

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних робіт з дисципліни
«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»

для бакалаврів 4 року навчання денної та заочної форми
спеціальності 101 «Екологія»

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
101 «Екологія»
Протокол № 9 від «23» 05 2024 р.
Голова групи Чугай А.В.

Затверджено
на засіданні кафедри екології та охорони довкілля
Протокол № 7 від «24» квітня 2024 р.
Завідувач кафедри Чугай А.В.

Одеса 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до практичних робіт з дисципліни
«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»

для бакалаврів 4 року навчання денної та заочної форми
спеціальності 101 «Екологія»

Затверджено на засіданні групи забезпечення
спеціальності 101 «Екологія»

Протокол № 9 від «23» 05 2024р.

Одеса– 2024

Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Екологічна безпека» для бакалаврів 4 року навчання денної та заочної форми спеціальності 101 «Екологія». / Колісник А.В., Чернякова О.І. Одеса, ОДЕКУ, 2024. 89 с.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	6
ВСТУП.....	7
1 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ТРАВМУВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ, ЯКИЙ ВИНΙΚАЄ В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА	9
1.1 Загальні положення	9
1.2 Визначення величини ризику, який виникає в процесі виробництва та мешкання в означеному середовищі...	10
1.3 Завдання щодо виконання практичної роботи №1	13
1.4 Приклад розрахунку.....	15
2 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ СКОРОЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ЖИТТЯ ВІД ВПЛИВУ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....	16
2.1 Загальні положення.....	16
2.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №2...	17
2.3 Приклад розрахунку	19
3 ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ РИЗИКУ ЗАХВОРЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЮ ВІБРАЦІЙНОЮ ХВОРОБОЮ.....	20
3.1 Загальні положення.....	20
3.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №3..	26
3.3 Приклад розрахунку.....	27
4 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ТА АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖНОЇ СИТУАЦІЇ.....	29
4.1 Загальні положення.....	29
4.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №4..	39
4.3 Приклад розрахунку.....	41
5 ОЦІНКА РИЗИКУ ПЕРЕЛОМУ КОРПУСУ СУДНА З МЕТОЮ СТРАХУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ.....	43
5.1 Загальні положення.....	43

5.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №5..	46
5.3 Приклад розрахунку.....	49
6 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ПЛАСТМАСОВИХ ВІДХОДІВ.....	50
6.1 Загальні положення.....	50
6.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №6..	50
6.3 Приклад розрахунку.....	52
7 ОЦІНКА РИЗИКУ, ЗАСНОВАНА НА ПРИНЦИПАХ ГІГІЄНИЧНОГО РЕГЛАМЕНТУВАННЯ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ ДОВКІЛЛЯ.....	53
7.1 Загальні положення.....	53
7.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №7..	58
7.3 Приклад розрахунку.....	59
8 ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ СКОРОЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ЖИТТЯ ДЛЯ УМОВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	61
8.1 Загальні положення.....	61
8.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №8..	66
8.3 Приклад розрахунку.....	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	73
ДОДАТОК А.....	75
ДОДАТОК Б.....	88

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ВПНО – вибухо- та пожежонебезпечні об'єкти
ВПНР – вибухо- та пожежонебезпечні речовини
ГДК_{мр} – гранично допустима концентрація максимального разова
ГДК_{р.з.} – гранично допустима концентрація робочої зони
ГДК_{с.д.} – гранично допустима концентрація середньодобова
МКРЗ – Міжнародна комісія по радіаційному захисту
МНС – Міністерство з надзвичайних ситуацій
НФП – небезпечні фактори пожежі
ПП – промислове підприємство
СТЖ_{забр} – скорочення тривалості життя в результаті знаходження у забрудненому повітрі
ЧАЕС – Чорнобильська атомна електростанція

ВСТУП

Мета методичних вказівок полягає в формуванні у студентів знань основних принципів екологічної безпеки, шляхів і методів вирішення проблем запобігання аваріям, аварійним ситуаціям, катастрофам стихійного або техногенного походження.

Компетентність – здатність інформувати громадськість про стан екологічної безпеки та збалансованого природокористування, участь в розробці системи управління та поводження з відходами виробництва та споживання.

Задачі методичних вказівок: надання допомоги у підготовці до виконання практичних робіт. Вони також дозволяють студентам заочної форми навчання самостійно опрацювати теоретичний матеріал та сформувати необхідні практичні навички.

Результат навчання – знання понятійного апарату та основних закономірностей формування екологічної небезпеки й управління безпекою, формування навичок оцінювання непередбачуваних екологічних проблем і обдуманого вибору шляхів їх вирішення, здатність брати участь у розробці та реалізації проектів, направлених на оптимальне управління та поводження з виробничими та муніципальними відходами.

Методичні вказівки складаються з таких частин:

- скорочення та умовні позначки;
- вісім практичних робіт;
- додатки А та Б.

Для перевірки ступеню засвоєння матеріалу в кінці теоретичних розділів кожної практичної роботи наведені питання для самоконтролю, які дозволяють студенту самостійно визначити ступінь засвоєння матеріалу.

Формами контролю засвоєння практичних знань з практичного модулю ЗМ-П з дисципліни «Екологічна безпека» є усне опитування під час проведення практичних занять та захист 7 практичних робіт, а також обов'язкове індивідуальне завдання – домашня робота (виконання практичної роботи №8). Студенти заочної форми навчання виконують вісім практичних робіт, а по результатах оформлюють письмовий звіт та проходять процедуру захисту. Письмовий звіт для кожної практичної роботи складається окремо та оформлюється по аналогії з прикладом розрахунку, який наведено в методичних вказівках.

Студенти денної та заочної форми навчання виконують індивідуальне розрахункове завдання за темою: «Визначення імовірності скорочення тривалості життя для умов забруднення атмосферного повітря» (практична робота №8) згідно з отриманим індивідуальним варіантом.

Звіт виконується на основі засвоєння теоретичного матеріалу про вплив забруднювачів повітря на організм людини та методики розрахунку ризику скорочення тривалості життя людини внаслідок такого впливу. Звіт про виконання ІЗ (ДЗ) подається студентом у вигляді текстового документа, який складається з: 1) титульного аркуша; 2) змісту; 3) вступу; 4) теоретична частина; 5) результатів розрахунків; 6) висновків; 7) переліку посилань.

Звіт подається не пізніше ніж за два тижні до семестрового підсумкового контролю. Оцінка за ІЗ виставляється в інтегральну відомість окремим модулем і враховується у практичній частині модульного контролю при виведенні оцінки поточного семестрового контролю.

Якщо студент без помилок виконав розрахунки, проаналізував їх, написав висновки та правильно оформив ІЗ, отримує 12 балів (60 % від максимальної кількості балів). Захист відбувається в дату назначену керівником проекту, студент може отримати додатково ще 8 балів. Загальна оцінка за виконання індивідуального домашнього завдання становить 20 балів.

У випадку дистанційної форми навчання, письмові звіти необхідно прикріпити в системі електронного освітнього ресурсу (ЕОР) Moodle (<http://dpt09s.odeku.edu.ua/>) для перевірки викладачем та оцінювання або надіслати викладачу на електронну пошту.

Всього за практичну частину дисципліни «Екологічна безпека» студент може отримати 40 балів. Максимальна сума балів за практичну складову дисципліни складає 60 балів.

Наприкінці методичних вказівок наводиться перелік посилань на літературні джерела, які також можна використовувати при підготовці до практичних занять.

Більш повну методику оцінювання наведено в силлабусі для цієї дисципліни.

Збірник методичних вказівок складено відповідно до силлабусу з дисципліни «Екологічна безпека» для студентів спеціальності 101 «Екологія».

1 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ТРАВМУВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ, ЯКИЙ ВИНΙΚАЄ В ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА

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 (безпосередньо або посередньо), тобто викликати несприятливі наслідки.

Визначення безпеки 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 безпеки.

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 безпеки (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Класифікація умов професійної безпеки

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

З аксіоми про потенційну безпеку випливає, що забезпечити сто відсоткові 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].

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

Математичний апарат аналізу ризику базується на знанні теорії 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 Законі України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» (2001 рік), приводиться визначення: ризик – ступінь імовірності певної негативної події, яка може відбутися в певний час або за певних обставин на території об'єкта підвищеної небезпеки і/або за його межами. Тобто ризик - імовірність виникнення будь-якої небезпечної події протягом певного періоду або за певних обставин [2].

Також можливо трактувати "ризик" як частоту 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:

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

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

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

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 фактору 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 захворюнню 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.

Іноді 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, які обмежені діапазоном ризику від $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ на людину за рік. Такі умови прийнято класифікувати як відносно безпечні, тобто відносити до 2-ої категорії професійної небезпеки (табл. 1.1).

Існують декілька методичних підходів до визначення ризику:

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

Найбільш поширеними підходами при визначенні ризику є перші три із перелічених, які є найкращими, тому що накопичені статистичні дані носять безперечний характер, а імовірний аналіз і використання "дерев" можуть охоплювати всі явища [1].

Питання для самоконтролю

1. Дати визначення поняттю «небезпека».
2. Яка використовується класифікація умов професійної небезпеки?
3. Дати визначення поняттю «ризик».
4. Як визначити величину ризику?
5. Яка існує класифікація умов професійної небезпеки?
6. Назвіть загальну розрахункову формулу ризику.
7. Які види ризику існують?
8. Які методичні підходи використовують для визначення ризику?
9. Як інтерпретувати ризик?
10. Як використовується значення ризику?

1.3 Завдання щодо виконання практичної роботи №1

1. Уважно вивчити теоретичну частину практичної роботи.
2. Кожен студент повинен отримати у викладача індивідуальний варіант.
3. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом необхідно вирішити дві задачі.

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

Таблиця 1.2 - Вихідні дані до задачі 1

Номер варіанту	Галузі промисловості	Чисельність персоналу на об'єктах, тис. чол.	Всього травмовано за рік, чол.
1	2	3	4
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	Гідроенергетика	8	27
15	Теплоенергетика	34	34
16	Атомна енергетика	15	10
17	Судноплавство	34	54
18	Транспорт	345	187
19	Виробництво будматеріалів	87	239

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4
20	Виробництва паперу	65	340
21	Сільське господарство	897	123
22	Виробництво добрив	548	72
23	Будівництво	878	453
24	Нафтопереробка	83	205
25	Легка промисловість	198	58

Задача 2. Визначити ризик загибелі мешканця гірського селища від зсувів, якщо він 40 годин в тиждень працює в іншому районі, виїздить у відрядження і на відпочинок. За 20 років загинуло 25 чоловік із загальної кількості мешканців 1 000 (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Вихідні дані до задачі 2

№ варіанту	Тривалість відрядження, тижнів	Тривалість відпустки, тижнів
1	2	3
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
12	7	4
13	2	5
14	4	6
15	6	3
16	1	4
17	2	6
18	3	6

Продовження табл. 1.3

1	2	3
19	4	5
20	5	6
21	1	6
22	2	4
23	3	2
24	4	2
25	9	4

4. Провести аналіз отриманих характеристик та зробити висновок.

1.4 Приклад розрахунку

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

Відомо: щорічно гине біля $n = 8$ тис. чоловік при загальній кількості працюючих $N = 23$ млн. чоловік.

$$R = n / N = (8 \cdot 10^3) / (2,3 \cdot 10^7) = 3,48 \cdot 10^{-4} \text{ рік}^{-1} \quad (1.4)$$

Величина ризику травмування дорівнює $3,48 \cdot 10^{-4}$ наслідків на людину за рік, тобто на кожний мільйон працюючих припадає 348 травмованих.

Згідно табл. 1.1 це 2 категорія, тобто відносно безпечні умови професійної діяльності.

Задача 2. Визначити ризик загибелі мешканця гірського селища від зсувів, якщо за статистичними даними:

- загинуло - 10 мешканців за 50 років;
- постійне число мешканців - 300;
- працює в місті мешканець 40 годин в тиждень;
- на відпочинок на 4 тижня виїздить із селища в рік;
- у відрядженні проводить 2 тижня кожний рік;
- в році - 52 тижня;
- в тижні - число годин 168.

$$R = \frac{10 \cdot (52-4-2) \cdot (168-40)}{300 \cdot 50 \cdot 52 \cdot 168} = \frac{10 \cdot 46 \cdot 128}{300 \cdot 50 \cdot 52 \cdot 168} = \frac{58\,880}{13\,104\,000} = 4,49 \cdot 10^{-4} \quad (1.5)$$

Величина ризику дорівнює $4,49 \cdot 10^{-4}$ смертельних наслідків на людину за рік. Згідно табл. 1.1 це 2 категорія, тобто відносно безпечні умови.

2 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ СКОРОЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ЖИТТЯ ВІД ВПЛИВУ РАДІАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

2.1 Загальні 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 (68 років), які в середньому живе людина. Ця доза обумовлена зовнішнім та внутрішнім опроміненням [1].

Скорочення тривалості життя при рівному ступені забруднення території радіонуклідами визначається у наступній послідовності.

По-перше, розраховується доза опромінення за все життя після утворення забруднення за формулою, яка рекомендується науковою службою ООН:

$$D = K \cdot p \quad \text{Кі/км}^2, \quad (2.1)$$

де K – коефіцієнт, величина якого залежить від типу ґрунтів, переважних у регіоні проживання і він змінюється у межах від 0,2 до 0,8 (наприклад, для піщаних ґрунтів K дорівнює 0,8, а для чорноземів – 0,2, тому що в цих ґрунтах міграція радіонуклідів з ґрунту в рослинні та в м'ясопродукти для населення уповільнена);

p – щільність забруднення місцевості радіонуклідами, Кі/км^2 .

По-друге, визначається середня втрата часу життя (СВЖ), яка пов'язана з дозою опромінення за формулою

$$\text{СВЖ} = 5 D. \quad (2.2)$$

По-третє, визначається ризик

$$R = \text{СВЖ}/25000, \quad (2.3)$$

де 25000 – умовно розрахункова тривалість життя, діб.

В цьому випадку використовується поняття територіального ризику, для якого всі значення до $1 \cdot 10^{-7}$ є прийнятними, тобто умови є безпечними. При перевищенні $1 \cdot 10^{-7}$ умови оцінюються як небезпечні.

Питання для самоконтролю

1. Як визначити дозу опромінення? Чим вона обумовлена?
2. У яких межах змінюється коефіцієнт К, який характеризує тип ґрунтів?
3. Яку розмірність має щільність забруднення місцевості радіонуклідами?
4. Як визначити середню втрату часу життя (СВЖ)?
5. Які складові формули розрахунку ризику?
6. Яка середня розрахункова тривалість життя?
7. Яке значення територіального ризику є прийнятним (безпечні умови)?

2.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №2

1. Уважно вивчити теоретичну частину практичної роботи.
2. Кожен студент повинен отримати у викладача індивідуальний варіант.
3. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом необхідно вирішити три задачі.

Задача 1. Визначити D, СВЖ та R для варіантів, які представлені у таблиці 2.1. Провести аналіз отриманих характеристик та зробити висновок.

Таблиця 2.1 – Вихідні данні для розрахунку згідно індивідуального варіанту

Номер варіанту	Початкова щільність забруднення, р, Кі/км ²	Коефіцієнт типу ґрунтів, К	Номер варіанту	Початкова щільність забруднення, р, Кі/км ²	Коефіцієнт типу ґрунтів, К
1	2	3	4	5	6
1	5	0,20	13	5	0,80
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

Продовження табл. 2.1

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

Задача 2. Визначити D, СВЖ та R для двох зон (2 та 3) радіаційного зараження внаслідок аварії на ЧАЕС.

Провести аналіз отриманих характеристик та зробити висновок.

Для розрахунків використати **K** з таблиці 2.1(згідно варіанту), а щільність забруднення ґрунту довго живучими радіонуклідами, понад доаварійного рівня взяти з таблиці 2.2 згідно ст.2 Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» [3]:

Таблиця 2.2 - Щільність забруднення ґрунту довго живучими радіонуклідами, понад доаварійного рівня

№	Радіонукліди	Зона 2 (безумовного відселення), Кі/км ²	Зона 3 (гарантованого добровільного відселення), Кі/км ²
1	ЦЕЗІЙ	15,0	5,0
2	СТРОНЦІЙ	3,0	0,15
3	ПЛУТОНІЙ	0,1	0,01

Завдання 3 – Ознайомитись та скласти конспект :

- Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» [3] ;
- Закон України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи» [4].

2.3 Приклад розрахунку

Визначити D, СВЖ та R при щільності забруднення 50 Кі/км^2 и коефіцієнту типу ґрунту 0,6. Розраховуємо за вищеписаною послідовністю:

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

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

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

Величина ризику дорівнює $6 \cdot 10^{-3}$. У відповідності до значення прийнятного ризику умови перебування на території забрудненої радіонуклідами можна характеризувати як небезпечні.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ РИЗИКУ ЗАХВОРЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЮ ВІБРАЦІЙНОЮ ХВОРОБОЮ

3.1 Загальні положення

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

Клінічна специфічність професійних захворювань завжди відносна, лише деякі з них характеризуються особливим комплексом симптомів, 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.

Виділяється п'ять груп професійних захворювань.

До I групи належать хвороби, *викликані впливом хімічних факторів*. Це 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, металококоніози, карбококоніози, пневмоконіози від впливу різних видів пилу;
- хвороби бронхолегеневої системи, викликані органічним пилом (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 слуху по типу кохлеарного невриту;
- захворювання, пов'язані з дією електромагнітних опромінь та розсіяного лазерного випромінювання;
- місцеве пошкодження тканин лазерним випромінюванням — опіки шкіри, ураження очей, катаракта;

- 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*. Це 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, сап, 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 містяться 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 захворювань 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 регламентують 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).

Використовують також біологічні методи для підвищення стійкості організму (загартовування, вітамінізація, лікувальна фізкультура, санітарно-курортне лікування).

Факт визнання професійного захворювання страховим випадком, установлюється при проведенні експертизи про обставини, умови і причини, 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 вібруючими 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, формівників, обрубників 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 мозку 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 каменотесів, які використовували пневматичний отбійний молоток [5].

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, ввібрана (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 розладнання, ураження кістково-суглобної та інших систем людини. Крім цього, вібрація є потужним стрес-фактором, який негативно впливає 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;
- церебральну – від переважного впливу на весь організм людини (локальна і загальна).

Розрізняють три стадії хвороби:

- початкова (1 стадія);
- помірна виражена (2 стадія);
- виражена (3 стадія).

Така класифікаційна симптоматика полегшує своєчасну оцінку імовірних негативних наслідків, які визначаються умовами праці, також 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 віброприскорення a_f приблизно дорівнює $0,3 \text{ м/с}^2$ [6].

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 випромінення.

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

Так, на протязі 25 років спостерігалась група робітників із 40 чоловік. 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, генеруємого інструментом) [7,8].

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

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

$$R = Q / \tau, \text{ 1 / год,} \quad (3.1)$$

де Q – імовірність захворювання;

τ - час дії (експозиції) вібрації, по закінченні якого появляються ознаки вібраційної хвороби (тобто час виникнення захворювання).

Таблиця 3.1 – 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:

$$R = 0,01 a_{\text{лок}} \cdot Q^{0,5}, \quad (3.2)$$

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

Q - імовірність захворювання.

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).

Питання для самоконтролю

1. Що таке «професійні хвороби»?
2. На які групи поділяють професійні хвороби?
3. Які хвороби належать до 1 групи професійних захворювань? Якими факторами викликані?
4. Які хвороби належать до 2 групи професійних захворювань? Якими факторами викликані?
5. Які хвороби належать до 3 групи професійних захворювань? Якими факторами викликані?
6. Які хвороби належать до 4 групи професійних захворювань? Якими факторами викликані?
7. Які хвороби належать до 5 групи професійних захворювань? Якими факторами викликані?
8. Дати визначення поняттю «промислова вібрація».
9. Дати визначення «вібраційної хвороби», охарактеризувати причини та наслідки.
10. Які форми має «вібраційна хвороба»?
11. Які існують стадії «вібраційної хвороби»?
12. Від яких факторів залежить імовірність захворювання.
13. Як визначити ризик захворювання «вібраційною хворобою»?
14. Як інтерпретувати час виникнення симптомів захворювання.

3.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №3

1. Уважно вивчити теоретичну частину практичної роботи.
2. Кожен студент повинен отримати у викладача індивідуальний варіант. Вихідні дані для індивідуальних варіантів наведені в табл. 3.2.
3. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом необхідно визначити величину ризику та час, по закінченні якого може наступити захворювання вібраційною хворобою, при заданих значеннях віброприскорень та імовірності захворювання.
4. Провести аналіз отриманих характеристик та зробити висновок.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані індивідуальних варіантів

№ варіанту	Віброприскорення, $a, \text{м/с}^2$	Імовірність захворювання, Q	№ варіанту	Віброприскорення, $a, \text{м/с}^2$	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

3.3 Приклад розрахунку

Завдання: Визначити ризик та час захворювання при локальній вібрації, який відповідає гранично припустимому рівню віброприскорення, який дорівнює $0,54 \text{ м/с}^2$ та $Q = 0,1$. Кількість групи працівників - 10 , тобто тут $R = R_{\text{інд}}$.

Згідно формулі (3.2) проводим розрахунок:

$$R = 0,01 a_{\text{лок}} \cdot Q^{0,5} = 0,01 \cdot 0,54 \cdot \sqrt{0,1} = 0,0017 = 1,7 \cdot 10^{-3} \quad (3.3)$$

$$T = Q / R = 0,1 / 0,0017 = 58,82 \text{ років} \quad (3.4)$$

Значення ризику згідно класифікації умов професійної небезпеки (табл.1.1) відноситься до 3 категорії, тобто небезпечні умови. 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.

Такий період (58,82 років), передуючий захворюванню вібраційною хворобою, практично перевищує тривалість професійної діяльності з використанням вібраційного інструмента або вібруючого обладнання, але не виключає реальної загрози погіршення здоров'я.

4 ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ТА АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖНОЇ СИТУАЦІЇ

4.1 Загальні положення

У господарському комплексі України діє понад 1,5 тисяч вибухо- та пожежонебезпечних об'єктів (ВПНО), на яких зосереджено близько 13 млн. тонн твердих і рідких вибухо- та пожежонебезпечних речовин (ВПНР) [9].

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.

Що стосується техногенного фактору – це несправність виробничого обладнання, порушення технологічного процесу виробництва, порушення правил експлуатації та улаштування електроустановок, вибухи, порушення правил улаштування пічного опалення, порушення правил експлуатації та улаштування тепло генеруючих агрегатів та установок.

До природного фактору відносять 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) [1].

Основу сил реагування складають державні протипожежні формування:

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

Головними шляхами забезпечення безпеки на ВПНО мають бути:

- проведення комплексних заходів на вибухо- та пожежонебезпечних підприємствах і об'єктах;
- прискорене поновлення основних фондів вибухо-, пожежонебезпечних підприємств і об'єктах та здійснення контролю за їх станом;
- створення ефективних систем технологічного контролю і діагностики виникнення пожеж та впровадження автоматичних засобів сигналізації та пожежогасіння;
- підвищення рівня забезпечення пожежогасіння житлового сектору;
- удосконалення системи навчання населення правилам пожежної безпеки та поведіння 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 в зоні 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 перетворення речовини (вибухове горіння), що супроводжується виділенням енергії і утворенням стиснутих газів, що здатні проводити роботу [10].

Пожежі на промисловому підприємстві (ПП) виникають у більшості випадків від несправності обладнання, електроустановок, контрольно-

вимірювальних та захисних приладів, небережного поводження з вогнем обслуговуючого персоналу) [5]. .

Самими поширеними джерелами запалення на ПП є:

- іскра при 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;
- підвищена температура;
- 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 пожежонебезпечних подій, реалізація яких приведе 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 пожежонебезпечних подій, необхідних та достатніх для виникнення пожежі (вибуху). Таку схему називають моделлю виникнення пожежі, а в більш загальному розумінні – "дерево" причин та небезпеки. Подібна схема представлена на рис. 4.1.

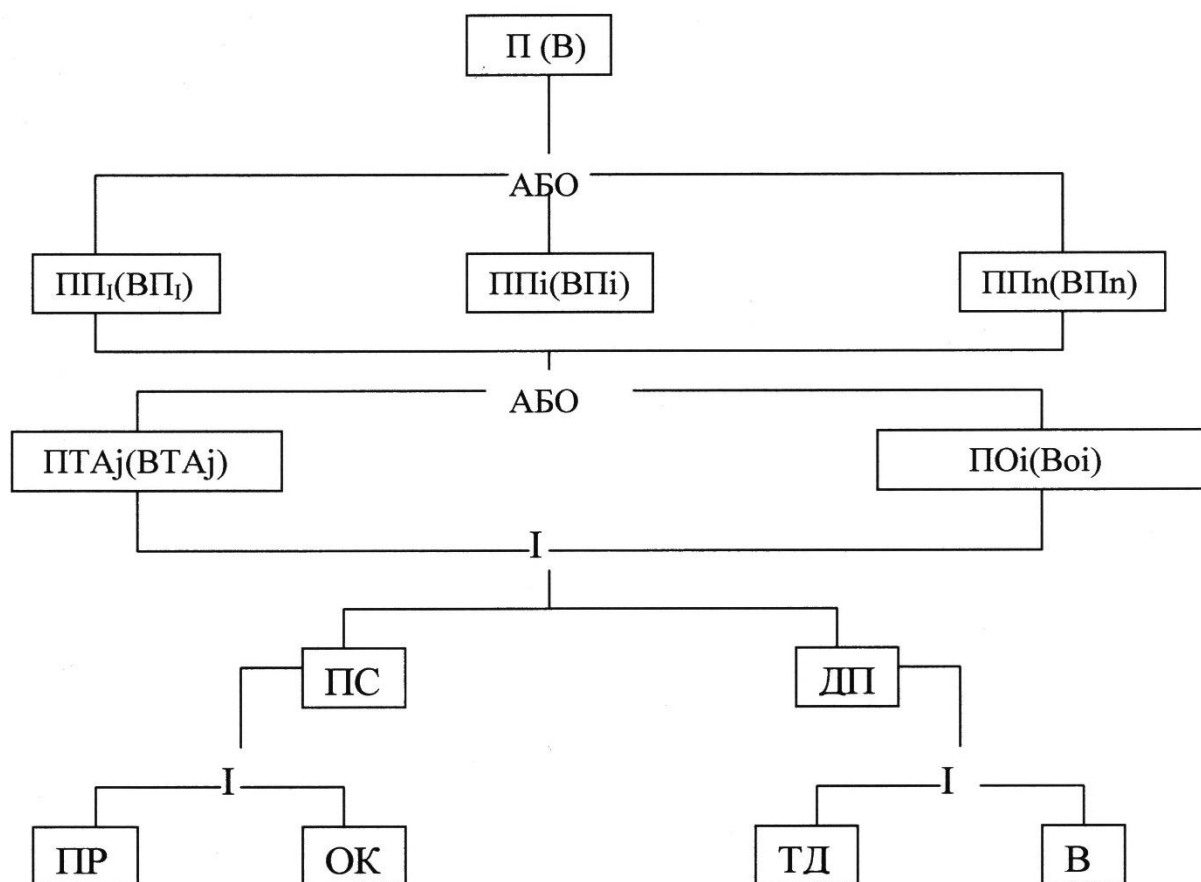


Рисунок 4.1 – Модель виникнення пожежі ("дерево" причин та небезпеки)

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 апарату);
- ПО_i (ВО_i) - виникнення пожежі (вибуху) безпосередньо в об'ємі приміщення (i-го приміщення), яке досліджується;
- ПС – утворення паливного середовища в елементі об'єкту, який розглядається;
- ДП – поява в паливному середовищі джерела підпалення;
- ПР – поява в елементі об'єкту достатньої кількості паливної речовини або матеріалу який розглядається;
- ОК – поява там же окислювача;
- ТД – поява у ДП теплового (енергетичного) джерела з параметрами, достатніми для займання паливного середовища;
- З – здібність займатися ТД, достатня для займання ПС у елементі об'єкта, який розглядається;

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

$$Q(\text{ПВ}) = 1 - \sum_{i=1}^n [1 - Q_i(\text{ПП})] \quad (4.1)$$

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 приміщення, яке розглядається (подія ПО_i).

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

$$Q(\text{ПП}) = 1 - \left\{ \sum_{j=1}^m [1 - Q_j(\text{ПТА})] \right\} \cdot [1 - Q_i(\text{ПО})] \quad (4.2)$$

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 перетинів (помножень) випадкових подій утворення паливних середовищ поява джерел підпалення:

$$Q_i(\text{ПО}) = Q_i \sum_{K=1}^K \sum_{n=1}^N [U \cdot (ГС \cap \cdot \text{ИЗ}_n)] \quad (4.3)$$

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;

U – 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:

$$Q_i(\text{ПО}) = 1 - \sum_{K=1}^K \sum_{n=1}^N [1 - Q_i(ГС_K) \cdot Q_i(\text{ИЗ}_n / ГС_K)] \quad (4.4)$$

де $Q_i(ГС_K)$ – імовірність появи у i -м об'єкті K -ого паливного середовища впродовж року;

$Q_i(\text{ИЗ}_n / ГС_K)$ – 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 пожежонебезпечні 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 пожежонебезпечного 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 склінням висотою 10 м. Освітлення цеху - електричне, опалення – центральне. Цех обладнаний аварійною вентиляцією з 8-ми кратним повітряним обміном. Розміри приміщення у плані 20 м x 12 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 [11] це підприємство відноситься до категорії А (тобто в цеху можливе виникнення як пожежі , так і вибуху). За умовами технологічного процесу виникнення вибухо- та пожежонебезпечної концентрації в об'ємі приміщення можливе тільки в аварійних умовах.

Розрахунок, який виконується на основі статистичних даних, взятих із наступних 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 планових та попереджувальних ремонтів,

щомісячні звіти про використання обладнання, довідкові та паспортні дані про надійність різних елементів обладнання.

Для отримання інформації про порушення протипожежного режиму на об'єкті, несправності 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 пожежо-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:

$$R = 1 / 5263 = 0,00019 = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ рік}^{-1} \quad (4.5)$$

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 логічною би було перенести і на них знайдену можливість виникнення вибуху або пожежі (ризикає), а це дає підстави віднести умови їхньої фахової діяльності до 2-ої 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:

$$R_i = Q_n P_{np} (1 - P_e) (1 - P_{п.з.}), \quad (4.6)$$

де Q_n – імовірність пожежі у приміщенні за рік;

P_{np} – імовірність присутності людей у приміщеннях об'єкту при роботі: 0,33 – в одну 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:

$$P_e = 1 - (1 - P_{e.п.}) (1 - P_{д.в.}), \quad (4.7)$$

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

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

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

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

$$P_{п.з.} = 1 - \sum_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (4.8)$$

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 наступні види ризику:

- 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:

$$R = N_{\text{пож.}} / N_{\text{нас}} , \quad (4.9)$$

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

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

Ризик загинути на пожежі можна розрахувати за формулою:

$$R = N_{\text{заг.}} / N_{\text{пож.}} , \quad (4.10)$$

де $N_{\text{заг}}$ - кількість загиблих на пожежі, чоловік;

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

Ризик загинути від пожежі можна розрахувати за формулою:

$$R = N_{\text{заг.}} / N_{\text{нас}} , \quad (4.11)$$

де $N_{\text{заг}}$ - кількість загиблих на пожежі, чоловік;

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

Питання для самоконтролю

1. На які групи поділяють причини виникнення пожеж та загибелі людей?
2. Які існують шляхи зниження ризику пожежі та вибуху?
3. Дати визначення поняттю «пожежа».
4. Дати визначення поняттю «вибух».
5. Які причини виникнення пожеж на промислових об'єктах?
6. Які існують джерела запалення на промислових об'єктах?
7. Які фактори впливають на людину та довкілля при виникненні пожежі?

8. Що собою представляє модель виникнення пожежі («дерево» причин та небезпеки)?
9. На яких етапах існування підприємства визначається ризик пожежної небезпеки.
10. Які існують офіційні джерела інформації про порушення протипожежного режиму на об'єкті?
11. Яке прийнятне значення ризику пожежної безпеки.
12. Що є показником оцінки індивідуального ризику для персоналу на промислових об'єктах.
13. Як розрахувати ризик зіткнутись з пожежею?
14. Як розрахувати ризик загинути на пожежі?
15. Як розрахувати ризик загинути від пожежі?

4.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №4

1. Уважно вивчити теоретичну частину практичної роботи.
2. Кожен студент повинен о тримати у викладача індивідуальний варіант. Вихідні дані для індивідуальних варіантів наведені в табл. 4.1 та 4.2.
3. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом необхідно вирішити 2 задачі.
4. Провести окремо для кожної задачі аналіз отриманих характеристик та зробити висновок.

Задача 1. Визначити умови фахової діяльності на промислових об'єктах, якщо відповідні вибірки кількості промислових об'єктів для кожного індивідуального варіанту надані у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні данні задачі 1

Номер варіанту	Кількість промислових об'єктів	Номер варіанту	Кількість промислових об'єктів
1	2	3	4
1	3475	14	4122
2	3589	15	4339
3	3871	16	4568
4	3984	17	4739

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4
5	4948	18	6147
6	5197	19	6304
7	5311	20	6475
8	5493	21	6624
9	5618	22	6817
10	5737	23	6943
11	5877	24	7009
12	5918	25	4258
13	6001	26	3587

Задача 2. Зробити оцінку ризику: зіткнутись з пожежею, загинути на пожежі, загинути від пожежі у відповідності до статистичних даних про вибухонебезпечні об'єкти по регіонах України. Вихідні дані для розрахунку у табл.4.2.

Таблиця 4.1 - Вихідні дані задачі 2

Номер варіанту	Область	Кількість населення, тис. чоловік	Кількість ВІНО	Кількість пожеж	Кількість загинув у пожежах, чоловік
1	2	3	4	5	6
1	Вінницька	1772,4	90	1708	148
2	Волинська	1060	73	1103	66
3	Дніпропетровська	3567	53	4174	311
4	Донецька	4841	180	6579	541
5	Житомирська	1389	54	2054	162
6	Закарпатська	1258	23	1020	66
7	Запорізька	1929	106	3052	199
8	Ів.-Франківська	1409	61	1189	46
9	Київська	1828	38	2001	117
10	Кіровоградська	1133	57	1536	103

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6
11	Львівська	2626	62	2277	121
12	Миколаївська	1265	44	1924	130
13	Одеська	2469	34	2986	215
14	Полтавська	1630	76	2113	129
15	Рівненська	1173	29	1193	68
16	Сумська	1300	49	1820	143
17	Харківська	2914	43	3559	234
18	Херсонська	1175	44	1485	141
19	Хмельницька	1430	37	898	54
20	Чернівецька	923	45	742	71
21	Миколаївська	1567	53	2156	168
22	Одеська	2876	42	3004	228
23	Полтавська	1879	87	2535	141
24	Рівненська	1398	35	1209	74
25	Волинська	1060	85	1234	76
26	Дніпропетровська	3567	61	4582	287

4.3 Приклад розрахунку

Задача 1. Визначити умови фахової діяльності на промислових об'єктах, якщо кількість промислових об'єктів складає 5263.

$$R = 1 / 5263 = 0,00019 = 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ рік}^{-1} \quad (4.12)$$

Оскільки на цьому об'єкті є робітники, то в даному випадку, можливо це трактувати як індивідуальний ризик, а це дає підстави віднести умови їхньої фахової діяльності до 2-ої категорії – тобто відносно безпечні згідно класифікації умов професійної небезпеки (табл.1.1).

Задача 2. Зробити оцінку ризику: зіткнутись з пожежею, загинути на пожежі, загинути від пожежі у відповідності до статистичних даних про вибухонебезпечні об'єкти по регіонах України.

Вихідні дані для розрахунку:

- область – Житомирська;
- кількість населення – 1389 тис. чоловік;

- кількість ВПНО – 1485;
- кількість пожеж – 2184;
- кількість загиблих – 234 чоловіка.

Згідно формулі (4.9) розраховуємо ризик зіткнутись з пожежею:

$$R = N_{\text{пож.}} / N_{\text{нас}} = 2184 / 1389 \cdot 10^3 = 1,57 \cdot 10^{-3} \quad (4.13)$$

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

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

Індивідуальний ризик зіткнутись з пожежею в Житомирській області відноситься до 3-ої категорії – тобто небезпечні умови (згідно табл.1.1). В цьому випадку необхідно провести аналіз кількості пожеж, встановити які види пожежі вносять основний вклад та розробити заходи по їх зменшенню.

Згідно формулі (4.10) розраховуємо ризик загинути на пожежі:

$$R = N_{\text{заг.}} / N_{\text{пож.}} = 234 / 2184 = 1,07 \cdot 10^{-1} \quad (4.14)$$

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

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

Індивідуальний ризик загинути на пожежі в Житомирській області відноситься до 4-ої категорії – тобто дуже небезпечні умови (згідно табл.1.1). В цьому випадку необхідно провести аналіз кількості загиблих на пожежі, встановити причини та розробити заходи по їх зменшенню.

Згідно формулі (4.11) розраховуємо ризик загинути від пожежі :

$$R = N_{\text{заг.}} / N_{\text{нас}} = 234 / 1389 \cdot 10^3 = 1,68 \cdot 10^{-4}, \quad (4.15)$$

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

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

Індивідуальний ризик загинути від пожежі в Житомирській області відноситься до 2-ої категорії – тобто відносно безпечні умови (згідно табл.1.1). В цьому випадку необхідно, як і в попередньому випадку, провести аналіз кількості загиблих на пожежі, встановити причини та розробити заходи по їх зменшенню.

5 ОЦІНКА РИЗИКУ ПЕРЕЛОМУ КОРПУСУ СУДНА З МЕТОЮ СТРАХУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВИДІВ ДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Загальні положення

Використання методів теорії ризику потребує аналізу даних по теоретичним, фактичним, допустимим частотам і наслідкам відказів та заміни невиправданого ризику на економічно і екологічно обґрунтований з урахуванням всіх видів небезпеки ризику [5].

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 суден, ризик в абсолютному вигляді (в грошовій формі) може бути сформульований як:

$$R = \sum P_i (\sum \alpha_{ik} C_k), \quad (5.1)$$

де i – індекс категорії небезпеки, яка впливає на корпус судна, який має наступні причини:

- 1- перелом під час вантажної операції;
- 2- перелом під час посадки на мілину;
- 3- перелом при порушенні непроникності 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 -тої 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 $1 \cdot 10^{-6}$ за рік. При цьому вплив не повинен торкатись більш 5% видів біогеоценозу [5].

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 5.1 наведені експертні оцінки величини вагового коефіцієнту k -го наслідку при впливі i -тої небезпеки [5].

Указані величини отримані на основі раніш одержаних імовірностей та 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 [5].

Таблиця 5.1 – Ваговий коефіцієнт k -го наслідку при впливі i -тої небезпеки α_{ik}

Наслідки (k – індекс наслідку)	α_{ik} - ваговий коефіцієнт k -го наслідку при впливі i -тої небезпеки			
	Вантажні операції	Посадка на міліну	Порушення непроникності	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 5.2 наведені результати розрахунку вартості наслідків переломів корпусів для несамохідних суден з небезпечними вантажами.

Таблиця 5.2 – Вартість в доларах США наслідків переломів для несамохідних суден з небезпечними вантажами

Наслідки	Вантажні операції	Посадка на міліну	Порушення непроникності	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	0
Збитки від втрати експлуатаційного часу	7700	7700	7700	7700
Всього	1507200	3106700	3106700	236900

Питання для самоконтролю

1. Внаслідок яких причин частіше всього трапляються переломи суден.
2. Які наслідки виникають в результаті перелому корпусу судна.
3. Як визначити ризик для суден, які транспортують небезпечні вантажі?
4. Для яких ситуацій розраховують ризик безпеки для несамохідних суден з небезпечними вантажами?
5. Які враховують наслідки при визначенні ризику безпеки для несамохідних суден з небезпечними вантажами?
6. В якому діапазоні змінюється ваговий коефіцієнт к-го наслідку при впливі і-ої безпеки α_{ik} ?
7. Як визначити вартість наслідків переломів корпусів для несамохідних суден з небезпечними вантажами?
8. Для чого застосовуються подібні способи розрахунку.

5.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №5

1. Уважно вивчити теоретичну частину практичної роботи.
2. Кожен студент повинен о тримати у викладача індивідуальний варіант. Вихідні дані для індивідуальних варіантів наведені в табл. 5.3.
3. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом необхідно визначити ризик в доларах США для суден, які транспортують небезпечні вантажі, за відомих умов перелому судна та імовірних наслідках.

Таблиця 5.3 – Вихідні дані

Варіант	Небезпека	Імовірність перелому	Наслідки перелому
1	2	3	4
1	Вантажні операції	0,0065	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
2	Посадка на мілину	0,0018	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
3	Порушення непроникності	0,0094	Збитки від забруднення довкілля Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
4	Ремонтні операції	0,0082	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
5	Вантажні операції	0,0064	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
6	Посадка на мілину	0,0012	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу

Продовження табл. 5.3

1	2	3	4
7	Порушення непроникності	0,0058	Збитки від забруднення довкілля Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
8	Ремонтні операції	0,0083	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
9	Вантажні операції	0,0055	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
10	Посадка на міліну	0,0040	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
11	Порушення непроникності	0,0030	Збитки від забруднення довкілля Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
12	Ремонтні операції	0,0020	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
13	Вантажні операції	0,0010	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
14	Посадка на міліну	0,0070	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
15	Порушення непроникності	0,0008	Збитки від забруднення довкілля Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
16	Порушення непроникності	0,0010	Збитки від забруднення довкілля Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
17	Вантажні операції	0,0050	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу

Продовження табл. 5.3

1	2	3	4
18	Посадка на мілину	0,0012	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
19	Ремонтні операції	0,0040	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
20	Вантажні операції	0,0075	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
21	Вантажні операції	0,0085	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
22	Посадка на мілину	0,0056	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
23	Порушення непроникності	0,0010	Збитки від забруднення довкілля Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
24	Ремонтні операції	0,0015	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
25	Посадка на мілину	0,0425	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
26	Порушення непроникності	0,0320	Збитки від забруднення довкілля Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу
27	Ремонтні операції	0,0284	Відновлення конструкцій корпусу Збитки від втрати експлуатаційного часу Збитки від втрати вантажу
28	Вантажні операції	0,0123	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу

5.3 Приклад розрахунку

Визначим ризик в доларах США для суден, які транспортують небезпечні вантажі, з урахуванням заданих умов перелому судна та імовірних наслідках.

Варіант	Небезпека	Імовірність перелому	Наслідки перелому
29	Вантажні операції	0,0080	Відновлення конструкцій корпусу Збитки здоров'ю та життю людини Збитки від втрати вантажу

Згідно формулі (5.1) :

$$R = \sum P_i (\sum \alpha_{ik} C_k) = 0,008 * [(1*3600) + (0,003*3000) + (0,250*7500)] = 0,008 * [3600 + 9 + 1875] = 43,87$$

В результаті отримали розмір страхового платежу у розмірі 43,87 доларів США.

6 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ПЛАСТМАСОВИХ ВІДХОДІВ

6.1 Загальні положення

Відомо, що пластмасові матеріали вміщують відповідно результатам аналізу деяку кількість плутонію (Pu 238). Відомо, що в одному грамі плутонію відбувається $6,4 \cdot 10^{11}$ розщеплень за секунду, а 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 [1].

Відповідно до закону США про збереження і відновлення ресурсів RGRA, відходи будуть небезпечними, якщо маса продукту, який утворюється в 1 кг перевищує 10 мг бензолу [5].

Питання для самоконтролю

1. Чому пластмасові матеріали можуть бути небезпечними?
2. В якому випадку пластмасові матеріали будуть безпечними?
3. Як можна охарактеризувати ступінь небезпечності плутонію, як компонента відходів?
4. Як відбувається методологічний перехід при визначенні рівня небезпечності відходів від «плутонію» до «бензолу»?
5. Критерій токсичності по бензолу у відповідності до Закону США «Про збереження і відновлення ресурсів».

6.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №6

1. Уважно вивчити теоретичну частину практичної роботи.
2. Кожен студент повинен о тримати у викладача індивідуальний варіант. Вихідні дані для індивідуальних варіантів наведені в табл. 6.1.
3. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом необхідно 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. 6.1). Зробити висновок.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Номер варіанту	Маса пластмасових відходів, кг	Вміст плутонію –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
21	820	92
22	760	87
23	910	66
24	550	48

6.3 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 плутонію 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:

$$1,92 \cdot 10^{12} \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 365 = 6,055 \cdot 10^{19}.$$

Сумарна енергія альфа-частинок:

$$6,055 \cdot 10^{19} \cdot 5,6 = 3,391 \cdot 10^{20} \text{ MeV}.$$

Кількість молекул бензолу, що утворюються:

$$3,391 \cdot 10^{20} \cdot 6,2 = 21,02 \cdot 10^{20}$$

Загальна вага бензолу:

$$21,02 \cdot 10^{20} \cdot 1,29 \cdot 10^{-19} = 271,12 \text{ мг}.$$

Концентрація бензолу в пластмасових відходах:

$$271,12 / 3 = 90,37 \text{ мг/кг}$$

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

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

7.1 Загальні положення

Методика заснована на таких вхідних положеннях, що небезпека для здоров'я, обумовлена перевищенням ГДК с.д. (середньодобових), може бути оцінена на основі аналізу залежності ризику та тяжкості ефектів, які залежать від рівнів впливу у всьому діапазоні ефективних концентрацій: від смертельних до порогових або максимальних. Мірою умовного ризику (R) є деяка функція від імовірності появи ефекту певного ступеня важкості [1].

Небезпека для здоров'я, що викликана впливом i -тої забруднювальної речовини, має статечну (логарифмічну) залежність від рівнів впливу або ступеня перевищення ГДК с.д. :

$$R_i = b \lg(C_i / \text{ПДК с.д.}) \quad (7.1)$$

або

$$R_i = a + b \lg(C_i), \quad (7.2)$$

де C_i -фактична концентрація i -го забруднювача;

$a = -\lg(\text{ПДК с.д.})$,

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

Ступінь зростання небезпеки після 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 негативної 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 цілодобовій інгаляції, був прийнятий рівним 1/5.

Вплив концентрації на рівні ГДКр.з. (робочої зони) відповідало ефекту, що дорівнює 2.5 умовних одиниць.

Рівні впливу, близькі до середньо смертельних концентрацій або аварійним нормативам для повітря робочої зони (Immediately Dangerous to Life and Health Values - IDLH), відповідали 1. Для стандартизації інших параметрів токсикометрії була використана залежність "концентрація – умовний ризик (ефект)".

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

При трактуванні отриманих величин індексу ризику використовують ранговою шкалою, яка наведена в табл.7.1[1].

Таблиця 7.1 – Характеристика ризику з урахуванням тяжкості ефектів

Тяжкість ефектів	R_i
Смертельні ефекти	0.9 – 1.0
Тяжкі гострі ефекти	0.6 – 0.8
Порогові гострі ефекти	0.5 - 0.6
Тяжкі хронічні ефекти	0.2 – 0.5
Порогові хронічні ефекти	0.1 – 0.2
Реакції супер чутливих підгруп	0.05 – 0.1
Рівні мінімального ризику	0 – 0.05

При нормуванні допустимого вмісту шкідливих домішок, що мають рефлексний ефект, для атмосферного повітря обґрунтовується ГДКм.р., що слугує для попередження розвитку негайного токсичного ефекту. Тоді ГДКм.р визначається як:

$$ПДК_{м.р} = ЕС_{.16} / K_z \quad (7.3)$$

де $ЕС_{.16}$ - концентрація речовини, прийнята в якості порогової при однократному впливі, що викликає токсичний (рефлексний, подразнюючий і інше.) ефект з імовірністю 16%;

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

Значення K_3 і tg кута нахилу графіка слугують основою для віднесення конкретної речовини до одного з чотирьох класів небезпеки. В таблиці 7.2 представлені величини указаних параметрів у відповідності з класом небезпеки.

Таблиця 7.2 - Параметри K_3 та тангенсу кута нахилу графіка залежності "концентрація-ефект" при віднесенні речовини до різних класів небезпеки

Клас небезпеки	K_3	$tg l$, 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" прийнята модель індивідуальних порогів, що для зручності практичного використання може бути розбита на дві формули [1, 5]. 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 [5].

Відповідність "пробитів" і імовірності ефекту наведено у табл.7.3.

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

$$Y = a + b \times X \quad (7.4)$$

Для конкретизації цього рівняння, стосовно до нормативів атмосферного повітря слід прийняти до уваги, що коефіцієнт b - це тангенс кута нахилу графіка залежності "концентрація-ефект" [1], коефіцієнт a - це логарифм концентрації з ефектом дії 0 % - ЕС.о, що відповідно може бути визначений як:

$$lg EC.o = (tg(a) * lg K_3) - 1 \quad (7.5)$$

Таблиця 7.3 - 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		

Тоді можливо застосувати наступні формули для прогнозування ризику виникнення рефлєкторних ефектів при забрудненні атмосферного повітря:

$$1 \text{ клас} \quad Prob = -9.15 + 11.66 * lg (C/ГДК_{м.р}) \quad (7.6)$$

$$2 \text{ клас} \quad Prob = -5.51 + 7.49 * lg (C/ГДК_{м.р}) \quad (7.7)$$

$$3 \text{ клас} \quad Prob = -2.35 + 3.73 * lg (C/ГДК_{м.р}) \quad (7.8)$$

$$4 \text{ клас} \quad Prob = -1.41 + 2.33 * lg (C/ГДК_{м.р}) \quad (7.9)$$

Аналогічні підходи можливі до застосування й при оцінці якості питної води, на випадок присутності речовин, нормованих по 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. Тільки ті відчуття змін органолептичних властивостей води, що сприймаються людиною, можуть мати значення і слугувати мірилом при вирішенні питань регламентації вмісту речовини у воді.

Теоретичною основою пошуку порогових концентрацій за впливом на запах і присмак води є психофізичний закон Вебера-Фехнера, відповідно якому інтенсивність відчуття у балах пропорційна логарифму концентрації речовини [12]. Відповідно [12], перехід від одного балу до другого, як правило, здійснюється при зміні концентрації речовин, що визначають запах або присмак, в 1.5 - 2.5 (в середньому в 2 рази). З урахуванням цього, було обґрунтовано таке рівняння розрахунку ризику розвитку несприятливих органолептичних ефектів [12] :

$$Prob = -2 + 3.32 * \lg(Концентрація/норматив) \quad (7.10)$$

У ряді випадків, цей ризик допомагає оцінити потребу додаткових ресурсів питної води при "залповому" забрудненні джерела домішками, що надають воді неприємного запаху або присмаку.

Питання для самоконтролю

1. На яких вхідних положеннях заснована методика небезпеки для здоров'я, обумовлена перевищенням ГДКс.д. ?
2. Яку залежність має небезпека для здоров'я , що викликана впливом і-тої забруднювальної речовини від рівнів впливу або ступеня перевищення ГДК с.д. ?
3. Які ефекти дії хімічної речовини були прийняті за 0-й рівень відносного ризику ($R = 0$) ?
4. Яким значенням ризику відповідають рівні впливу, близькі до середньо смертельних концентрацій або аварійних нормативів повітря робочої зони?
5. Як можна охарактеризувати тяжкість ефектів при трактовці отриманих величин індексу ризику за ранговою шкалою?

6. Від чого залежать формули для прогнозування ризику виникнення рефлекторних ефектів при забрудненні атмосферного повітря?

7.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №7

1. Уважно вивчити теоретичну частину практичної роботи.
2. Кожен студент повинен о тримати у викладача індивідуальний варіант. Вихідні дані для індивідуальних варіантів наведені в табл. 7.4
3. Згідно з отриманим індивідуальним варіантом визначити ризик, пов'язаний з забрудненням атмосферного повітря та питної води, використавши вихідну інформацію (табл.7.4).
4. Провести аналіз отриманих характеристик та зробити висновок.

Таблиця 7.4 – 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	2	3	4	5	6	7	8	9
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

Продовження табл.7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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
21	формальдегід	0,79	II	0,046	залізо	2,5	III	0,3
22	фурацилін	19,0	II	9,4	кадмій	0,015	II	0,001
23	синєць	0,18	II	0,042	кремній	33,0	III	10,0
24	миш'як	19,5	II	15,0	аміак	15,2	IV	2,0

7.3 Приклад розрахунку

Завдання 1: визначити ризик виникнення рефлекторних реакцій, пов'язаний з забрудненням атмосферного повітря, якщо концентрація сірководню у повітрі - 0.028 мг/м³. Сірководень належить до другого класу небезпеки, ГДК м.р. - 0.008 мг/м³.

Згідно формули (7.7) проводимо розрахунок **Prob** для 2 класу небезпеки:

$$Prob = -5.51 + 7.49 * \lg(0.028/0.008) = -1,435 \quad (7.11)$$

Отримане значення Prob = -1,435 згідно табл.7.3 знаходиться в межах між -1.5 -- -1.4, що відповідає **Risk** = 0,076. Таким чином, при виявленні у повітрі сірководню у концентрації 0,028 мг/м³, 76 чоловік із 1000, що знаходяться у зоні впливу, відчують запах, що і є метою оцінки ризику в даному випадку. Також з урахуванням значення отриманого ризику та табл. 7.1 можливо надати характеристику ризику з урахуванням тяжкості ефектів. В результаті можливо оцінити тяжкість ефектів як реакції супер чутливих підгруп.

Завдання 2: визначити ризик розвитку несприятливих органолептичних ефектів, пов'язаний з погіршенням якості питної води при "залповому" забрудненні джерела домішками, що надають воді неприємного запаху або присмаку. Так, наприклад, норматив фенолу у питній воді складає 0,001 мг/дм³, при короткочасному збільшенні його

концентрації до 0,003 мг/ дм³, ризик з'явлення запаху згідно формулі (7.10) дорівнюватиме:

$$Prob = -2 + 3.32 \times lg(0.003/0.001) = -0,416 \quad (7.12)$$

Отримане значення Prob = -0,416 згідно табл.7.3 знаходиться в межах між -0,4 -- -0,5, що відповідає ризику **Risk** = 0,34.

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

Також з урахуванням значення отриманого ризику та табл. 7.1 можливо надати характеристику ризику з урахуванням тяжкості ефектів. В результаті можливо оцінити тяжкість ефектів як тяжкі хронічні ефекти супер чуттєвих підгруп.

8 ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ СКОРОЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ЖИТТЯ ДЛЯ УМОВ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

8.1 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.д. Зрозуміло, що ступінь ризику буде визначатися кумулятивністю, концентрацією, токсичними показниками, конкретним набором шкідливих речовин і при цьому визначення рівня ризику є важливим при аналізі небезпеки захворювання, яке скорочує тривалість життя.

Така задача для випадку впливів на організм людини іонізуючих випромінювання 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 правомірне 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 іонізуючого випромінювання. Тут слід зазначити, що існують й інші виробничі сфери, де кумулятивність шкідливих речовин достатньо поширена (металургія, металообробка і т.п.) [15].

Прийнято також вважати, що радіоактивні речовини, впливаючи на організм, викликають різні стадії захворювання, що характеризуються як

гострі, підгострі і хронічні, тобто укладаються в рамки загальної токсикологічної класифікації. При цьому спостерігається подібна картина біологічної дії шкідливих речовин і іонізуючого випромінювання, які розвиваються на трьох рівнях: фізико-хімічному, клітинному й органічному (або системному) [13]. Порівняльна характеристика біологічної дії шкідливих речовин і іонізуючого випромінювання наведена в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 - Біологічна дія шкідливих речовин і іонізуючого випромінювання

Рівень впливу	Шкідливі речовини	Іонізуючі випромінювання
Фізико-хімічний	Розчинення промислових отрут у рідких фазах шлунку 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 викликає в організмі появу вільних радикалів на основі води
Клітинний	Молекулярна дія отрут на внутрішньоклітинні структури, вивід з ладу найбільш життєво важливих клітин та початок руйнації тканинних структур	Біомолекулярні ушкодження, що ведуть до загибелі тканинних елементів: порушення ферментних систем, синтезу ДНК, білків та порушення обмінних процесів, які ведуть до руйнації клітин
На весь організм	Виникнення стійких синдромів, які викликані впливом отрут на кору головного мозку, паралічами дихальної мускулатури, розладом функції серцево-судинної системи і порушенням терморегуляції. Віддалені біологічні ефекти: генетичні мутації, рак, вплив на нащадків. Скорочення тривалості життя, захворювання, загибель організму.	Стійке порушення функцій, яке викликає розлад між нервовою системою і залозами внутрішньої секреції. Віддалені біологічні ефекти: соматичні ефекти, рак, лейкоз, генетичні мутації, вплив на нащадків, скорочення тривалості життя, загибель організму.

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.д. кожної речовини забруднювача, спроможної призвести до скорочення тривалості життя на визначений період часу.

Приступаючи 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 [14]:

$$Q_{\text{см}} = 1 - Q_{\text{виж}}, \quad (8.1)$$

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 змінним параметром, і тому неможливо прогнозувати точне значення тривалості життя будь-якої людини.

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.д.

Звичайно вважають, що такою питомою концентрацією є відношення середньої смертельної концентрації шкідливої речовини у повітрі до умовно-розрахункової тривалості життя 100 років [16]:

$$K_{\text{забр}} = \frac{LK_{50}}{365 \cdot 100}, \quad (8.2)$$

де LK_{50} – летальна концентрація,
 $365 \cdot 100$ – умовна розрахункова тривалість життя, діб.

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

$$Q_{\text{фак}} = \frac{(100-t_1)t}{100 \cdot 24}, \quad (8.3)$$

де t_1 – вік людини, років;
 t – час перебування в умовах забрудненого повітря, годин;
 100 – умовна розрахункова тривалість життя, років;
 24 – тривалість доби в годинах.

Тепер можливо розрахувати скорочення тривалості життя ($СТЖ_{\text{забр.}}$) з урахуванням часу експозиції по формулі (8.4):

$$СТЖ_{\text{забр.}} = (Q_{\text{фак.}} \cdot K_{\text{фак.}}) / (K_{\text{забр.}}), \quad (8.4)$$

де $Q_{\text{фак}}$ – імовірність перебування мешканця в умовах забрудненого атмосферного повітря;
 $K_{\text{фак.}}$ – фактична концентрації домішки у атмосферному повітрі, мг/м^3 ;
 $K_{\text{забр}}$ – питома концентрація забруднюючої речовини.

Тут $СТЖ_{забр.}$ є функцією ступеня токсичності шкідливої речовини та її концентрації 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.д. і набуває стійкий незворотний характер, то це вказує на те, що $СТЖ_{забр}$ стає постійним екологічним чинником і буде діяти в напрямку збільшення $СТЖ_{пр.}$, впливаючи на статистику повного періоду життя населення, що є основою визначення $СТЖ_{пр.}$.

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

$$R_{стж. забр} = СТЖ_{забр.} / 365 * 100 . \quad (8.5)$$

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 $R_{стж.забр.}$ визначають на основі результатів токсикологічних досліджень. Прийнятний ризик, який дорівнює $1 \cdot 10^{-6}$, має місце при концентраціях у межах ГДКс.д., а ризик, який дорівнює 1 (скорочення життя на 100 років) - при LK_{50} . Тобто умови є небезпечними, коли значення ризику більше $1 \cdot 10^{-6}$, а безпечні умови, коли значення ризику менше $1 \cdot 10^{-6}$.

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 $R_{стж.забр}$ з урахуванням токсичності всіх видів 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 [16].

Питання для самоконтролю

1. Чим визначається ступінь ризику скорочення тривалості життя з урахуванням негативного впливу забрудненого повітря?
2. Які існують види реакцій організму людини на негативний вплив забрудненого повітря з урахуванням загальної токсикологічної класифікації?
3. Які існують рівні біологічної дії шкідливих речовин на організм людини?
4. Чому дорівнює умовно-розрахункова тривалість життя, яка визначена в методиці оцінки ризику СТЖ під впливом забруднювачів атмосферного повітря?
5. Як визначити значення питомої концентрації для кожної домішки?
6. Як визначити імовірність перебування мешканців ($Q_{\text{фак.}}$), які знаходилися в умовах забрудненого атмосферного повітря?
7. Як розрахувати скорочення тривалості життя ($СТЖ_{\text{забр.}}$) ?
8. Як розрахувати ризик скорочення тривалості життя ($R_{\text{СТЖ}}$) ?
9. Яке значення ризику дозволяє поділити умови на безпечні чи небезпечні?

8.2 Завдання щодо виконання практичної роботи №8

1. Уважно вивчити теоретичну частину практичної роботи.
2. Кожен студент повинен о тримати у викладача індивідуальний варіант. Вихідні дані для індивідуальних варіантів наведені в Додатку А. Необхідні для розрахунку характеристики забруднюючих речовин представлені у Додатку Б.
3. Побудувати графік часового ходу (для заданої домішки) з використанням середньомісячних концентрацій, які наведені в індивідуальному варіанті та провести аналіз отриманого графіку:
 - з урахуванням ГДКсд (атмосфера була чиста чи забруднена);
 - визначити періоди найбільшого забруднення атмосфери та привести максимальне значення концентрації в відсотках ГДКсд і вказати місяць;
 - описати загальну тенденцію зміни вмісту домішки в атмосферному повітрі.
4. Розрахувати (згідно індивідуального варіанту) значення питомої концентрації для заданої домішки за формулою (8.2).
5. Визначити імовірність перебування мешканців ($Q_{\text{фак.}}$) по формулі (8.3), які знаходилися в умовах забрудненого атмосферного повітря,

для чотирьох варіантів розрахунку (в варіанті №1,2,3 враховується час перебування згідно індивідуального завдання, а в варіанті № 4 - 24 години). Результати представити у вигляді таблиці.

6. Розрахувати скорочення тривалості життя ($СТЖ_{забр.}$) з урахуванням часу експозиції по формулі (8.4). Значення ($СТЖ_{забр.}$) розраховуються для кожного місяця з урахуванням фактичної концентрації домішки для заданої категорії населення та 4-х варіантів розрахунку. Результати представити у вигляді таблиці.
7. Для аналізу зміни $СТЖ_{забр.}$, в результаті впливу забрудненого атмосферного повітря, побудувати графік його часового ходу для чотирьох варіантів розрахунку. Провести аналіз графіків (для виявлення особливостей) по наступним напрямкам:
 - надати опис змін тенденцій $СТЖ_{забр.}$ протягом року для 4-х варіантів розрахунку;
 - вказати для яких варіантів значення $СТЖ_{забр.}$ не значно відрізняються, а для яких – дуже відрізняються;
 - визначити періоди найбільших значень;
 - зробити висновок (від чого в більшій мірі залежить значення $СТЖ_{забр.}$).
8. Розрахувати ризик скорочення тривалості життя ($R_{СТЖ}$) за формулою (8.5) для чотирьох варіантів розрахунку. Результати представити у вигляді таблиці. Провести аналіз отриманих характеристик та зробити висновок.
9. Після виконання всіх етапів роботи необхідно використати отримані результати для складання письмового звіту. Для цього необхідно:
 - сформулювати ціль практичної роботи;
 - навести та надати характеристику вихідних даних (яка домішка, до якої категорії відноситься населення та варіанти розрахунку ризику);
 - надати характеристику кожного етапу роботи з наведенням розрахованих таблиць та графіків, а також результатів аналізу та зроблених висновків.

8.3 Приклад розрахунку

Згідно з отриманим індивідуальним варіантом № 30 необхідно визначити ризик скорочення тривалості життя під впливом забруднення атмосфери формальдегідом для людей вікової групи - працездатного віку (47 років), з урахуванням часу перебування в умовах відкритого атмосферного повітря.

Вихідні дані індивідуального варіанту № 30 наведені в табл. 8.2.

Таблиця 8.2 - Варіанти вихідних даних індивідуального варіанту № 30

Місяць року	Формальдегід (НСНО)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
1	2	3	4	5	6
Січень	0,005	47	5	16	19
Лютий	0,004				
Березень	0,006				
Квітень	0,006				
Травень	0,009				
Червень	0,011				
Липень	0,015				
Серпень	0,009				
Вересень	0,006				
Жовтень	0,004				
Листопад	0,004				
Грудень	0,005				

В табл. 8.2 наведені середньомісячні концентрації формальдегіду (стовпчик №2) для населеного пункту, вік людини 47 років та три варіанти часу перебування в умовах забрудненого атмосферного повітря – 5, 16 і 19 годин.

На першому етапі роботи побудували графік часового ходу з використанням середньомісячних концентрацій формальдегіду, який представлено на рис. 8.1.

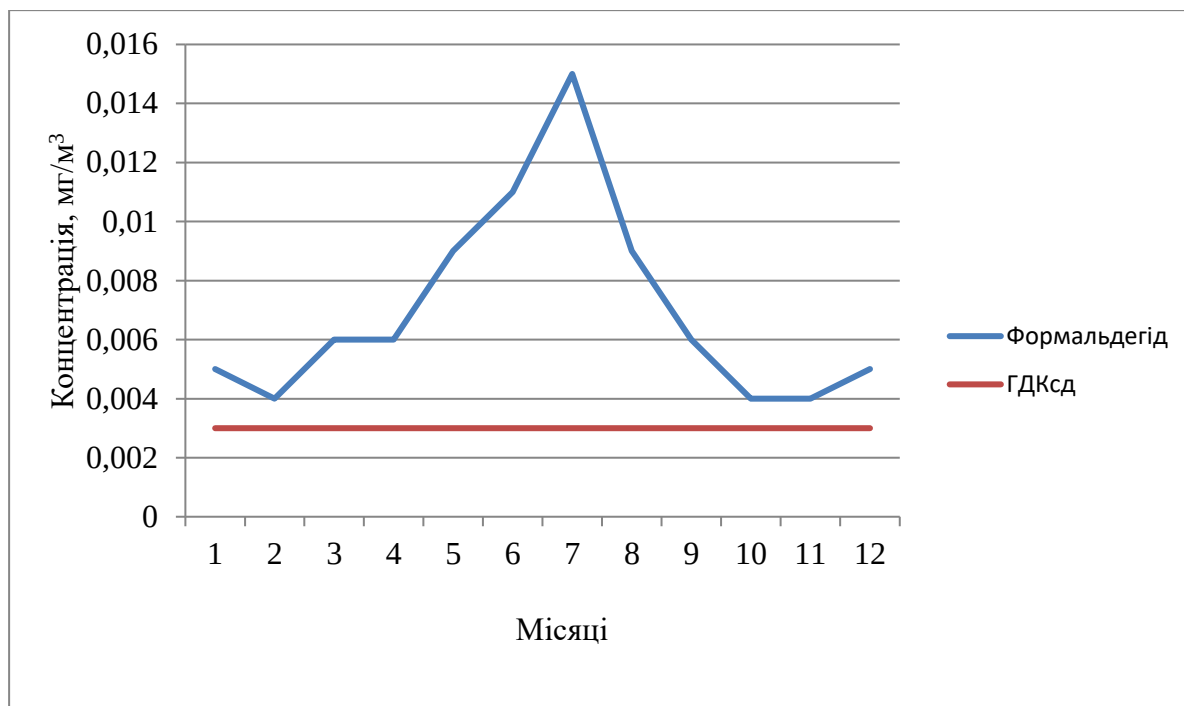


Рисунок 8.1 – Графік середньомісячних концентрацій формальдегіду

Аналіз графіку (рис.8.1) дозволив встановити факт забруднення атмосфери протягом всього року, тому що значення концентрацій формальдегіду перевищували ГДКсд. Найбільша ступінь забруднення повітря спостерігалася в липні місяці, де значення концентрації перевищував ГДКсд в п'ять разів. Аналізуючи зміни середньомісячних концентрацій формальдегіду протягом року, можна сказати, що спостерігається зростання у першу половину року (з лютого по липень) та зниження концентрації у другу половину (з серпня по листопад) практично до значень початку року.

На другому етапі роботи розрахувати значення питомої концентрації згідно формулі (8.2) для формальдегіду:

$$K_{\text{забр}} = ЛК_{50} / 365 \cdot 100 = 2500/365 \cdot 100 = 0,068 \quad (8.6)$$

На третьому етапі визначили імовірність перебування мешканців ($Q_{\text{фак.}}$), які знаходилися в умовах забрудненого формальдегідом атмосферного повітря, для працездатного віку (47 років) та для чотирьох варіантів розрахунку. Причому в варіанті №1,2,3 враховується як час перебування згідно індивідуального завдання (5,16,19 годин), а в варіанті № 4 - 24 години. Результати представлені в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 - Імовірність перебування мешканців в умовах забрудненого формальдегідом атмосферного повітря

Вік людини	Варіант розрахунку			
	№1	№2	№3	№4
47	0,11	0,35	0,42	0,53

Як бачимо, результати розрахунку показують збільшення імовірності перебування мешканців в умовах забрудненого формальдегідом атмосферного повітря ($Q_{\text{фак}}$), в залежності від збільшення кількості годин знаходження у цьому середовищі.

На четвертому етапі розраховували скорочення тривалості життя ($СТЖ_{\text{забр.}}$) з урахуванням часу експозиції по формулі (8.5). Значення ($СТЖ_{\text{забр.}}$) визначали для кожного місяця з урахуванням фактичної концентрації формальдегіду та для чотирьох варіантів розрахунку. Результати наведені у табл. 8.4.

Таблиця 8.4 - Значення $СТЖ_{\text{забр.}}$ (формальдегід)

Місяць	Варіанти розрахунку			
	1	2	3	4
1	0,0081	0,0257	0,0309	0,0390
2	0,0065	0,0206	0,0247	0,0312
3	0,0097	0,0309	0,0371	0,0468
4	0,0097	0,0309	0,0371	0,0468
5	0,0146	0,0463	0,0556	0,0701
6	0,0178	0,0566	0,0679	0,0857
7	0,0243	0,0772	0,0926	0,1169
8	0,0146	0,0463	0,0556	0,0701
9	0,0097	0,0309	0,0371	0,0468
10	0,0065	0,0206	0,0247	0,0312
11	0,0065	0,0206	0,0247	0,0312
12	0,0081	0,0257	0,0309	0,0390

Для аналізу зміни $СТЖ_{\text{забр.}}$ в результаті впливу забрудненого формальдегідом атмосферного повітря (табл. 8.4), побудовано графік часового ходу (протягом року) для чотирьох варіантів розрахунку (рис. 8.2)

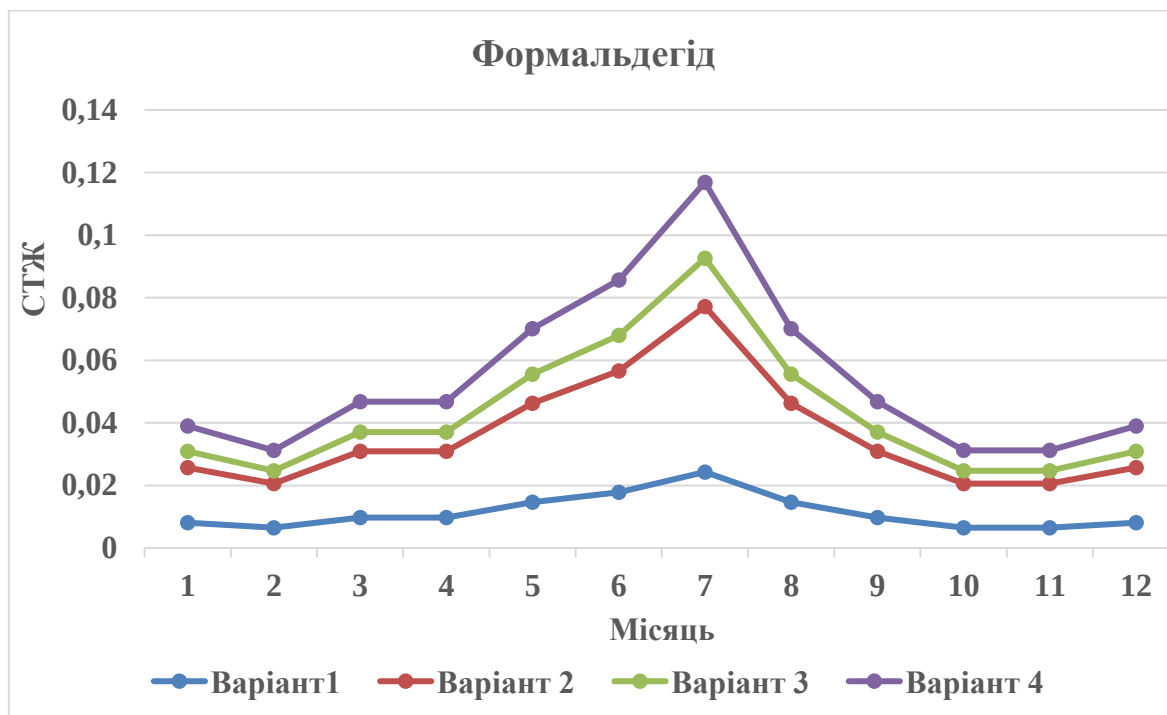


Рисунок 8.2 – Часовий хід $СТЖ_{забр}$

Аналіз рис. 8.2 дозволив зробити наступні висновки:

- тенденції зміни $СТЖ_{забр}$ впродовж року, в цілому повторюють тенденцію зміни середньомісячної концентрації формальдегіду (рис.8.1);
- значення $СТЖ_{забр}$ для 2-4 варіантів розрахунку значно не відрізняються, що не стосується варіанту розрахунку №1, де значення $СТЖ_{забр}$ мінімальні;
- найбільші значення $СТЖ_{забр}$ для всіх варіантів розрахунку спостерігаються у липні.

З урахуванням проведеного аналізу можливо припустити, що значення $СТЖ_{забр}$ в більшій мірі залежить від ступеня забруднення атмосфери.

На п'ятому етапі розраховали ризик скорочення тривалості життя ($R_{СТЖ}$) за формулою (8.5). Результати у табл. 8.5.

Таблиця 8.5 – Результати розрахунку ризику скорочення тривалості життя

Місяць	Варіанти розрахунку			
	1	2	3	4
1	2,22E-07	7,04E-07	8,47E-07	1,07E-06
2	1,78E-07	5,64E-07	6,77E-07	8,55E-07
3	2,66E-07	8,47E-07	1,02E-06	1,28E-06
4	2,66E-07	8,47E-07	1,02E-06	1,28E-06
5	4,00E-07	1,27E-06	1,52E-06	1,92E-06
6	4,88E-07	1,55E-06	1,86E-06	2,35E-06
7	6,66E-07	2,12E-06	2,54E-06	3,20E-06
8	4,00E-07	1,27E-06	1,52E-06	1,92E-06
9	2,66E-07	8,47E-07	1,02E-06	1,28E-06
10	1,78E-07	5,64E-07	6,77E-07	8,55E-07
11	1,78E-07	5,64E-07	6,77E-07	8,55E-07
12	2,22E-07	7,04E-07	8,47E-07	1,07E-06

Аналіз значень табл. 8.5 проводився з урахуванням того, що умови перебування у забрудненій атмосфері є небезпечними, коли значення ризику більше $1 \cdot 10^{-6}$, а безпечні умови, коли значення ризику менше $1 \cdot 10^{-6}$. В результаті можливо стверджувати наступне:

- умови безпечні весь рік для перебування протягом 5 годин (варіант розрахунку №1);
- умови загалом безпечні вісім місяців для перебування протягом 16 годин (варіант розрахунку №2), а виключення складає період з травня по серпень;
- умови небезпечні сім місяців для перебування протягом 19 годин (варіант розрахунку №3), а безпечні загалом тільки п'ять місяців (2 на початку та 3 в кінці року) ;
- умови небезпечні більшу частину року (9 місяців) для перебування протягом 24 годин (варіант розрахунку №4), а безпечні загалом тільки 3 місяця (лютий, жовтень, листопад).

Підсумовуючи вище сказане, можливо зробити висновок, що ризик скорочення тривалості життя в результаті знаходження в забрудненій формальдегідом атмосфері збільшується як при збільшенні ступеня перевищення ГДКсд, так і від часу перебування у цих умовах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кузьміна В.А., Прикуп Л.О. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Екологічна безпека" студентів 1V курсу очної форми навчання за напрямом підготовки "Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування". Одеса: ОДЕКУ, 2016 р.
http://eprints.library.odeku.edu.ua/496/1/KuzminaVA_Ek_besp_PR_MV_2016.pdf
2. Про об'єкти підвищеної небезпеки: Закон України від 02.03.2001р. № 2245-III. Відомості Верховної Ради України. 2001. №15. Ст. 73.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2245-14#Text>
3. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи: Закон України від 27.02.1991 № 791а-XII. Відомості Верховної Ради УРСР. 1991. №16. ст.198. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/791%D0%B0-12#Text>
4. Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи: Закон України від 28.02.1991р. № 796-XII. Відомості Верховної Ради УРСР. 1991. № 16, ст.200.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/796-12#Text>
5. Цикало А.Л., Кузьміна В.А. Збірник методичних вказівок до практичних робіт з дисципліни «Екологічна безпека». Одеса: ОДЕКУ, 2005. 49 с.
6. Карнаух М.Г., Шевцова В.М. Методичні рекомендації. Професійний відбір та моніторинг стану адаптації організму працівників в умовах дії загальної вібрації. Київ, 2005. С. 5-23.
7. Ткачишин В.С. Ураження вісцеральних органів, діагностика, лікування, профілактика та експертиза працездатності за вібраційної хвороби // Медицина транспорту України. 2006. № 4(20). С. 83-89.
8. Лук'яненко О.Ю. Сучасні підходи до діагностики, лікування та профілактики вібраційної хвороби від дії локальної вібрації у працівників машинобудівної промисловості : учбово-методичний посібник // Харків: ХМАПО, ФОП «Петрова І.В.», 2007. 66 с.
9. Електронний ресурс URL: <https://studies.in.ua/bjd-capko/827-528-pozhezho-ta-vibuhonebezpechn-obyekti.html>

10. ДСТУ 2272:2006. Національний стандарт України. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. Київ. Держспоживстандарт України. 2007. <https://www.vbezpeka.com.ua/wp-content/uploads/2019/07/DSTU-22722006.-Pozharnaya-bezopasnost.-Terminy-i-opredeleniya-osnovnyh-ponyatij.pdf>
11. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Національний стандарт України. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [чинний від 2017-01-01]. Київ, 2016. 31 с. <https://ngpu.org.ua/sites/default/files/%20%D0%B2%D0%B8%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B9%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%BC%D1%96%D1%89%D0%B5%D0%BD%D1%8C.pdf>
12. Безсонний В.Л., Пляцук Л.Д., Пономаренко Р.В., Третьяков О. В. Оцінка техногенно-екологічної безпеки водотоку за показниками ризику в умовах воєнної небезпеки // Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека». 2022. №12 (2/2022). С. 72 -79. <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/16127>
13. Цикало А.Л. Екологічна безпека. Конспект лекцій для студентів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища». Одеса: Вид. ПО «Издательский центр», 2008. 96 с.
14. Устименко В.М. Методологічні аспекти щодо визначення екологічних ризиків // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: Центр екологічної освіти та інформації, 2007. С. 14-21.
15. А.Л. Цикало, В.А. Кузьміна, О.К. Машков. Методичні вказівки до практичних робіт. Вплив токсичних забруднювачів повітря на організм людини, визначення величини ризику та скорочення тривалості життя з «основ екологічної безпеки територій та акваторій» для студентів 4 курсу очної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища». Одеса: ОГМІ, 2000. 23 с.
16. Цикало А.Л., Кузьміна В.А. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Екологічна безпека». Одеса: ОДЕКУ, 2005. 11 с.

ДОДАТОК А

Вихідні данні для виконання практичної роботи №8

ВАРІАНТ 1

Місяць року	Окис вуглецю (CO)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	9	7	2	14	20
Лютий	8				
Березень	8				
Квітень	6				
Травень	5				
Червень	4				
Липень	5				
Серпень	5				
Вересень	8				
Жовтень	6				
Листопад	7				
Грудень	9				

ВАРІАНТ 2

Місяць року	Діоксид сірки (SO ₂)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,08	29	5	19	22
Лютий	0,06				
Березень	0,07				
Квітень	0,055				
Травень	0,06				
Червень	0,065				
Липень	0,07				
Серпень	0,065				
Вересень	0,055				
Жовтень	0,07				
Листопад	0,08				
Грудень	0,08				

ВАРІАНТ 3

Місяць року	Формальдегід (НСНО)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,005	65	3	12	18
Лютий	0,004				
Березень	0,004				
Квітень	0,006				
Травень	0,007				
Червень	0,005				
Липень	0,009				
Серпень	0,011				
Вересень	0,009				
Жовтень	0,008				
Листопад	0,007				
Грудень	0,008				

ВАРІАНТ 4

Місяць року	Сірководень (H ₂ S)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,01	5	5	16	19
Лютий	0,009				
Березень	0,0085				
Квітень	0,014				
Травень	0,015				
Червень	0,011				
Липень	0,009				
Серпень	0,009				
Вересень	0,0085				
Жовтень	0,014				
Листопад	0,012				
Грудень	0,011				

ВАРІАНТ 5

Місяць року	Фенол (C ₆ H ₆ OH)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,03	35	2	7	12
Лютий	0,02				
Березень	0,05				
Квітень	0,04				
Травень	0,04				
Червень	0,06				
Липень	0,07				
Серпень	0,09				
Вересень	0,05				
Жовтень	0,04				
Листопад	0,04				
Грудень	0,06				

ВАРІАНТ 6

Місяць року	Фтористий водень (HF)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,006	75	4	8	13
Лютий	0,009				
Березень	0,008				
Квітень	0,007				
Травень	0,01				
Червень	0,011				
Липень	0,009				
Серпень	0,008				
Вересень	0,006				
Жовтень	0,007				
Листопад	0,007				
Грудень	0,008				

ВАРІАНТ 7

Місяць року	Діоксид азоту (NO ₂)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,11	6	8	15	20
Лютий	0,09				
Березень	0,07				
Квітень	0,08				
Травень	0,05				
Червень	0,06				
Липень	0,05				
Серпень	0,07				
Вересень	0,09				
Жовтень	0,08				
Листопад	0,11				
Грудень	0,14				

ВАРІАНТ 8

Місяць року	Озон (O ₃)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,05	39	1	10	15
Лютий	0,04				
Березень	0,06				
Квітень	0,06				
Травень	0,07				
Червень	0,09				
Липень	0,11				
Серпень	0,12				
Вересень	0,08				
Жовтень	0,06				
Листопад	0,04				
Грудень	0,04				

ВАРІАНТ 9

Місяць року	Формальдегід (НСНО)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,005	67	3	7	10
Лютий	0,004				
Березень	0,004				
Квітень	0,006				
Травень	0,007				
Червень	0,005				
Липень	0,009				
Серпень	0,011				
Вересень	0,009				
Жовтень	0,008				
Листопад	0,007				
Грудень	0,008				

ВАРІАНТ 10

Місяць року	Фтористий водень (HF)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,006	9	4	12	19
Лютий	0,009				
Березень	0,008				
Квітень	0,007				
Травень	0,01				
Червень	0,011				
Липень	0,009				
Серпень	0,008				
Вересень	0,006				
Жовтень	0,007				
Листопад	0,007				
Грудень	0,008				

ВАРІАНТ 11

Місяць року	Фенол (C ₆ H ₆ OH)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,03	25	1	4	12
Лютий	0,02				
Березень	0,05				
Квітень	0,04				
Травень	0,06				
Червень	0,05				
Липень	0,04				
Серпень	0,02				
Вересень	0,02				
Жовтень	0,02				
Листопад	0,03				
Грудень	0,06				

ВАРІАНТ 12

Місяць року	Діоксид сірки (SO ₂)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,1	80	5	14	18
Лютий	0,09				
Березень	0,08				
Квітень	0,08				
Травень	0,09				
Червень	0,06				
Липень	0,07				
Серпень	0,07				
Вересень	0,08				
Жовтень	0,09				
Листопад	0,1				
Грудень	0,12				

ВАРІАНТ 13

Місяць року	Окис вуглецю (CO)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	10	6	2	7	16
Лютий	9				
Березень	8				
Квітень	6				
Травень	6				
Червень	8				
Липень	9				
Серпень	7				
Вересень	9				
Жовтень	11				
Листопад	15				
Грудень	13				

ВАРІАНТ 14

Місяць року	Формальдегід (НСНО)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,005	38	3	11	17
Лютий	0,004				
Березень	0,006				
Квітень	0,006				
Травень	0,009				
Червень	0,011				
Липень	0,015				
Серпень	0,009				
Вересень	0,006				
Жовтень	0,004				
Листопад	0,004				
Грудень	0,005				

ВАРІАНТ 15

Місяць року	Діоксид азоту (NO ₂)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,11	73	2	9	15
Лютий	0,09				
Березень	0,07				
Квітень	0,08				
Травень	0,05				
Червень	0,06				
Липень	0,05				
Серпень	0,07				
Вересень	0,09				
Жовтень	0,08				
Листопад	0,11				
Грудень	0,14				

ВАРІАНТ 16

Місяць року	Фтористий водень (HF)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,011	8	7	15	20
Лютий	0,01				
Березень	0,009				
Квітень	0,007				
Травень	0,008				
Червень	0,012				
Липень	0,015				
Серпень	0,009				
Вересень	0,008				
Жовтень	0,009				
Листопад	0,01				
Грудень	0,011				

ВАРІАНТ 17

Місяць року	Окис вуглецю (CO)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	9	52	12	18	22
Лютий	8				
Березень	6				
Квітень	4				
Травень	4				
Червень	4				
Липень	5				
Серпень	4				
Вересень	5				
Жовтень	6				
Листопад	7				
Грудень	9				

ВАРІАНТ 18

Місяць року	Озон (O ₃)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,05	82	2	7	16
Лютий	0,04				
Березень	0,06				
Квітень	0,06				
Травень	0,07				
Червень	0,09				
Липень	0,11				
Серпень	0,12				
Вересень	0,08				
Жовтень	0,06				
Листопад	0,04				
Грудень	0,04				

ВАРІАНТ 19

Місяць року	Сірководень (H_2S)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,009	7	6	17	22
Лютий	0,01				
Березень	0,011				
Квітень	0,011				
Травень	0,0095				
Червень	0,0085				
Липень	0,009				
Серпень	0,01				
Вересень	0,011				
Жовтень	0,012				
Листопад	0,0095				
Грудень	0,008				

ВАРІАНТ 20

Місяць року	Формальдегід (HCHO)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,005	67	8	16	19
Лютий	0,004				
Березень	0,006				
Квітень	0,006				
Травень	0,009				
Червень	0,011				
Липень	0,015				
Серпень	0,009				
Вересень	0,006				
Жовтень	0,004				
Листопад	0,004				
Грудень	0,005				

ВАРІАНТ 21

Місяць року	Фенол (C ₆ H ₆ OH)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,06	68	3	17	19
Лютий	0,04				
Березень	0,05				
Квітень	0,05				
Травень	0,04				
Червень	0,06				
Липень	0,03				
Серпень	0,02				
Вересень	0,02				
Жовтень	0,03				
Листопад	0,02				
Грудень	0,05				

ВАРІАНТ 22

Місяць року	Сірководень (H ₂ S)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,009	11	1	10	17
Лютий	0,01				
Березень	0,011				
Квітень	0,011				
Травень	0,0095				
Червень	0,0085				
Липень	0,009				
Серпень	0,01				
Вересень	0,011				
Жовтень	0,012				
Листопад	0,0095				
Грудень	0,008				

ВАРІАНТ 23

Місяць року	Діоксид азоту (NO ₂)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,12	41	2	7	16
Лютий	0,09				
Березень	0,08				
Квітень	0,11				
Травень	0,09				
Червень	0,14				
Липень	0,16				
Серпень	0,11				
Вересень	0,09				
Жовтень	0,08				
Листопад	0,17				
Грудень	0,19				

ВАРІАНТ 24

Місяць року	Озон (O ₃)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,05	71	1	12	17
Лютий	0,04				
Березень	0,06				
Квітень	0,06				
Травень	0,07				
Червень	0,09				
Липень	0,11				
Серпень	0,12				
Вересень	0,08				
Жовтень	0,06				
Листопад	0,04				
Грудень	0,04				

ВАРІАНТ 25

Місяць року	Сірководень (H_2S)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,01	8	3	9	18
Лютий	0,009				
Березень	0,0085				
Квітень	0,014				
Травень	0,015				
Червень	0,011				
Липень	0,009				
Серпень	0,009				
Вересень	0,0085				
Жовтень	0,014				
Листопад	0,012				
Грудень	0,011				

ВАРІАНТ 26

Місяць року	Формальдегід (HCHO)	Вік людини, років	Час перебування в умовах атмосферного повітря, години		
Січень	0,011	45	6	19	21
Лютий	0,015				
Березень	0,009				
Квітень	0,008				
Травень	0,011				
Червень	0,006				
Липень	0,004				
Серпень	0,006				
Вересень	0,005				
Жовтень	0,005				
Листопад	0,009				
Грудень	0,009				

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 – Характеристика забруднюючих речовин

Параметр	Діоксид сірки (SO ₂)	Діоксид азоту (NO ₂)	Оксид вуглецю (CO)	Сірководень (H ₂ S)	Фтористий водень (HF)	Озон (O ₃)	Фенол (C ₆ H ₆ OH)	Формальдегід (HCHO)
ГДК _{сд}	0,05	0,04	3	0,008	0,005	0,03	0,003	0,003
ЛК ₅₀	50 000	25 000	100 000	50 000	5 000	500	1 500	2 500
Клас небезпеки	3	3	4	2	2	1	2	2

Таблиця Б.2 - Вікова структура населення в Україні

Вік	Назва вікової групи
0-14	Молодші працездатного віку
15-59	Працездатного віку
>60	Старші працездатного віку

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ «ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА»

для бакалаврів 4 року навчання денної та заочної форми
спеціальності 101 «Екологія»

Укладачі: Колісник А.В.
Чернякова О.І.,

Підп. до друку
Папір
Умовн. друк. арк.

Тираж

Формат 60x84/16
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65015, Одеса, вул. Львівська, 15
