяють гасінню, й умінь їх використовувати, а також оперативності засобів зв'язку, сигналізації та пуску стаціонарних установок для гасіння і відповідно систем.

Сили, засоби і масштаби ситуації визначаються за довжиною фронту пожежі, типом захисних споруджень, відстанями між будівлями, швидкості вітру (в тому числі і за домінуючим напрямком), іншими метеоумовами в районі пожежі (вологість повітря тощо).

Щільність забудови будь-якого об'єкту, району, населеного пункту можна визначити за формулою:

$$\Pi = S_{\text{бд}} / S_{\text{р}} \cdot 100 \% , \quad (7.1)$$

де $S_{\text{бд}}$ – площа будівель, км^2 ;

$S_{\text{р}}$ – площа району, населеного пункту, км^2 .

Імовірність виникнення і розповсюдження пожежі P залежить від відстані між будівлями R (табл.1), щільності забудови Π (рис. 1)

Таблиця 7.1. – Імовірність виникнення і розповсюдження пожежі

$R, \text{ м}$	10	20	30	50
$P, \%$	65	27	23	3

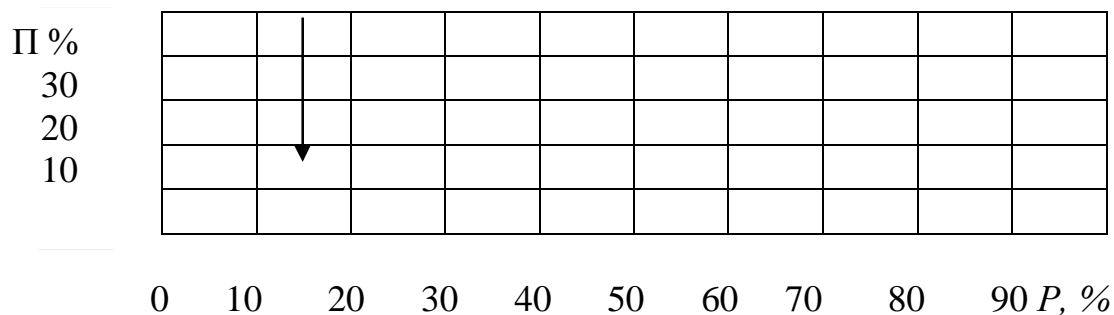
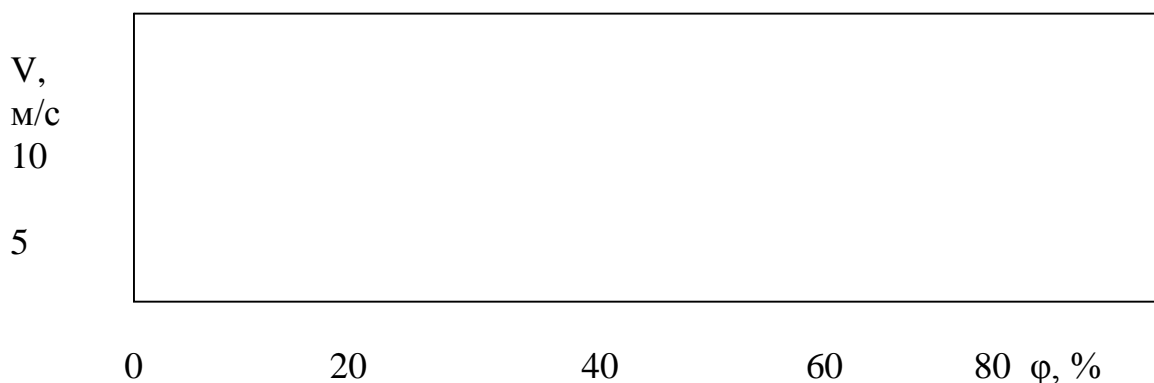


Рис. 7.1. - Залежність імовірності виникнення і розповсюдження пожеж від щільності забудови

Швидкість розповсюдження пожежі в населених пунктах залежить від цілого ряду причин. Наприклад, в населених пунктах з дерев'яною забудовою при швидкості вітру 3....4 м/с вона дорівнює 150.....300

м/годину складає 0,5 годин, в населених пунктах з кам'яними будівлями за тієїж швидкості вітру швидкість розповсюдження пожежі менше і дорівнює приблизно 60...120 м/годину. При високій і середній швидкості розповсюдження пожежі необхідна термінова евакуація населення.

Швидкості розповсюдженості пожежі для середніх топографічних і кліматичних умов можна визначити по графіку рис. 8.2.



I – пожежа розповсюджується дуже швидко; необхідна термінова евакуація;

II – пожежа розповсюджується швидко; необхідна евакуація при проведенні заходів по локалізації пожежі;

III – пожежа розповсюджується повільно.

Рис. 7.2. – Залежність швидкості розповсюдження пожежі від швидкості вітру V_v , м/с, і відносної вологості повітря ϕ , %

Метою прогнозування пожежної обстановки в населених пунктах є визначення умов евакуації населення і гасіння пожеж. Умови евакуації населення залежать від проходимості вулиць, ступеня вогнестійкості будівельних споруджень, загальної тривалості пожежі (табл. 6.2).

Слід мати на увазі, що навіть при перебуванні людей в захисних спорудженнях у зоні пожежі вони піддаються впливу небезпечних факторів пожежі (висока температура (ВТ), продукти горіння – дим, окис вуглецю і т. ін.), в результаті чого люди можуть отримати легке, середнє або тяжке отруєння (ЛО, СО, ТО). Характер впливу газового середовища на людину представлений в таблиці 6.3.

Необхідну потребу в силах і засобах пожежегасіння можна розраховувати за формулою

$$N_{\text{від}} = L_{\text{фр}} / 50, \quad (7.2)$$

де $N_{\text{від}}$ - кількість відділень пожежегасіння;

$L_{\text{фр}}$ - довжина фронту пожежі.

Таблиця 7.2. – Проходимість вулиць, ступінь вогнестійкості будівельних споруджень, загальна тривалість пожежі

Ступінь вогнестійкості споруджень	Загальна тривалість пожежі, годин		Час досягнення максимальної швидкості горіння, годин	Безпечні відстані від палаючих будівель, м
	Зона незначних руйнувань	Зона сильних руйнувань		
I, II	2.....3	1...2	0,1....0,5	50.....20
III	5.....6	7....8	0,2....1,2	50.....20
IV,V	2.....3	8....10	0,3.....1,5	50.....20

Результати визначення характеру впливу пожежі на людей, які знаходяться в укриттях, залежать від впливу небезпечних факторів пожежі (НФП). Наприклад, від низової пожежі легке отруєння відбувається через 1,3 години.

Таблиця 7.3. – Характер впливу НФП від виду пожежі та типу укриття

Вид пожежі	Тип укриття	Характер впливу за час, годин				
		0,25	0,5	1,0	3,0	6,0
Суцільна пожежа на об'єкті народного господарства в населеному пункті	З порушенням герметизації			ЛО, ВТ	СО, ВТ	ТО ВТ
	Убудоване				ЛО, ВТ	СО, ВТ
	Окреме				ЛО	СО

Структурно-логічна схема прогнозування і оцінка обстановки при пожежах показана на рис. 7.3.

Приклад розрахунку

Зробити прогноз пожежної обстановки в населеному пункті; визначити умови евакуації населення і сили, необхідні для гасіння пожежі у відповідності до вихідних даних:

- площа будівель - 13 км² ;
- площа району - 360 км² ;
- відстань між будинками - 25 м;
- швидкість вітру - 5 м/с;
- вологість повітря - 80 %;
- ступінь вогнестійкості - I;
- довжина фронту пожежі - 100 м;

- тип укриття – з порушенням герметизації.

Рішення. Щільність забудови розраховується за формулою 6.1:

$$13 / 360 = 0,0361 \cdot 100 = 3,61 \text{ \%}.$$

Імовірність виникнення і розповсюдження пожежі від відстані між будинками дорівнює 25%. Якщо виникне пожежа при розрахованій щільності забудови, - цей район буде знаходитися у безпечній зоні щодо розповсюдження вогню. Відповідно вологості повітря і швидкості вітру (рис. 6.2) вогонь буде розповсюджуватись повільно.

Необхідна потреба в силах (чисельність відділень) розраховується за формулою 6.2:

$$100 / 50 = 2 \text{ відділення}.$$

За умов I ступені вогнестійкості тривалість пожежі до формування зони незначних руйнувань дорівнює 1-2 години; до формування зони сильних руйнувань – 2-3 години. Максимальна швидкість горіння буде спостерігатись через 0,1-0,5 години. Безпечні відстані від будівель, які горять складають 20-50 м.

Якщо людина буде знаходитись під час пожежі у сховищі з порушеною герметизацією, характер впливу з часом може бути таким:

- через 1 годину – легке отруєння та висока температура;
- через 3 години – середнє отруєння та висока температура;
- через 6 годин – тяжке отруєння та висока температура.

7.2 Завдання для самостійної роботи

Зробити прогноз пожежної обстановки в населеному пункті, визначити умови евакуації населення і сили, необхідні для гасіння пожежі у відповідності до вихідних даних (табл.7.4.).

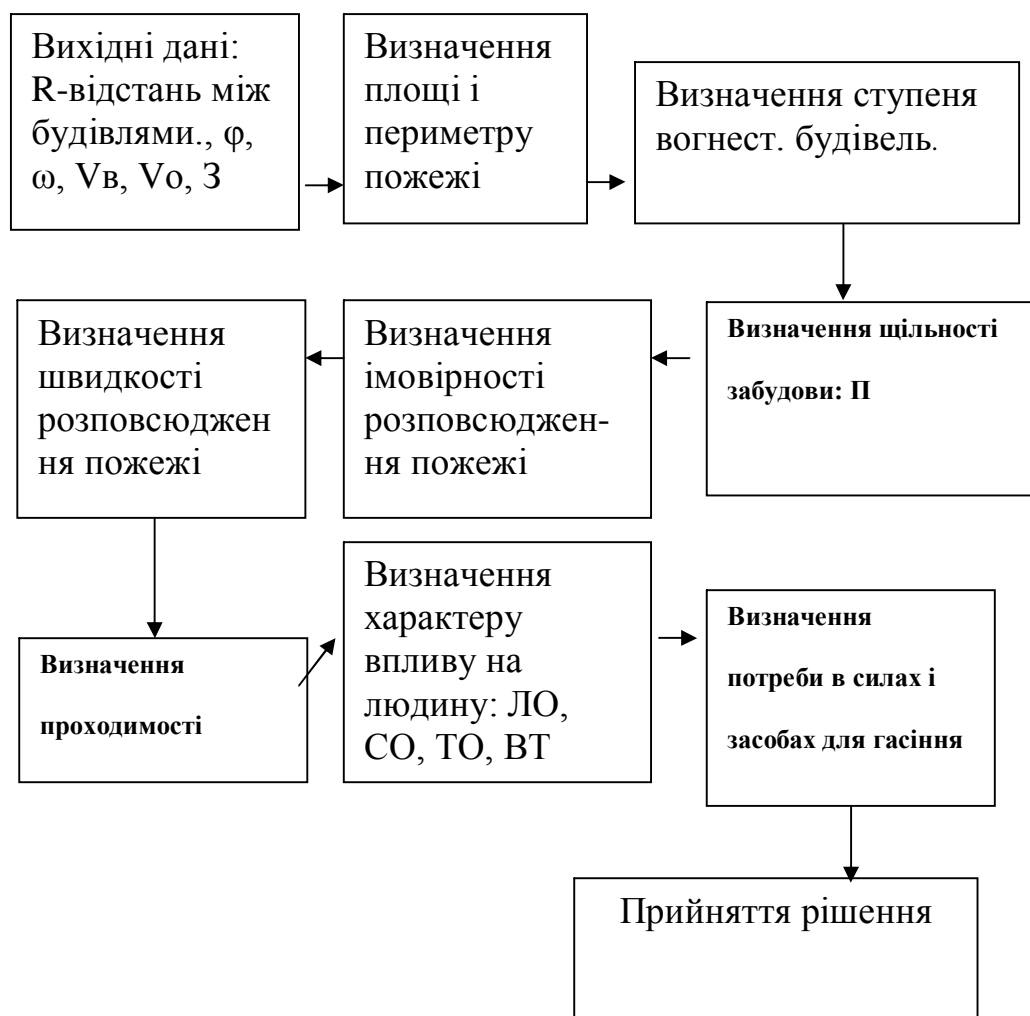


Рис. 7.3. Структурно-логічна схема прогнозування і оцінка обстановки при пожежах: З – зона розміщення горючих матеріалів

Таблиця 7.4. – Вихідні дані

№ варіанту	Площа будівель, км ²	Площа району, км ²	Відстань між будинками, м	Швидкість вітру, м/с	Вологість повітря, %	Ступінь вогнестійкості	Довжина фронту пожежі, м	Тип укриття
1	13	357	10	1	65	I	67	3 порушеною герметизацією
2	24	123	20	2	70	II	123	Убудоване
3	35	345	30	3	75	III	134	Окреме
4	46	123	50	4	80	IV	1245	3 порушеною герметизацією
5	57	234	35	5	85	V	256	Убудоване
6	68	120	45	6	90	V	467	3 порушеною герметизацією
7	79	140	60	7	100	V	567	Убудоване
8	23	165	70	8	99	I	678	3 порушеною герметизацією
9	34	174	55	9	82	II	670	Убудоване
10	45	130	45	10	56	III	980	Окреме
11	56	543	34	1	75	II	153	3 порушеною герметизацією
12	67	511	40	2	80	I	756	Убудоване
13	78	114	50	3	80	IV	765	3 порушеною герметизацією
14	98	189	65	4	75	II	654	Убудоване
15	100	321	50	5	90	I	453	Окреме
16	45	421	45	1	80	I	154	Окреме
17	56	120	40	2	90	II	456	3 порушеною герметизацією
18	67	350	30	3	75	III	500	Убудоване
19	78	230	35	4	85	II	200	3 порушеною герметизацією
20	98	500	55	5	83	I	150	Убудоване

8 ОЦІНКА РИЗИКУ ЯЗ МЕТОЮ ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ

8.1 Загальні положення

Використання методів теорії ризику потребує аналізу даних по теоретичним, фактичним, допустимим частотам і наслідкам відказів; заміни невинуватеного ризику на економічно і екологічно обґрунтований з урахуванням всіх видів небезпеки ризику [].

Прикладом використання теорії ризику, на основі взаємозв'язку між міцністю суден, які експлуатуються на річках Чорноморського регіону, і можливим негативним впливом від них при перевозках небезпечних вантажів на довкілля.

Для ситуацій з переломами корпусів ризик в абсолютному вигляді (в грошовій формі) може бути сформульований як

$$R = \sum P_i (\sum \alpha_{ik} C_k), \quad (8.1)$$

де i – індекс категорії небезпеки, яка впливає на корпус судна небезпеки:

- 1- перелом під час вантажної операції;
- 2- перелом під час посадки на мілину;
- 3- перелом при порушенні непроникненості корпусу;
- 4- перелом під час ремонтних операцій.

k – індекс наслідку:

- 1- ремонт конструкції;
- 2- шкода здоров'ю екіпажу;
- 3- збитки від забруднення навколишнього середовища;
- 4- втрата вантажу;
- 5- втрата експлуатаційного часу.

P_i – імовірність перелому при впливі i -ої небезпеки;

α_{ik} - ваговий коефіцієнт k -го наслідку при впливі i -ої небезпеки в межах від 0 до 1,0;

C_k - грошова оцінка k -го наслідку.

Існують дані, за якими може бути допущена імовірність події, аварії, яка приносить збитки навколишньому середовищу, на рівні 10^{-6} за рік. При цьому вплив не повинен торкатись більш 5% видів біогеоценозу.

Небезпеку для навколишнього середовища являють біля 10% вантажів, які перевозяться по річці Дунай, і біля 15% вантажів, які перевозяться по річці Рейн, включаючи наливні вантажі. Для довкілля представляють небезпеку також судові запаси палива і масла, які є на борту самохідних суден.

В таблиці 8.1 наведені експертні оцінки величини вагового коефіцієнту k -го наслідку при впливі i -ої небезпеки.

Указані величини отримані на основі раніш одержаних імовірностей й умовних оцінок наслідків, зокрема враховані рівні наслідків, визначені для кожної небезпеки. При визначенні α_{ik} для збитків навколишньому середовищі врахована частота перевозок по річці Рейн небезпечних вантажів.

Таблиця 8.1. – Ваговий коефіцієнт k -го наслідку при впливі i -ої небезпеки α_{ik}

Наслідки	Вантажні операції	Посадка на міліну	Порушення не-проникненості	Ремонтні операції
Відновлення конструкцій корпусу	1,000	1,000	1,000	0,700
Шкода здоров'ю і життю екіпажу	0,003	0,006	0,006	0,002
Збитки навколишньому середовищу	0,072	0,150	0,150	0,010
Збитки від втрати вантажу	0,250	1,000	1,000	0
Збитки від втрати експлуатаційного часу	1,000	1,000	1,000	1,000

В таблиці 8.2 наведені результати розрахунку вартості наслідків переломів корпусів для несамохідних суден з небезпечними вантажами

В таблиці 8.3 наведені результати розрахунку абсолютної величини річного ризику при переломах корпусів несамохідних суден системи ДМР з небезпечними вантажами (приклад розрахунку).

Таблиця 8.2. – Вартість в дол. США наслідків переломів для несамохідних суден з небезпечними вантажами

Наслідки	Вантажні операції	Посадка на міліну	Порушення не-проникненості	Ремонтні операції
Відновлення конструкцій корпусу	36000	36000	36000	25200
Шкода здоров'ю і життю екіпажу	3000	6000	6000	2000
Збитки навколишньому середовищу	1453000	3027000	3027000	202000
Збитки від втрати вантажу	7500	30000	30000	
Збитки від втрати експлуатаційного часу	7700	7700	7700	7700
Всього	1507200	3106700	3106700	236900

Таблиця 8.3. – Розрахунок ризику, дол. США при переломах несамохідних суден системи ДМР з небезпечними вантажами

Складові	Небезпека			
	Вантажні операції	Посадка на міліну	Порушення не-проникненості	Ремонтні операції
$\sum a_{ik} C_k$	1507200	3106700	3106700	236900
$\sum P_i$	0,0065	0,001	0,0009	0,0008
$R = \sum P_i (\sum a_{ik} C_k)$	9797	3107	2796	190

Така оцінка дозволяє зробити висновок про необхідність підвищення загальної продольної міцності корпусів, які використовуються для транспортування небезпечних вантажів й достатність міцності існуючих суховантажних суден для випадків, коли вони не перевозять небезпечні вантажі.

8.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити ризик в дол. США для суден, які перевозять небезпечні вантажі, за відомих умов перелому судна та імовірних наслідках (табл. 7.4)

Таблиця 8.4. – Вихідні дані

№ варіанту	Небезпека	Імовірність перелому	Наслідки перелому
1	Вантажні операції	0,0065	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
2	Посадка на міліну	0,001	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
3	Порушення непроникності	0,0009	Збитки від забруднення довкілля Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
4	Ремонтні операції	0,0008	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
5	Вантажні операції	0,006	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
6	Посадка на міліну	0,0012	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
7	Порушення непроникності	0,00005	Збитки від забруднення довкілля Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
8	Ремонтні операції	0,0008	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
9	Вантажні операції	0,0005	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
10	Посадка на міліну	0,0004	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу

9 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ РИЗИКУ СКОРОЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ЖИТТЯ ПІД ВПЛИВОМ ЗАБРУДНЮВАЧІВ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

9.1 Загальні положення

Реальні життєві ситуації нерідко не дозволяють ретельно керуватися ГДК шкідливих речовин у повітрі, особливо якщо мова йде про час, який проводять за межами трудового процесу (за цими межами людина проводить велику частину свого життя).

Внаслідок цього виникає ризик скорочення тривалості життя за рахунок захворювань, оскільки фактичне забруднення атмосферного повітря у визначені періоди часу перевищує ГДКс.с.. Зрозуміло, що ступінь ризику буде визначатися кумулятивністю, концентрацією, токсичними показниками, конкретним набором шкідливих речовин – забруднювачів; при цьому визначення рівня ризику є важливим при аналізі небезпеки захворювання, яке скорочує тривалість життя.

Така задача для випадку впливів на організм людини іонізуючих випромінювань і вібрацій вже вирішена. Для них визначені розміри ризиків скорочення тривалості життя і виникнення вібраційної хвороби. Це зроблено, зокрема, завдяки використанню основних принципів дозиметрії (що правомірно при кумулятивності зовнішнього впливу навколишнього середовища на організм людини).

Застосування дози як кількісної характеристики зробило можливим створення єдиних критеріїв безпеки стосовно до умов іонізуючого або вібраційного впливу на основі використання концентрації прийнятного індивідуального ризику, кількісною мірою якого є імовірність захворювання людини за одиницю часу.

Принципи дозиметрії можуть бути застосовані і для аналогічних кількісних оцінок впливу речовин, які забруднюють повітря і шкідливо впливають на організм людини. Важливою підставою для здійснення таких оцінок є переважна кумулятивність їхньої дії, що характерно, як сказано вище і для іонізуючих випромінювань. Тут слід зазначити, що існують й інші виробничі сфери, де кумулятивність шкідливих речовин достатньо поширена (металургія, металообробка і т.п.).

Прийнято також вважати, що радіоактивні речовини, впливаючи на організм, викликають поразки, що характеризуються як гострі, підгострі і хронічні, тобто укладаються в рамки загальної токсикологічної класифікації. При цьому спостерігається подібна картина біологічної дії шкідливих речовин і іонізуючих випромінювань, які розвиваються на трьох рівнях: фізико-хімічному, клітинному й органічному (або системному)[1].

Таким чином, можна застосувати методики по визначенню розміру ризику скорочення тривалості життя від впливу радіоактивного

забруднення місцевості також і для випадку забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами.

Отже, у випадку забруднення атмосферного повітря першим кроком є визначення розміру концентрації, яка перевищує гранично припустимий рівень, яким є ГДКс. с. кожної речовини забруднювача, спроможної призвести до скорочення тривалості життя на визначений період часу.

Пристаючи до розгляду ризику скорочення тривалості життя, доцільно застосовувати два поняття: узвичаєна умовно-розрахункова тривалість життя, яка дорівнює 100 рокам, а також середня тривалість життя у сформованих природних умовах, обумовлена для населення країн і регіонів шляхом зіставлення статистичних розподілів виживання до визначеного віку. Середня тривалість життя коливається, і в даний час складає 0,6-0,8 від умовно розрахункової. Зазначені обставини роблять доцільним при визначенні розміру ризику скорочення тривалості життя в умовах підвищеного забруднення повітря враховувати імовірність смерті і виживання на визначеному році життя (тобто їхні статистичні розподіли). Імовірності, які аналізуються, пов'язані співвідношенням:

$$Q_{\text{см}} = 1 - Q_{\text{виж}},$$

де $Q_{\text{виж}}$ - імовірність досягнення віку τ ;

$Q_{\text{см}}$ - імовірність смерті до віку τ .

Значення $Q_{\text{см}}$ і $Q_{\text{виж}}$ визначаються за допомогою статистичних даних, які отримані на основі досліджень повного періоду життя населення країни (регіону, довірчої вибірки групи населення). При цьому мається на увазі, що смерть є випадковим перемінним параметром, і тому неможливо пророчити точне значення тривалості життя будь-якої людини. Приведені нижче значення $Q_{\text{см}}$ і $Q_{\text{виж}}$ знайдені на вибірці в $n_{\tau} = 1023102$ людей.

Взаємозв'язок між $Q_{\text{см}}$, $Q_{\text{виж}}$ і $R_{\text{см.пр}}$ графічно поданий на рис. 8.1. Важливою є інформація про середню тривалість життя в природних сталих умовах, які властиві людям даної вибірки (покоління). Вона визначається проекцією точки перетинання $Q_{\text{см}}$ і $Q_{\text{виж}}$ на весь період життя τ . Можна вважати, що різниця між умовно-розрахунковою тривалістю життя і середньою природною є скорочення тривалості життя в природних умовах - СПЖ_{пр}. У даному випадку воно наближається до 30 років. Хід функціональної кривої $R_{\text{см.пр}}$ дозволяє визначити рівень ризику природної смерті на будь-якому році періоду життя. СПЖ_{пр} відображає стан генофонду, природи і суспільства, які обумовлені переважно, умовами і способом життя людей, станом навколишнього середовища і т.п.

Таблиця 10.1.- Біологічна дія шкідливих речовин і іонізуючих випромінювань

Рівень впливу	Шкідливі речовини	Іонізуючі випромінювання
Фізико-хімічний	Розчинення промислових отрут у рідких фазах шлунка, і вплив їх на ферменти, вітаміни, гормони, на клітинні рецептори, біо-структури: гемоглобін, білки біологічних мембран організму	Поглинання енергії. Іонізація на первинній траєкторії та у результаті непрямой дії, що продує в організмі вільні радикали на основі води
Клітинний	Молекулярна дія отрут на внутрішньоклітинні структури; вивід з ладу найбільш життєво важливих клітин; початок руйнації тканинних структур	Біомолекулярні ушкодження, що ведуть до загибелі тканинних елементів: порушення ферментних систем, синтезу ДНК, білків; порушення обмінних процесів, які ведуть до руйнації клітин
На весь організм	Виникнення стійких синдромів, які викликані впливом отрут на кору головного мозку, параличом дихальної мускулатури, розладом функції серцево-судинної системи; порушенням терморегуляції. Віддалені біологічні ефекти: генетичні мутації, рак, вплив на нащадків. Скорочення тривалості життя, захворювання, загибель організму.	Стійке порушення функцій, яке викликає дискореляцію між нервовою системою і залозами внутрішньої секреції; Віддалені біологічні ефекти: соматичні ефекти, рак, лейкоз, генетичні мутації, вплив на нащадків; скорочення тривалості життя, загибель організму.

Інтервал концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі, де починається, розвивається в умовах кумуляції і реалізації токсичних ефектів цих речовин процес впливу аж до летальних наслідків, наочно демонструється відомою в токсикології залежністю "доза-ефект", яка дається побудована в логарифмічних координатах (рис. 8.2.).

На графіку пунктиром показані середні статистичні рівні концентрацій. Для зони E_n таким рівнем є ГДКс. с., а для E_c є LK_{50} .

При оцінці впливу забруднюючих повітря шкідливих речовин

важливим є встановлення концентрацій, які викликають ранні функціональні і патоморфологічні зміни в організмі людини, а також урахування адитивності їхньої дії.

Для цього визначають так звані діючі концентрації (ефективні, токсичні), а також граничні концентрації. Перші викликають ознаки інтоксикації організму, при других - прояви дії шкідливих речовин знаходяться на грані фізіологічних змін і патологічних явищ. У другому випадку для визначення скорочення тривалості життя використовується ГДКс.с.

Звичайно вважають, що такою питомою концентрацією є відношення середньої смертельної концентрації шкідливої речовини у повітрі до умовно-розрахункової тривалості життя 100 років.

Далі визначається скорочення тривалості життя (СПЖ_{забр.}) як відношення фактичної концентрації шкідливої речовини (яка аналізується) до питомої. При цьому треба враховувати ступінь імовірності ($Q_{\text{факт.}}$) проживання людини визначеного віку в умовах зазначеної фактичної концентрації.

Після цього визначається ризик скорочення тривалості життя внаслідок забруднення атмосферного повітря:

$$R_{\text{спж забр.}} = (Q_{\text{факт.}} \cdot \text{СПЖ}_{\text{забр.}}) / 100 \text{ років.} \quad (10.1)$$

Тут СПЖ_{забр.} є функцією ступеня токсичності шкідливої речовини та її концентрацій в атмосферному повітрі, які обумовлені природними або антропогенними джерелами. Аналогічний підхід може бути застосований і у випадку токсичної домішки у воді, ґрунті і т.п.

Якщо при цьому виникає рівень концентрації, який перевищує ГДКс.с. і набуває стійкий незворотний характер, то це вказує на те, що СПЖ_{забр.} стає постійним екологічним чинником і буде діяти в напрямку збільшення СПЖ_{пр.}, впливаючи на статистику повного періоду життя населення, що є основою визначення СПЖ_{пр.}.

Слід зазначити, що токсична дія шкідливих речовин, які надходять в організм у процесі дихання, за інших рівних умов, на декілька порядків вище, чим при споживанні води і їжі, які забруднені ними, через полегшене транспортування їх у плазму крові.

Граничні значення $R_{\text{спж забр.}}$ визначають на основі результатів токсикологічних досліджень. Прийнятний ризик, який дорівнює 10^{-5} , має місце при концентраціях у межах ГДКс.с., а ризик, який дорівнює 1 (скорочення життя на 100 років) - при ЛК₅₀.

Попереднє визначення ризику для жителів регіону в зв'язку з забрудненням атмосферного повітря (як у розрахунковому робочому режимі, так і у випадку аварій) є необхідним при проектуванні будь-яких промислових об'єктів, особливо хімічних, металургійних і нафтохімічних.

У результаті виникає можливість побудови на карті місцевості майбутньої забудови ліній ізоризику $R_{\text{СПЖ. забр}}$ з урахуванням токсичності всіх інгредієнтів пилегазових викидів в атмосферне повітря, а також троянд вітрів, висоти розташування джерел, і обсягу викидів. Висока трудоемність побудови таких схем і карт потребує ведення моніторингу і використання відповідних програм для комп'ютерного визначення розміру ризику.

Приклад розрахунку

Функціонування хімічного заводу і створення автотранспортної системи до нього викликало періодичне підвищення загазованості атмосфери. Визначити СПЖ_{забр.} і $R_{\text{СПЖзабр.}}$ при фактичній концентрації аміаку й азоту двоокису в атмосферному повітрі відповідно 4000 мг/м³ і 0,85 мг/м³ для мешканця місцевості, яка розташована поряд з заводом (вік 20 років, вплив зазначеної загазованості 2 години на добу).

Визначаємо з використанням Додатка 1 питому концентрацію кожного з забруднювачів:

$$K_{\text{забр. NH}_3} = \text{ЛК50NH}_3 / 36500 \text{ діб.} = 100\,000 / 365000 = 2,74 \text{ мг}/(\text{м}^3 \cdot \text{діб}),$$

$$K_{\text{забр. NO}_2} = \text{ЛК50NO}_2 / 36500 \text{ діб.} = 25\,000 / 365000 = 0,685 \text{ мг}/(\text{м}^3 \cdot \text{діб}).$$

Визначаємо імовірність перебування мешканця в забрудненому повітряному середовищі:

$$Q_{\text{фак}} = (80 / 100) \cdot 2 / 24 = 0,06666.$$

Визначаємо скорочення тривалості життя від впливу кожного з забруднювачів:

$$\text{СПЖ}_{\text{забр. NH}_3} = (Q_{\text{фак}} K_{\text{фак. NH}_3}) / K_{\text{забр. NH}_3} = (0,0666 \cdot 4000) / 2,74 = 97,2 \text{ діб.}$$

$$\text{СПЖ}_{\text{забр. NO}_2} = (Q_{\text{фак}} K_{\text{фак. NO}_2}) / K_{\text{забр. NO}_2} = (0,0666 \cdot 0,85) / 0,685 = 0,083 \text{ діб.}$$

З урахуванням адитивності дії забруднювачів загальне скорочення тривалості життя складе:

$$\text{СПЖ}_{\Sigma \text{ забр}} = \text{СПЖ}_{\text{забр. NH}_3} + \text{СПЖ}_{\text{забр. NO}_2} = 97,2 + 0,083 = 97,3 \text{ діб.}$$

Визначаємо розмір ризику скорочення тривалості життя

$$R_{\text{СПЖзабр}} = (\text{СПЖ}_{\Sigma \text{ забр}}) / 100 \text{ років} = 97,3 / 36500 \text{ діб} = 2,67 \cdot 10^{-3}.$$

Висновки: у відповідності до отриманого значення ризику

$2,67 \cdot 10^{-3}$ можна зробити висновок про характеристику умов як небезпечні для здоров'я. Оскільки такі умови несприятливі для людей, рекомендовано зменшити їхнє перебування у означеному районі.

9.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити $СПЖ_{загр}$ і $R_{СПЖзагр}$ для варіантів, поданих у таблиці 9.2 з використанням таблиць 9.3- 9.4.

Таблиця 9.2.- Варіанти індивідуальних завдань

Номер варіанту	Речовина-забруднювач	Постійна загазованість, $K_{факт.}$, $мг/м^3$	Кількість років перебування в небезпечних умовах	Кількість годин перебування в небезпечних умовах
1	Азоту двоокис Озон	0,05 0,05	20	2
2	Акролеїн	0,5	10	3
3	Аміак	6,0	15	1
4	Ангідрид оцтовий	0,09	12	4
5	Анілін	0,05	13	5
6	Ацетон Фенол	1,1 1,1	14	2
7	Бензин	30,0	16	3
8	Бензол	2,0	25	1
9	Ванадію п'ятиокис	0,05	37	4
10	Діхлоретан	1,5	45	2
11	Ксилол	4,0	51	1
12	Ртуть	6,004	12	4
13	Свинець	40,0	18	3
14	Сірководень Дініл	0,5 0,5	19	2
15	Сірковуглець	0,1	21	4
16	Фурфурол Спирт метиловий	5,5 5,5	22	7
17	Толуол		34	2
18	Вуглецю окис Формальдегід	22,0 22,0	36	5
19	Вуглець чотирихлористий	25,0	23	3
20	Формальдегід	0,20	32	4

Таблиця 9.3.- Гранично допустимі середньодобові концентрації ГДКс.с. і середні смертельні концентрації ЛК₅₀ деяких речовин в атмосферному повітрі

№ пп.	Назва речовини	Середньодобова ГДКс. с., мг/м ³	Середні смертельні концентрації, ЛК ₅₀ , мг/м ³
1	Азоту двоокис	0,085	25000
2	Озон	0,03	500
3	Акролеїн	0,03	1000
4	Аміак	0,04	100000
5	Ангідрид оцтовий	0,05	50000
6	Анілін	0,03	500
7	Ацетон	0,35	1000000
8	Фенол	0,01	1500
9	Бензин	1,5	500000
10	Бензол	0,8	25000
11	Ванадію п'ятиокис	0,002	500
12	Діхлоретан	1,0	50000
13	Ксилол	0,2	250000
14	Ртуть	0,0003	50
15	Свинець	0,0003	50
16	Сірководень	0,008	50000
17	Дініл	0,01	50000
18	Сірковуглець	0,005	5000
19	Фурфурол	0,03	50000
20	Спирт метиловий	0,5	25000
21	Спирт етиловий	5,0	5000000
22	Толуол	0,6	250000
23	Вуглецю окис	1,0	100000
24	Вуглець чотирихлористий	2,0	100000
25	Формальдегід	0,003	2500
26	Хлор	0,03	5000
27	Цинк	0,05	30000
28	Сірчана кислота	0,1	5000
29	Ацетофенол	0,003	25000
30	Берилій	0,00001	5

Таблиця 9.4.- Перелік сполучень деяких речовин - забруднювачів повітря, які виявляють адитивну і потенційовану дію при спільному впливі на організм людини

№ пп.	Склад комбінацій
	а) адитивна дія
1	Ацетон, фенол, фурфулол, формальдегід
2	Аерозолі V ₂ O ₅ , MnO ₂
3	Бензол, ацетон фенол
4	Озон, азоту окисли, формальдегід, гексан
5	Сірчистий ангідрид, азоту окисли
6	Сірчистий ангідрид, фтористий водень
7	Сірчистий ангідрид, аміак, азоту окисли
8	Азотні, сірчані, соляна кислоти
9	Фурфурол, метиловий і етиловий спирти
10	Бутилен, етилен, пропилен
11	Циклогексан, бензол
12	Сірководень, цініл
13	Сірководень, сірчистий ангідрид
14	Вуглецю окис, азоту окисли, формальдегід, гексан
15	Фенол, ацетонфенол
16	Аерозолі V ₂ O ₅ , триокиси хрому
17	Аерозолі V ₂ O ₅ , сірчистий ангідрид
18	Ацетон, акреолін, фталевий ангідрид
19	Ацетон, ацетонфенол,
20	Валеріанова, капронові, масляна кислоти
21	Ізопропінілбензол, гідроперекись ізопропінілбензолу
22	Сірчистий ангідрид, 3, фенол, пилюка конверторна
23	Гексан, 3, NO ₂ , формальдегід
	б) потенційована дія
1	Сірчистий ангідрид, хлор
2	Азоту окисли, вуглецю оксид
3	Етиловий спирт, анілін
4	Етиловий спирт, ртуть
5	Етиловий спирт, цианімід кальцію

10 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ НЕБЕЗПЕКИ ПЛАСТМАСОВИХ ВІДХОДІВ

10.1 Загальні положення

Відомо, що пластмасові матеріали вміщують відповідно результатам аналізу деяку кількість плутонія (Pu 238). Відомо, що в одному грамі плутонія відбувається $6,4 \cdot 10^{11}$ розщеплень за секунду; кожне таке розщеплення являє собою випускання альфа- часток з енергією $\sim 5,6$ MeV. На кожний MeV енергії, яка акумулюється у пластмасовому матеріалі, утворюється 6,2 молекули бензолу, яка має вагу $1,29 \cdot 10^{19}$ мг.

Відповідно до закону США про збереження і відновлення ресурсів RGRA, відходи будуть небезпечними, якщо маса продукту, який продуціюється в 1 кг перевищує 10 мг бензолу.

Приклад розрахунку

Визначити: чи відповідають деякі пластмасові відходи, які забруднені плутонієм – 238, критеріям токсичності по бензолу у відповідності до Закону США про збереження і відновлення ресурсів (RGRA). Маса плутонія в 3 кг відходів дорівнює 3 г.

Кількість розщеплень за секунду:

$$3 \cdot 6,4 \cdot 10^{11} = 1,92 \cdot 10^{12}.$$

Кількість розщеплень за рік:

$$1,92 \cdot 10^{12} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 365 = 1,009 \cdot 10^{20}.$$

Сумарна енергія альфа-часток:

$$1,009 \cdot 10^{20} \cdot 5,6 = 5,65 \cdot 10^{20} \text{ MeV}.$$

Кількість молекул бензолу, що утворюються:

$$5,65 \cdot 10^{20} \cdot 6,2 = 53,03 \cdot 10^{20}$$

Загальна вага бензолу:

$$53,03 \cdot 10^{20} \cdot 1,29 \cdot 10^{-19} = 452 \text{ мг}.$$

Концентрація бензолу в пластмасових відходах:

$$452 / 3 = 150,7 \text{ мг/кг}$$

Висновок: відходи небезпечні, бо концентрація бензолу в них перевищує 10 мг/кг.

10. 2 Завдання для самостійної роботи

Визначити: чи відповідають деякі пластмасові відходи, які забруднені плутонієм – 238, критеріям токсичності по бензолу у відповідності до Закону США про збереження і відновлення ресурсів (RGRA) згідно вихідних даних (табл. 10.1)

Таблиця 10.1. – Вихідні дані

№ варіанту	Маса пластмасових відходів, кг	Вміст плутонія –238, г
1	120	10
2	354	20
3	158	23
4	146	30
5	257	34
6	120	31
7	100	35
8	204	36
9	250	38
10	230	46
11	324	52
12	100	50
13	530	60
14	420	75
15	240	78
16	210	85
17	360	10
18	210	76
19	510	30
20	600	40

11 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНІВ РИЗИКУ, ПОВ'ЯЗАНОГО З АВАРІЙНИМИ РОЗЛИВАМИ АМІАКУ

11.1 Загальні положення

Відповідно до «Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (Затверджена Наказом Міністерства праці і соціальної політики України від 04.12.2002, № 637 і узгоджена Міністерством з питань надзвичайних ситуацій, Міністерством внутрішніх справ, Міністерством екології та природних ресурсів, Міністерством здравоохранення Державним комітетом з будівництва і архітектури України).

У всіх випадках ризик аварій на об'єкті підвищеної небезпеки для населення рекомендується вважати абсолютно прийнятним за рівнів:

- територіального ризику - $R_t \leq 10^{-7}$,
- індивідуального ризику – $R_i \leq 10^{-8}$,
- соціального $R_s \leq 10^{-7}$.

Як критерій соціального ризику може використовуватись також очікувана кількість загиблих у виділеному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства (СЗЗП)(у місті, селищі, на території підприємств і організацій, що знаходяться у промисловій зоні і т.п.) на 100 мешканців (M_v). При цьому рекомендується вважати абсолютно прийнятним $M_D \leq 10^{-5}$.

Рекомендується вважати неприйнятним:

$R_t \leq 10^{-5}$ для територіального ризику за межами СЗЗП, що має в своєму складі хоч би один об'єкт підвищеної небезпеки;

$R_i \leq 10^{-6}$ для індивідуального ризику – для людини, яка знаходиться у конкретному регіоні за межами СЗЗП;

$R_s \leq 10^{-5}$ для соціального ризику загибелі більше 10 людей на протязі 1 року у виділеному регіоні за межами СЗЗП, або $M_D \leq 10^{-3}$.

Територіальний ризик в k -ій точці простору на виділеному джерелі небезпеки відповідно «Наставлення з дослідження небезпеки та кількісної оцінки техногенних аварій» (додаток до «Методики» [9]) [10]:

$$R_{tijmf}^k = P_{bij} \cdot P_{um} \cdot P_{af} \cdot P_{ck}, \quad (11.1)$$

де R_{tijmf}^k – територіальний ризик k - тої точки простору від аварії на i -тому джерелі при реалізації j -тої ініціюючої події з реалізацією одного з можливих варіантів розвитку і одного з можливих видів аварії;

P_{bij} – імовірність виникнення аварії на i -тому джерелі при реалізації j -тої ініціюючої події;

P_{um} – умовна імовірність одного з можливих наслідків аварії;

P_{af} – умовна імовірність реалізації одного з можливих видів аварії (пожежі, вибуху, розсіювання шкідливих домішок і тощо);

P_{ck} – умовна імовірність смертельного результату в k - тої точки простору.

Якщо відома імовірність появи людини в k - тої точки простору (P_n^k), то індивідуальний ризик загибелі в цій точці людини визначається за формулою:

$$P_t^k = R_t^k \cdot P_n^k, \quad (11.2)$$

де R_t^k – сумарний територіальний ризик в k - тої точки простору.

Індивідуальний ризик проживання на території регіону шляхом сумачі індивідуальних ризиків по цій території.

Очікуване число загиблих на протязі одного року у розглядаємому регіоні, а також соціальний ризик визначаються за значенням територіального ризику у виділеному регіоні і густоті населення.

11.2 Розрахунок рівнів ризику, пов'язаного з аварійним розливом аміаку

Для означеної задачі співвідношення (11.1) можна записати у вигляді:

$$R_t^k = P_{bwn} \cdot P_{af} \cdot P_{ck}, \quad (11.3)$$

де $P_{bwn} = P_{um}$ - імовірність аварії ізотермічного сховища, що супроводжується викидом аміаку максимально можливої кількості (24 тис. т, тобто 80% від загального об'єму сховища).

Величину P_{um} знайдем за залежністю lgW від lgQ (рис. 11.1). Ця залежність для невеликих розливів аміаку (до 500 т) побудована за даними В Маршалла [12]. Крім того, представлена точка, що відповідає даним спостережень за наслідками найбільшого у світі розливу аміаку в Іонаві (Литва 1989 р.: 7700 т). Для ще більших розливів крива екстрапольована з використанням узагальненої залежності за методикою [11].

Таким чином, для потужності розливу 24 тис. т. отримаємо ($lgW = -2,42$; $W = 0,0038$); $P_{um} = W = 0,0038$.

P_{af} – умовна імовірність напряду вітру на Нові Біляри при найбільш небезпечних з точки зору забруднення атмосфери швидкостях вітру. Імовірність напряду вітру для швидкості вітру 1-6 м/с дорівнює 5,7% (або 0,057), тобто $P_{af} = 0,057$.

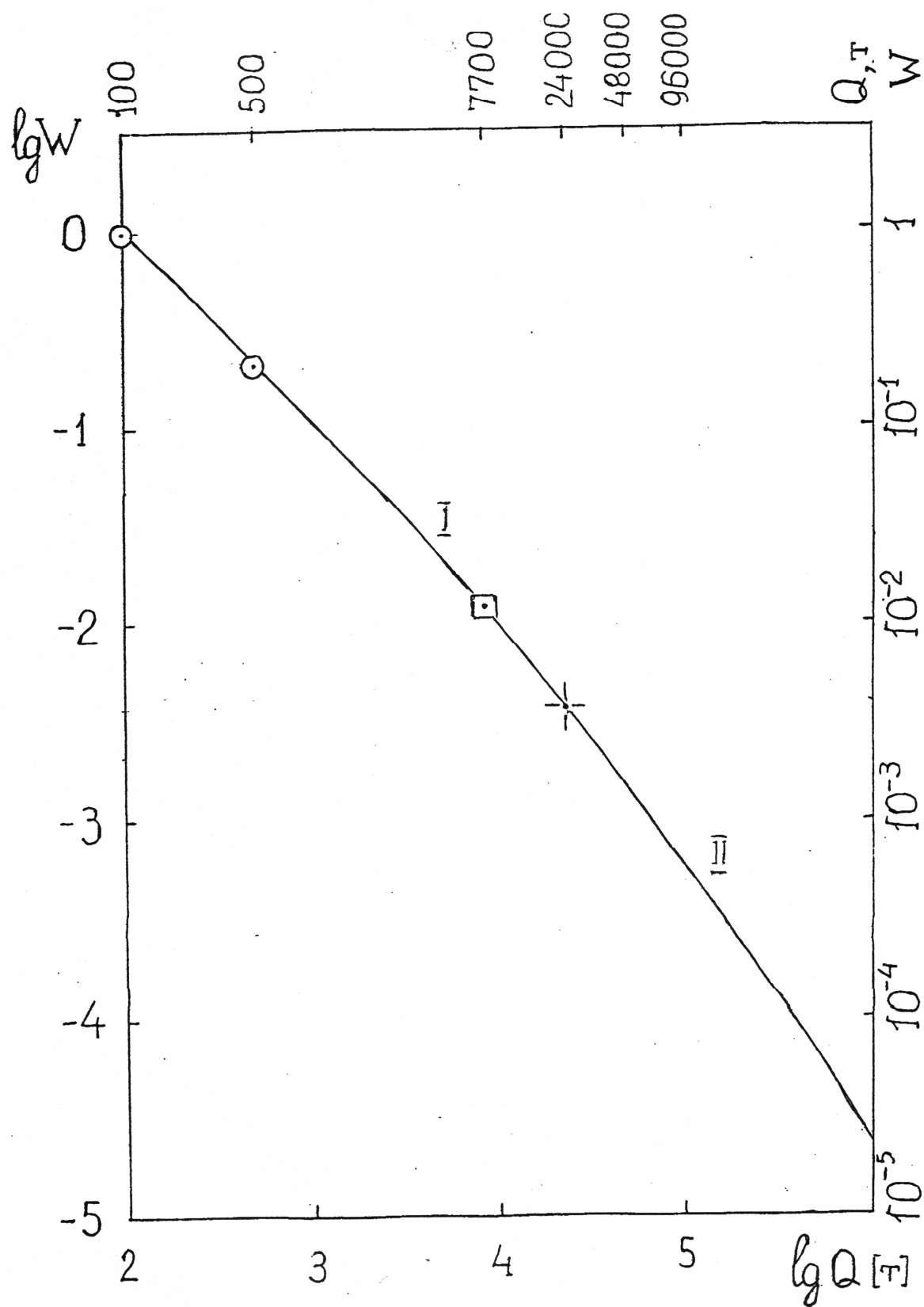


Рисунок 11.1. – Залежність логарифму імовірності розливів аміаку від логарифму потужності розливу

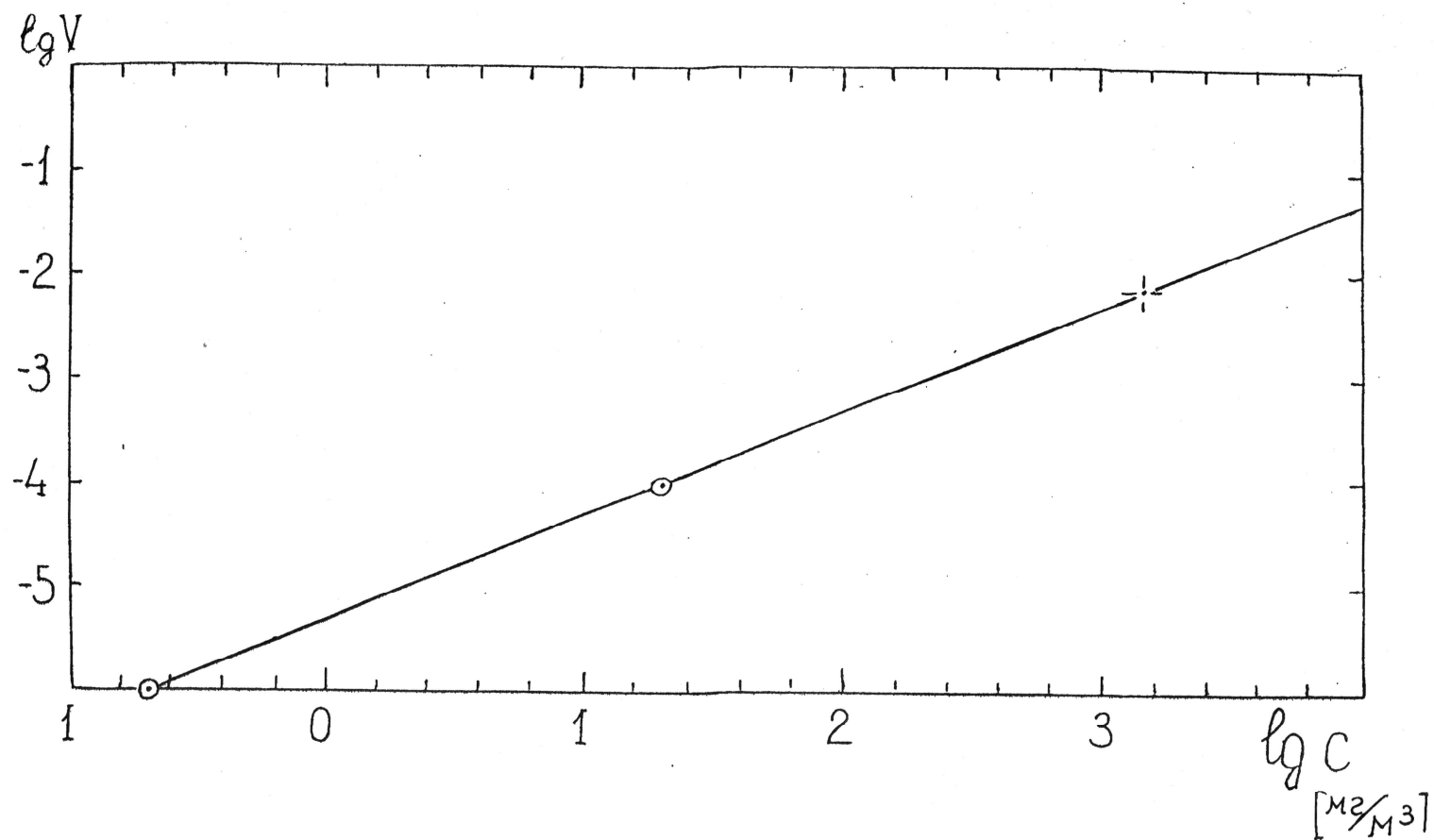


Рисунок 11.2. – Залежність логарифму імовірності летального кінця від логарифму концентрації аміаку

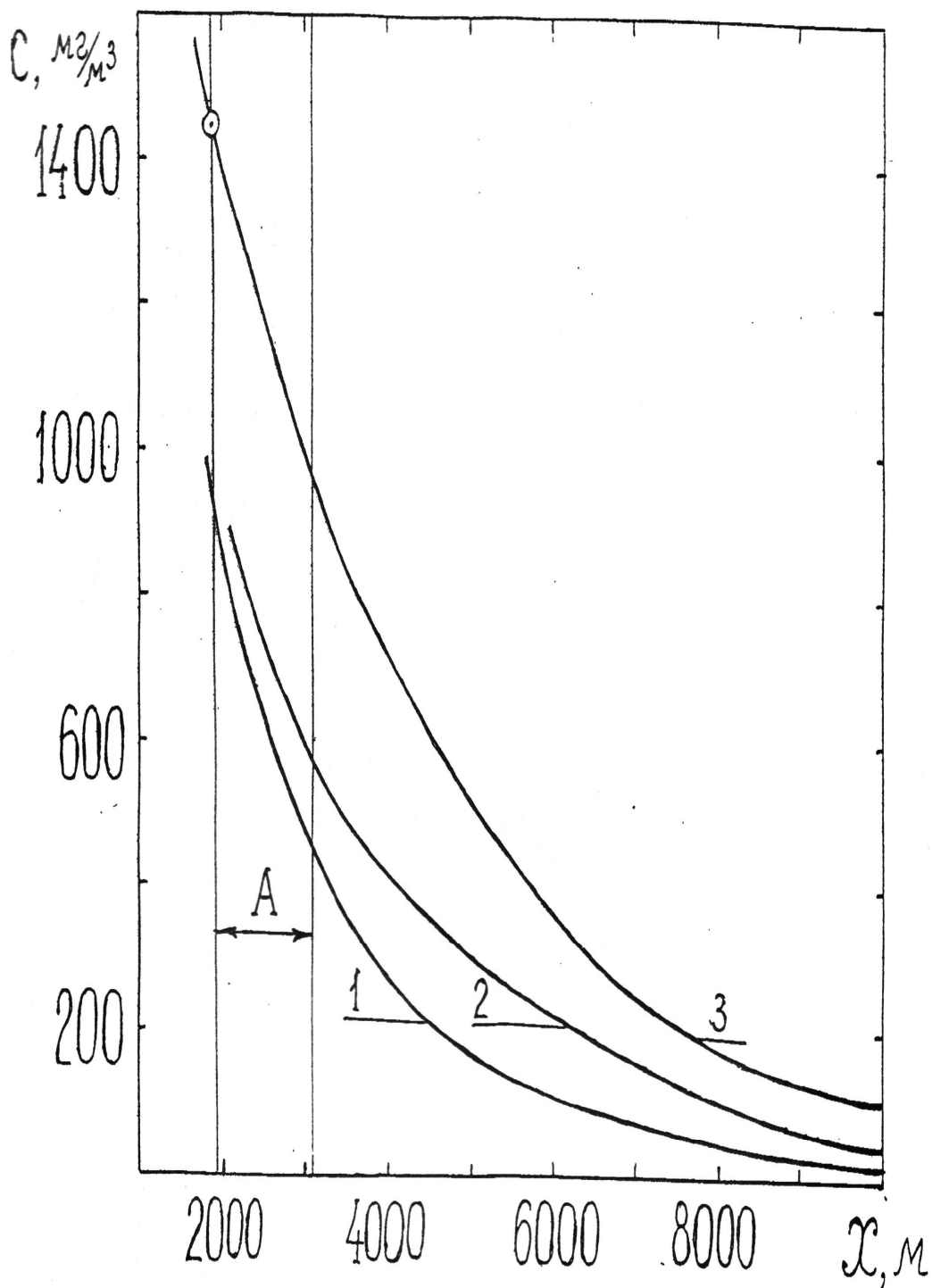


Рисунок 11.3. – Залежність концентрації аміаку від відстані за напрямком вітру для трьох найменш сприятливих погодних умов. Смуга А відповідає розташуванню населеного пункту

P_{ck} – умовна імовірність смертельного результату в k -ій точці простору. Цю величину знайдем на основі імовірної концентрації небезпечної домішки $C = 1430 \text{ мг/м}^3$ (рис. 11.2) . Імовірність смертельного результату визначим за залежністю lgV від lgC (рис. 11.3). Та знайдем $V = P_{ck} = 0,00715$.

Таким чином,

$$R^k_t = 0,0038 \cdot 0,0057 \cdot 0,00715 = 0,000000150 \text{ або } R^k_t = 1,50 \cdot 10^{-6}.$$

Це значення відповідає прийнятному рівню ризику ($R^k_t = 1,50 \cdot 10^{-6} < 10^{-5}$).

Індивідуальний ризик для мешканців с. Нові Біляри визначимо за співвідношенням:

$$R^k_i = 1,50 \cdot 10^{-6} \cdot P^k_n.$$

При цьому для осіб, що постійно проживають і працюють в селищі величина $P^k_n = 1$, і тоді

$$R^k_i = 1,50 \cdot 10^{-6} \cdot 1,0 = 1,50 \cdot 10^{-6}.$$

Для осіб, які постійно проживають в селищі, а працюють зовні території цього населеного пункту:

$$P^k_n = 1 \cdot (41 / (7 \cdot 24)) = 0,756.$$

Тут 41 – тривалість робочого тижня, а $7 \cdot 24$ – повна тривалість робочого тижня (годин). Тоді:

$$R^k_i = 1,50 \cdot 10^{-6} \cdot 0,756 = 1,13 \cdot 10^{-6}.$$

В якості критерія соціального ризику для найбільш напруженої і потенційно небезпечної території с. Нові Біляри зручно використовувати величину M_D .

У нашому випадку

$$M_D = R^k_i \cdot N = 1,50 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 1,50 \cdot 10^{-3}.$$

Висновки:

За умов, що відбувся розлив аміаку у кількості 24 тис. т. внаслідок глобального руйнування крупнотоннажного сховища повної ємності 30 тис. т., наявний метеорологічних умов та уразливої території с. Нові Біляри, по результатам розрахунків можна зробити наступні висновки. Розрахунковий рівень територіального ризику не буде перевищувати прийнятного рівня, однак величини індивідуального ризику перевищують допустимі рівні.

Причиною цього перевищення є близьке до території селища до виробничої території ОПЗ і, зокрема, до місця розташування крупнотоннажних ізотермічних сховищ аміаку.

11.2 Завдання для самостійної роботи

Визначити територіальний ризик в означеній точці простору за умов розливу аміаку із сховища ємністю 30 т при врахуванні несприятливих погодних умов та індивідуальний ризик загибелі людини за умов , що вона працює в іншому місці (табл. 11.1-2).

Таблиця 11.1. – Вихідні дані

Варіант	Потужність розливу, т	Відстань до населеного пункту, м	Тривалість робочого тижня	Напрямок вітру	Температура повітря, °С
1	24	1000	36	Півн.	25
2	23	2000	41	Півд.	1
3	25	1500	36	Західн.	0
4	26	2300	41	Східн.	25
5	27	3000	25	Півн. Західн.	1
6	28	3400	21	Півн.Схід.	0
7	28	2800	36	Півд.Західн.	25
8	29	1700	41	Півд.Східн.	1
9	20	4000	28	Півн.	0
10	21	5000	34	Півд.	25
11	22	4500	36	Західн.	1
12	23	5400	41	Східн.	0
13	24	6000	18	Півн. Західн.	25
14	30	7000	38	Півн.Схід.	1
15	23,5	7500	36	Півд.Західн.	0
16	24,8	6300	41	Півд.Східн.	25
17	25,1	8000	36	Західн.	1
18	26,8	4200	41	Східн.	0
19	27,4	5100	36	Півн. Західн.	25
20	24,6	6350	41	Півн.Схід.	1

Таблиця 11.2. - Повторюваність напрямків вітру при швидкості 1-6 м/с

Місяць Напрямок вітру за румбами	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Півн.	1	2	6	5	5	2	4	4	2	2	5	5
Півн- східн.	2	3	2	7	6	1	3	2	5	4	2	2
Півн.- західний	8	1	3	5	4	3	2	3	6	3	3	4
Західний	5	5	5	8	3	5	5	1	4	4	2	3
Східний	6	2	4	2	1	4	1	2	3	5	1	6
Південний	4	3	1	1	2	2	1	3	2	3	2	1
Півд.- західн.	3	4	8	1	1	2	1	2	1	2	1	2
Півд.- східний	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	3

12 ВИЗНАЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РИЗИКУ ЗА ПРАВИЛОМ ФАРМЕРА

12.1 Загальна положення

Розрахунок рівнів ризику для підприємств, які можна кваліфікувати як екологічно напружені, чи потенційно небезпечні можна проводити на основі залежності імовірності (частоти) НС, А і К від їх тяжкості. Для цього необхідно мати інформацію про всі випадки за певних період часу стосовно певних небезпек.

За фактичними даними задається діапазон можливих імовірностей НС (**W**), а також діапазон критеріїв тяжкості **Q**.

В якості критерія тяжкості НС, А і К можуть виступати різні характеристики: кількість жертв, постраждалих; матеріальні збитки; кількість викинутого або розлитої НР.

Хоч в кількісному відношенні залежності різні, в якісному відношенні – вони однакові (чим більше тяжкість, тим менше імовірність незалежно від природи НС, А і К (пожежі, вибухи, розливи НР, ДТП, аварії АЕС).

Якщо діапазон можливих ймовірностей НС (**W**), а також діапазон критеріїв тяжкості **Q** дуже великі, зручно такі залежності представляти графічно або у вигляді таблиць в логарифмічних координатах, оскільки це дозволяє охопити весь цей широкий діапазон.

За звичай ці залежності в логарифмічному вигляді представляють собою криві малої кривизни, що в межах точності статистичних даних, коли можна апроксимувати лінійною залежністю.

Послідовність розрахунку рівнів ризику з використанням «Правила Фармера». Для розрахунку індивідуального ризику може бути використаний загальний вираз:

$$Ri = W \cdot V \cdot \alpha \cdot \tau \quad , \quad (13.1)$$

Ri - індивідуальний ризик;

W – імовірність розглядаємої аварії ;

V – імовірність загибелі людини під дією негативного фактора, пов'язаного з цією аварією ;

α – імовірність несприятливих метеоумов;

τ – відносна доля часу, що людина проводить в даному місці (небезпечному).

Величина α визначається звичайно за результатами багатолітніх метеоспостережень з використанням кліматичних довідників.

Відносна доля часу, що людина проводить в небезпечному місці (або в небезпечних умовах) визначається як відношення часу перебування в небезпечному місці до розглядаємого періоду часу (звичайно один рік).

Розрахунок полів концентрацій, тобто визначення концентрацій як функції відстані (координат) (L), потужності вітру, потужності викиду - х здійснюється шляхом розв'язання рівнянь турбулентної дифузії (аналітичного або чисельного рішення).

Також можуть бути використані результати спостережень, які отримані за допомогою спеціальних приладів, самописців, систем АСКНС (автоматична система контролю навколишнього середовища).

Приклад розрахунку

Завдання : Розрахувати ризик загибелі при аварійній ситуації на об'єкті хімічної промисловості, що може викликати вихід з алду обладнання та забруднення атмосферного повітря, викликавши збитки у розмірі 50 000 грн. з урахуванням несприятливих погодних умов та прийнятного ризику $1 \cdot 10^{-8}$.

1. Необхідно побудувати залежність з використанням даних таблиці 12.2 . З урахуванням розмірів збитків імовірність аварії буде становити 0.0008 .

2. Імовірність несприятливих метеоумов швидкість вітру більше 5 м/с) становитиме :

$$\alpha = 320/3650 = 0,088.$$

3. Відносна доля часу, що людина проводить в даному небезпечному місці дорівнює за тривалості відряджень та відпустки у кількості 4 доби на рік:

$$\tau = (40 \cdot (52-4))/(168 \cdot 52) = 88/8736 = 0,01.$$

4 . Індивідуальний ризик загинути у аварії розраховується за формулою (13.1):

$$R_i = 0,0008 \cdot 0,00004 \cdot 0,088 \cdot 0,01 = 2 \cdot 10^{-11}.$$

Висновок: У порівнянні з гранично допустимим значенням ризику, ситуація може кваліфікуватись як безпечна.

12.2 Завдання для самостійної роботи

Завдання : Розрахувати ризик загибелі при аварійній ситуації на об'єкті хімічної промисловості, використовуючи інформацію про характер аварійних ситуацій, та метеорологічні дані. Вихідні дані для розрахунку ризику надані у таблиці 12.1

Таблиця 12.1. – Вихідні дані

варіант	Несприятливі метеоумови	Тривалість відряджень, діб	Тривалість відпустки, тижнів	Заданий розмір збитків, грн.	Імовірність загибелі людини (V)
1	Швидкість вітру більше 5 м/с	1	3		
2	Напрямок вітру північний	2	2		
3	Температура повітря більше 30°C	34	3		
4	Туман	22	2		
5	Вологість повітря більше 80%	15	3		
6	Швидкість вітру більше 10 м/с	16	4		
7	Напрямок вітру східний	20	2		
8	Температура повітря більше 25°C	32	5		
9	Туман	45	3		
10	Вологість повітря більше 80%	60	2		
11	Швидкість вітру більше 15 м/с	1	1		
12	Направление ветра южное	2	2		
13	Температура воздуха больше 20°C	20	3		
14	Туман	10	4		
15	Вологість повітря більше 80%	34	5		
16	Швидкість вітру більше 5 м/с	16	2		
17	Напрямок вітру західний	19	5		
18	Температура повітря більше 30°C	20	3		
19	Туман	50	4		
20	Штиль	40	2		

Таблиця 12.2. – Показники рівня тяжкості ситуації

Загальний характер	Кількість ситуацій	Рівень тяжкості			
		Матеріальні збитки, грн.	Кількість постраждалих, чол.	Кількість загиблих, чол.	Перевищення параметрів НС над ГДК
Легкі	1230	До 1000	2	-	2
Середні	56	1000-5000	5	-	3
Тяжкі	14	5000-15000	10	1	10
катастрофічні	1	Більше 15000	Більше 10	Більше 5	Більше 10

Таблиця 12.3. - Метеорологічні дані за 2000-2009 рр.

год	Кількість днів з несприятливими погодними умовами								
	Кількість днів зі швидкістю вітру > 5м/с	Кількість днів зі швидкістю вітру > 10м/с	Кількість днів зі швидкістю вітру > 15м/с	Кількість днів з температурою повітря > 20 °С	Кількість днів з температурою повітря > 25 °С	Кількість днів з температурою повітря > 30 °С	Кількість днів з туманом	Кількість днів з вологістю повітря 80%	Кількість днів, коли спостерігався штиль
2000	25	4	1	36	32	15	23	51	56
2001	32	5	2	31	29	14	24	46	60
2002	41	6	3	30	20	10	26	39	46
2003	10	7	2	41	22	12	28	42	73
2004	25	8	1	25	20	13	31	40	39
2005	26	9	3	28	15	06	10	35	51
2006	57	4	4	23	21	5	15	37	62
2007	46	10	1	29	19	10	16	42	42
2008	20	11	2	35	26	17	29	56	52
2009	38	12	3	37	24	19	31	58	28

Продовження таблиці 12.3

Рік	Кількість днів з несприятливими погодними умовами								
	Кількість днів із північним напрямом вітру	Кількість днів із південним напрямом вітру	Кількість днів із східним напрямом вітру	Кількість днів із західним напрямом вітру					
2000	25	62	25	56					
2001	16	52	23	14					
2002	48	43	24	18					
2003	56	38	16	19					
2004	34	49	46	20					
2005	49	16	61	23					
2006	57	47	52	25					
2007	62	25	48	26					
2008	23	46	30	27					
2009	46	51	20	42					

Література

1. Оксенгендлер Г. И. Яды и противоядия. – Л.: Наука, 1982.
2. Журавлев В. Ф. Токсикология радиоактивных веществ. – М.: Энергоиздат, 1990.
3. Измеров Н. Ф., Саноцкий И. В., Сидоров К. К. Параметры токсикометрии промышленных ядов при однократном воздействии. – М.: Медицина, 1977.
4. Сахаев В. Г., Щербицкий Б. В. Спраочник по охране окружающей среды. – К.: Будівельник, 1986.
5. Хепли Э., Кумасото Х. Надежность технических систем и оценка риска. – М.: Машиностроение, 1984.
6. Каспаров А. А. Гигиена труда. – М.: Медицина, 1988.
7. Иванов В. И. Курс дозиметрии. – М.: Атомиздат, 1978.
8. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
9. Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (Затверджена Наказом Міністерства праці і соціальної політики України від 04.12.2002, № 637 і узгоджена Міністерством з питань надзвичайних ситуацій, Міністерством внутрішніх справ, Міністерством екології та природних ресурсів, Міністерством здравоохранения Державним комітетом з будівництва і архітектури України).
10. Наставлення з дослідження небезпеки і кількісної оцінки ризику техногенних аварій. (Додаток до «Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки»).
11. А.Л. Цыкало, Е.О. Трифонова Обобщенная зависимость частоты чрезвычайных ситуаций от их тяжести. Современные проблемы холодильной техники и технологии. – Одесса, 2003, - с.135-138.
12. В Маршалл. Основные опасности химических производств. – М.: Мир, 1978. – 672 с.