

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
« ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ »

В.В. Березуцький, В.В.Макаренко

Практичні роботи

ВИРОБНИЧІ РИЗИКИ ТА НАДІЙНІСТЬ

Навчально-методичний посібник
для студентів першого рівня навчання,
спеціальності І4 «Охорона праці» усіх форм навчання

Харків
НТУ «ХПІ»
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
« ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ »

В.В. Березуцький, В.В.Макаренко

Практичні роботи

ВИРОБНИЧІ РИЗИКИ ТА НАДІЙНІСТЬ

Навчально-методичний посібник
для студентів першого рівня навчання,
спеціальності І4 «Охорона праці» усіх форм навчання

Рекомендовано
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 2 від 26.06.2025 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2025

УДК 658. 382.3

Рецензенти:

Филипчук В.Л. – д-р техн. наук, професор НУВГП, м. Рівно

Янчик О.Г. – к-т техн. наук, доцент НТУ «ХП»

В.В. Березуцький, В.В.Макаренко

Б48 Практичні роботи. Виробничі ризики та надійність: навч.-методич. посіб. для студентів першого рівня навчання, спеціальності Я4 «Охорона праці» усіх форм навчання / Березуцький В. В., В.В. Макаренко – Харків; НТУ “ХП”, 2025 – 86 с.

Наведено практичні роботи з дисципліни «Теорія ризиків», що виконуються студентами згідно освітньої програми «Охорона праці».

Навчально-методичний посібник може бути корисним при виконанні наукових та дипломних робіт бакалаврів та магістрів.

Табл. 16. Іл.11. Бібліогр. 2

УДК 658. 382.3

ISBN

© В. В. Березуцький, 2025 р.

ЗМІСТ

Вступ	5
Практична робота №1 – Визначення індивідуального ризику виробничого характеру	6
Практична робота № 2 – Визначення соціального ризику. Побудова F-N діаграми	13
Практична робота № 3 – Показник техногенної безпеки	18
Практична робота № 4 – Опрацювання карти ризиків	30
Практична робота № 5 – Розрахунок надійності системи	51
Практична робота № 6 – Аналіз впливу людського фактора. Метод HRA	60
Практична робота № 7 – Аналіз дерева несправностей	65
Практична робота № 8 – Аналіз дерева подій	71
Практична робота № 9 – Причинно-наслідковий аналіз	76
Практична робота № 10 – Аналіз «Краватка-Метелик»	83

ВСТУП

Навчально-методичний посібник, надає практичні навички, щодо опанування дисципліни «Теорія ризиків», яка вивчає теоретичні основи ризик орієнтованого підходу до вирішення питань безпеки працівників. Отриманні знання використовуються при аналізі нещасних випадків на виробництві та застосування методів запобіганню аварій та катастроф. Навчально-методичний посібник надає практичні навички майбутнім фахівцям з охорони праці стосовно: застосування методів ризик менеджменту на практиці; виконання розрахунків виробничих ризиків та розробки карт ризиків щодо різних умов праці та ситуацій; надає знання із теорії надійності та системного аналізу, щодо виробничих небезпек тощо.

Практичні роботи з курсу «Теорія ризиків» спрямовані на забезпечення майбутніх фахівців з охорони праці знаннями, необхідними для визначення ризиків на виробництві із застосуванням сучасних світових вимог до рівня безпеки виробництв.

Практична робота №1

ВИЗНАЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РИЗИКУ ВИРОБНИЧОГО ХАРАКТЕРУ

Мета роботи: ознайомити студентів з методикою розрахунку індивідуального ризику виробничого характеру використовуючи математичний апарат аналізу ризику.

Математичний апарат аналізу ризику базується на знанні теорії вірогідності, статистичному аналізі, алгебри, логіки і подій, системному аналізі.

Основний вклад у формування і розвиток процедури аналізу ризику внесли фахівці в області промислової безпеки, у тому числі англійський фахівець В. Маршал.

По Маршалу, ризик - це частота реалізації небезпек певного класу, що викликають той або інший збиток. Розмірність цієї величини - зворотний час, тобто одиниця, що ділиться на величину проміжку часу, що приймається, як правило, рівним одному року. Оскільки цей показник не описує можливі масштаби катастрофи, Маршал запропонував ввести поняття (показники) індивідуального і соціального ризиків, які широко увійшли до практики оцінки ризиків в техногенній і природній сферах.

Під індивідуальним ризиком розуміють частоту виникнення вражаючих дій певного виду (що зазвичай викликають смертельну поразку людини) в певній точці простору. Результати його аналізу відображаються на карті (ситуаційному плані) у вигляді замкнених ліній рівних значень.

Значення індивідуального ризику не дозволяє судити про масштаб катастроф, проте внаслідок того, що в його визначення входять просторові координати, саме цей показник найчастіше використовується як міра потенційної небезпеки промислового підприємства (наприклад, при

завданнях зонування території, прилеглої до потенційно небезпечних об'єктів).

Кількісне визначення показників ризику є досить складним завданням, пов'язаним в першу чергу з необхідністю збору значних об'ємів статистично достовірних початкових даних або застосування складних процедур теоретично - вірогідного розрахунку для рідкісних подій. У загальному випадку порядок статистичної оцінки індивідуального ризику може бути розкритий на прикладі підрахунку числа людей, загиблих за певний період часу від вражаючого прояву конкретного виду небезпеки. Це число слід співвіднести з числом людей, що мешкають в місцевості і піддаються вражаючим діям. Такі люди можуть бути названі " такими, що ризикують". Рівень ризику для певної людини залежить від цілого ряду чинників, у тому числі від його місцезнаходження і часу. Переважна більшість людей змінюють своє місцезнаходження впродовж дня і щодня тільки певний час проводять удома. Частина дня вони знаходяться зовні удома, можлива їх відсутність будинку у продовж днів, тижнів або місяців під час відпусток або відряджень. Перераховані обставини можуть бути уточнені введенням в розгляд чинника зайнятості, величина цього чинника лежить в межах від 0 до 1 і є вірогідністю знаходження цієї людини у визначеному місці у разі реалізації небезпеки.

Також необхідно врахувати і місце розміщення житла. Один будинок може розташовуватися в зоні дії вражаючих чинників, тоді як інший, віддалений від першого на певній відстані, може бути захищений якими-небудь природними або штучними перешкодами або взагалі знаходитися поза зоною дії вражаючих чинників. Визначення меж між тими, що «ризикують» і «не ризикують» може виявитися нелегкою справою, тим більше що приведений чинник зайнятості не є простим індикатором присутності у будинку. Роблячи покупки, людина може знаходитися в районі міста з більш високою вірогідністю стати жертвою нещасного випадку, або навпаки.

Необхідно також враховувати міру серйозності нещасного випадку, наприклад, можна виділити наступні категорії поразки : смертельний результат, непрацездатність, серйозні травми без втрати працездатності, травми середньої тяжкості і незначні ушкодження. Ризик бути залученим в одну з них буде різним.

Таким чином, для визначення рівня індивідуального ризику слід враховувати: природу нещасного випадку; долю часу знаходження в зоні «ризик» і місце проживання того, хто «ризикуює».

У розрахунках ризик прийнято позначати літерою R (від англ. слова risk - ризик).

Кількісна оцінка індивідуального ризику – це відношення кількості тих чи інших несприятливих наслідків (n) до їх імовірної кількості (N) за визначений період часу:

$$R = n/N \quad (1.1)$$

де: R – ризик несприятливих наслідків;

n – кількість несприятливих подій;

N – загальна кількість імовірних подій.

Розглянемо приклади визначення ризику (R) впливу на людину небезпечного фактора.

Приклад №1.

Визначити ризик (R) загибелі людини на виробництві в Україні за рік (до 2014 року), коли відомо, що щорічно гинуло $n = 2,5$ тис. працівників, а чисельність працюючих складала $N = 23$ млн. працівників у країні. За формулою (1.1) знаходимо R :

$$R = \frac{2,5 \cdot 10^3}{2,3 \cdot 10^7} \approx 10^{-4}$$

Висновок: ризик R становить $1,09 \cdot 10^{-4}$. Згідно таблиці 1.2. ризик великий і треба вживати заходи до його зменшення.

Приклад №2.

Визначити ризик загибелі (R_3) від проживання та роботи у м. Харкові, при чисельності ~ 2 млн. дорослих мешканців міста (до 2014 року), при умові якщо щорічно гинуло за різними причинами близько 50 людей.

$$R_3 = \frac{5 \cdot 10}{2 \cdot 10^6} \approx 2,5 \cdot 10^{-5}$$

Висновок: ризик R_3 становить $2,5 \cdot 10^{-5}$. Згідно таблиці 1.2. ризик припустимий але його показники необхідно контролювати.

Приклад 3. *Визначити індивідуальний ризик для робітника на робочому місці.* Нехай дехто працівник (А) працює у невеликої фірмі, що налічує 100 працівників. Статистичні дані за 50 років, які ми маємо, свідчать про те, що за цей час із загальної кількості працівників фірми 2 працівників загинуло та 50 постраждало від нещасного випадку. Чисельність працівників (загальна) за цей період майже не змінювалася. Працівник А цієї фірми на 4 тижні на рік знаходиться на відпочинку, 2 тижні кожного року проводить у відрядженнях, а решту часу знаходиться у своєму помешканні або відпочиває поза роботи. Працівник працює по 8 годин в одну зміну.

Розрахунок. Індивідуальний ризик загибелі для працівника А можна визначити за формулою:

$$R_3 = \frac{N_n \cdot D \cdot t}{T \cdot N_0 \cdot d \cdot t_d}, \quad (1.2)$$

де N_n – кількість загиблих працівників фірми ($N_n = 2$);

d – кількість тижнів у році ($d = 52$);

t_d – кількість годин у тиждень ($24 \cdot 7 = 168$);

T – відрізок часу обліку статистичних даних;

t – кількість годин у тиждень, коли працівник А знаходиться небезпеці (на роботі): $8 \cdot 6=48$;

N_0 – кількість працюючих на фірмі (100);

D – кількість тижнів, які робітник проводить на роботі: $52-4-2=46$.

Індивідуальний ризик отримати травму на виробництві для працівника А можна визначити за формулою:

$$R_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{тр}} \cdot D \cdot t}{T \cdot N_0 \cdot d \cdot t_d}, \quad (1,3)$$

де $R_{\text{тр}}$ – ризик отримання травми.

$N_{\text{тр}}$ – кількість постраждалих (травмованих) від нещасного випадку ($N_{\text{тр}} = 50$ працівників).

Згідно розрахунку він складає $2.63 \cdot 10^{-3}$;

Індивідуальний ризик стати жертвою нещасного випадку будь-якого ступеня тяжкості $R_{\text{заг}}$ для працівника А можна визначити наступним чином:

$$R_{\text{заг}} = \frac{(N_n + N_{\text{тр}}) \cdot D \cdot t}{T \cdot N_0 \cdot d \cdot t_d}, \quad (1,4)$$

Завдання щодо визначення ризиків

Необхідно виконати розрахунки показників ризику за завданнями Ч.1 та Ч.2. згідно варіантам.

Завдання (Ч.1)

Варіант 1

Визначити ризик травмування людини на виробництві в Україні в 2014 р., якщо відомо, що в цілому в народному господарстві було травмовано 65000 людей, а чисельність працюючих осіб складає $\sim 15\,000\,000$ осіб.

Варіант 2

Визначити ризик загибелі людини на виробництві в Україні, якщо відомо, що в 2012 р. в результаті нещасних випадків на виробництві загинуло 1 900 людей, а чисельність працюючих осіб складає ~15 000 000 працівників.

Варіант 3

Щорічно в Україні внаслідок різних небезпек гине близько 127,5 тис. людей. Приймаючи чисельність населення країни ~ 40 000 000 людей, визначити ризик проживання в країні.

Варіант 4

Визначити тенденцію і величини ризиків проживання людини в Харківській області, якщо відомо, що в 2013 р. було смертельно травмовано внаслідок невиробничого травматизму 5 279 працівників. А 2014 р. - 4 742 працівників. При загальній чисельності проживання в Харківській області ~ 3 млн. людей.

Варіант 5

Визначити індивідуальний ризик, пов'язаний з дорожнє – транспортною подією в Харківській області, якщо відомо, що в 2011 р., в ДТП загинуло 359 людей. При загальній чисельності населення того, що мешкає в харківській області ~ 3 млн. осіб.

Варіант 6

Порівняти індивідуальний ризик травмування електричним струмом серед жителів Харківської області, зважаючи на чисельність населення області рівної 3 млн. людей, якщо відомо, що в 2013 р. загинуло 97 осіб. а в 2014 р. 46 осіб.

Варіант 7

Визначити ризик загибелі за рік нещасних випадків, пов'язаних з експлуатацією транспортних засобів, якщо щорічно в Харківській області гинули 3 тис. людей. Чисельність населення області налічує ~ 2 млн. людей.

Варіант 8

Визначити ризик загибелі людини за рік від нещасних випадків на виробництві, якщо щорічно у в Харківській області від примусової смерті гинуло 2,7 тис. осіб, а чисельність працюючих осіб у виробничій сфері складає 750 000 працівників.

Варіант 9

Визначити ризик загибелі людини за рік від нещасних випадків на виробництві в Одеській області, якщо відомо, що в 2011 р. загинуло 300 людей, а кількість працюючих на виробництві 700 тис. осіб.

Варіант 10

Визначити ризик загибелі людини на виробництві в рік у світі, якщо відомо, що щорічно у світі гине 200 тис. працівників, а кількість працюючих на виробництві складає ~ 2,4 млрд. осіб.

Завдання (Ч.2).

Використовуючи вище наведений приклад, розрахувати із використанням програми Microsoft Office Excel рівні ризику R_n , R_{tr} , R_{zag} (розрахунок робити за формулою 1.3) за даними наведеними у таблиці 1.1, щодо робітника А за поточний рік.

Таблиця 1.1 – Вхідні данні щодо розрахунку ризиків

Номер варіанту	N_n	N_{tr}	N_o	Відпочинок на рік, тижні	Відрядження на рік, тижні	R_n	R_{tr}	R_{zag}
1.	10	1	100	1	10			
2.	9	2	200	2	9			
3.	8	3	300	3	8			
4.	7	4	400	4	7			
5.	6	5	500	5	6			
6.	5	6	600	6	5			

7.	4	7	700	5	4			
8.	3	8	800	4	3			
9.	2	9	900	3	2			
10.	1	10	1000	2	1			

Отримані результати розрахунків ризиків, порівняти із припустимими рівнями ризику, які наведено у таблиці 1.2, зробити висновки.

Таблиця 1.2 - Кількісні показники ризиків

Невеликий			Припустимий			Великий		
10^{-10}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}

Контрольні питання

1. Дати визначення кількісній оцінці ризику.
2. Які дані необхідні для визначення ризику травмування або загибелі працівника на виробництві.
3. Індивідуальний ризик людини за місцем роботи або помешкання.
4. Визначення прийнятого (припустимого) ризику.

Практична робота №2

ВИЗНАЧЕННЯ СОЦІАЛЬНОГО РИЗИКУ

ПОБУДОВА *F-N* ДІАГРАМИ

Мета роботи: ознайомити студентів з методикою розрахунку соціального ризику виробничого характеру використовуючи математичний апарат аналізу ризику, придбання навичок побудови *F-N* діаграми.

Соціальний ризик, як залежність частоти виникнення подій, які викликають смертельне ураження певного числа людей від цього числа людей.

Результати аналізу відображаються у вигляді графіків з горизонтальною осью N – кількість нещасних випадків і вертикальною осью F - частота подій, в яких загинуло не менше N осіб. Подібні графіки у разі, якщо кількість даних і діапазон їх зміни великий, зазвичай будуються в логарифмічному масштабі і апроксимуються кривий-графіком неперервної функції. Подібні діаграми називаються F/N -діаграмами.

Соціальний ризик $R=F(N)$ характеризує масштаб можливих надзвичайних ситуацій, зумовлених аваріями, катастрофами і стихійними лихами. Масштаб можливих надзвичайних ситуацій може характеризуватися не лише кількістю загиблих, але і прямим матеріальним збитком, шкодою для навколишнього природного середовища, збитком від простою виробництва та ін. У цих випадках будуються діаграми, аналогічні F/N -діаграмам.

Соціальний ризик на відміну від індивідуального меншою мірою залежить від географічного розташування. Він є інтегральною характеристикою наслідків реалізації небезпек певного виду, хоча очевидна географічна обмеженість дії цих реалізацій. Значення соціального ризику мають сенс інтеграла функції щільності розподілу частоти.

Кількісне визначення показників ризику являє собою досить складну задачу, пов'язану в першу чергу з необхідністю збору значних обсягів статистично достовірних вхідних даних або застосування складних процедур теоретико-імовірнісного розрахунку для рідкісних подій.

На відміну від індивідуального ризику соціальний ризик дає представлення суспільству про можливі його втрати від аварій, катастроф і стихійних лих.

Наприклад: порядок визначення соціального ризику за статистичними даними проілюструємо на прикладі аварій з викидом аварійно хімічно

небезпечних речовин. В Україні до 2014 року налічувалось близько 3000 хімічно небезпечних об'єктів (ХНО). Нехай статистичні дані про зміни на них хімічних аварій за 33 роки дають наступну частоту смертельних випадків та їх розподіл, представлені в табл. 2.1.

За даними табл. 2.1 можна побудувати графіки (рис. 2.1) з горизонтальною віссю N – число загиблих при хімічних аваріях і вертикальною віссю F – частота аварій на хімічно небезпечних об'єктах, в яких загинуло не менше N осіб (стовпець 4) або частота аварій на одному ХОО, в яких загинуло не менше N осіб (стовпчик 5).

Таблиця 2.1 – Частота смертельних випадків при хімічних аваріях та їх розподіл

Число загиблих, N	Число аварій, в яких загинуло рівно N осіб	Кількість аварій, в яких загинуло не менш N осіб	Частота аварій, в яких загинуло не менше N осіб, кількість випадків/ рік	Частота аварій на одному ХНО, в яких загинуло не менше N осіб, кількість випадків/(рік· об'єкт)
1	2	3	4	5
1	14	35 (усі аварії мають по 1 випадку)	$35/33 = 1,07$	$1,07/3000 = 3,6 \cdot 10^{-4}$
2	8	21 (35 - 14)	$21/33 = 0,64$	$0,64/3000 = 2,1 \cdot 10^{-4}$
3	3	13 (35 - (14+ 8))	$13/33 = 0,39$	$0,39/3000 = 1,3 \cdot 10^{-4}$
4	2	10 (35 - (14+8+3))	$10/33 = 0,30$	$0,30/3000 = 1 \cdot 10^{-4}$
5	1	8 (т.д.)	$8/33 = 0,24$	$0,24/3000 = 8 \cdot 10^{-5}$
7	2	7	$7/33 = 0,21$	$0,21/3000 = 7 \cdot 10^{-5}$

8	1	5	$5/33 = 0,15$	$0,15/3000 = 5 \cdot 10^{-5}$
9	1	4	$4/33 = 0,12$	$0,12/3000 = 4 \cdot 10^{-5}$
14	1	3	$3/33 = 0,091$	$0,091/3000 = 3 \cdot 10^{-5}$
18	1	2	$2/33 = 0,061$	$0,061/3000 = 2 \cdot 10^{-5}$
26	1	1	$1/33 = 0,030$	$0,030/3000 = 1 \cdot 10^{-5}$
	Σ 35			

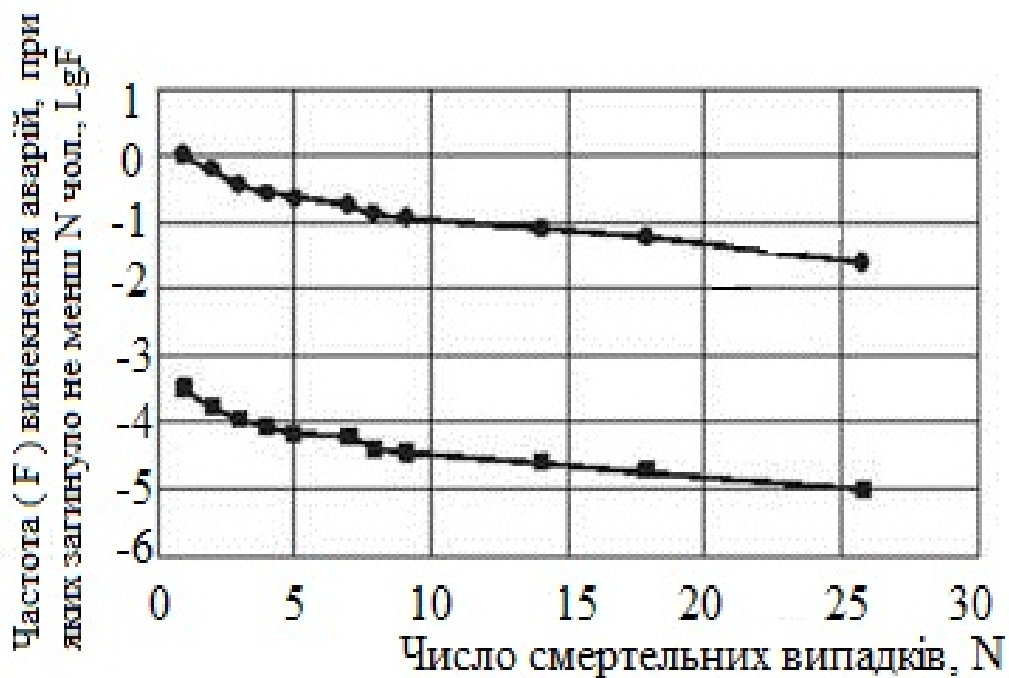


Рис. 2.1 – Діаграма соціального ризику (за видами) при хімічних аваріях на території України: ● – соціальний ризик, обумовлений аваріями на хімічно небезпечних об'єктах в Україні, $[F] = (\text{кількість випадків/рік})$; ■ – соціальний ризик (відносний), обумовлене аварією на одному хімічно небезпечному об'єкті, $[F] = [\text{число випадків}/(\text{рік об'єкт})]$

За цією діаграмою 2.1 судять про величину соціального ризику при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах в Україні. Подібні залежності застосовуються для порівняння небезпек і від інших явищ – як техносфери, так і сил природи.

Порівнюючи значення індивідуального і соціального ризиків у природній і техногенній сферах в Україні з аналогічними показниками, отриманими для інших держав, можна робити необхідні висновки про відповідність досягнутого рівня безпеки в нашій країні світовому рівню.

У наведених вище прикладах визначення величини індивідуального або соціального ризику було засновано на обробці статистичних даних. У тих випадках, коли необхідні статистичні дані відсутні або вони не можуть бути отримані, наприклад, для високотехнологічних потенційно небезпечних об'єктів за час їх експлуатації або для дуже рідкісних природних явищ застосовують методичний підхід, що отримав назву "концепція аналізу ризику", який найбільш повно в даний час розвинений для оцінки потенційної небезпеки промислових об'єктів.

Суть концепції аналізу ризику полягає в побудові множини (всіх без винятку, що не суперечать законам фізики) сценаріїв виникнення і розвитку можливих аварій на об'єкті, з подальшою оцінкою частот реалізації кожного з сценаріїв і визначенні масштабів наслідків при цих сценаріїв розвитку аварії.

Отримання кількісних оцінок потенційної небезпеки промислових об'єктів або різних явищ включає в себе рішення наступних завдань:

- побудова безлічі сценаріїв виникнення й розвитку аварії;
- оцінку частоти реалізації кожного з сценаріїв виникнення та розвитку аварій;
- побудова областей вражаючих факторів, що виникають при різних сценаріях розвитку аварії;
- оцінку наслідків впливу вражаючих факторів аварії на людину або інші матеріальні об'єкти;
- розрахунок показників ризику.

Завдання:

1. Побудувати F-N діаграму щодо варіанту завдання таблиця 2.2.

2. Записати висновок.

Таблиця 2.2 – Частота смертельних випадків при аваріях та їх розподіл (термін спостережень за 10 років) на 1000 підприємствах в області

Число загиблих, N	Число аварій, в яких загинуло рівно N осіб	Кількість аварій, в яких загинуло не менш N осіб	Частота аварій, в яких загинуло не менше N осіб, кількість випадків/ рік	Частота аварій на одному підприємстві, в яких загинуло не менше N осіб, кількість випадків/ (рік· об'єкт)
1	2	3	4	5
1	3			
2	4			
3	2			
4	3			
5	2			
7	1			
8	1			
9	1			
10	0			

Контрольні питання

1. Дати визначення соціального ризику.
2. Принцип побудови F-N діаграми.
3. Принцип розрахунку соціального ризику.
4. Суть концепції аналізу ризику.
5. Які задачі вирішує кількісна оцінка потенційної небезпеки.

Практична робота № 3

ПОКАЗНИК ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

Мета роботи: ознайомлення студентів з методиками визначення показників техногенної небезпеки та набуття практичних навичок з розрахунку універсального показника небезпеки.

На теперішній час основними показниками небезпеки є гранично допустимі концентрації (ГДК), для матеріальних речовин. Для енергетичних випромінювань – гранично допустимі рівні (ГДР). Показники допустимого ризику на Україні офіційно діють. Тобто зараз така ж ситуація, яка була і десятки років тому з показниками небезпеки.

Як відомо, 23 вересня 1999 Верховною Радою України був прийнятий Закон України «Про соціальне страхування від нещасного випадку». У цьому законі наводиться табл. 3.1 з умовно прийнятими класами професійного ризику виробництва. Фахівцю необхідно не тільки вміти аналізувати аварії та нещасні випадки що трапилися, але і передбачати їх прояв. Для цього необхідно навчитися оцінювати з позицій небезпеки працююче чи запропоноване розробниками обладнання, технологічні лінії і підприємства в цілому, що містять значну кількість різних пристроїв та обладнання, хімічних матеріалів і т.п. Кожен мешканець нашої країни повинен отримувати інформацію про те, якій небезпеці він піддається, працюючи на тому чи іншому обладнанні, знати, звідки з'являється небезпека і відповідним чином бути готовим до її можливого прояву.

Таблиця 3.1 – Орієнтовне віднесення галузей (підгалузей) економіки і видів виробничої діяльності в умовному класі професійного ризику виробництва (перша диференціація)

Області (підгалузей) економіки та види виробничої діяльності	Умовний клас професійного ризику виробництва
Освіта, культура і мистецтво; охорона здоров'я, фізична культура; наука і наукове обслуговування; управління; фінанси; кредит; страхування; пенсійне забезпечення; житлово-комунальне господарство; матеріально-технічне забезпечення і збут; торгівля; громадське харчування; громадські об'єднання.	I
Залізничний, авіаційний і водний транспорт; зв'язок; поліграфічна, легка, текстильна, медична промисловість	II
Атомна електроенергетика і промисловість; електроенергетика; хімічна, нафтохімічна, електротехнічна промисловість; автодорожній-транспорт; автомобільне господарство; машинобудівне господарство машинобудування (хімічне, нафтове, автомобільне, верстатобудування; інструментальне; приладобудування); лісове господарство	III
Чорна та кольорова металургія; промисловість будівельних матеріалів; машинобудування (енергетичне, тракторне, сільськогосподарське, будівельно-дорожнє, комунальне, для легкої промисловості, побутових приладів); целюлозно-паперова; харчова; м'ясна і молочна; рибна; будівництво	IV
Паливна, нафтовидобувна, нафтопереробна, газова; деревообробна; сільське господарство вугільна	V

Потенційну небезпеку мають практично усі предмети і матеріали, які оточують людину, різниця тільки в рівні її дії, формі, місці реалізації та часу.

Наявність такого показника небезпеки як ідентифікаційний код, дозволяє правильно розташовувати устаткування у виробничих приміщеннях, планувати розміщення цехів і відділів. Цей показник незамінний при проектуванні міст і районів, областей та інших центрів проживання людей, де зосереджені промислові підприємства.

Підприємства-виробники повинні привласнювати своїм виробам ідентифікаційний код (показник небезпеки). Крім цього необхідно мати на увазі, що один і той же виробничий фактор за природою своєї дії може належати одночасно до різних груп, перерахованих вище.

На жаль, всі відомі методики зводяться до аналізу статистичної інформації. Прикладом не зовсім достовірної інформації, одержуваної при такому аналізі, може служити аварія на Чорнобильській АЕС. Публікації, присвячені аналізу небезпеки устаткування, мають певні недоліки, які не дозволяють застосувати їх як універсальний показник небезпеки практично для всіх можливих виробів. На рис. 3.1 та 3.2 наведено алгоритми формування техногенних небезпек. як на локальному рівні (рис.3.1), так і на макрорівні (рис.3.2).

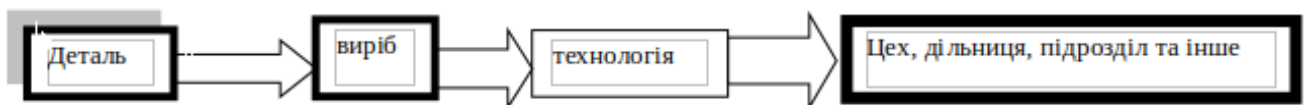


Рис. 3.1 – Схема формування техногенної небезпеки промислових виробів

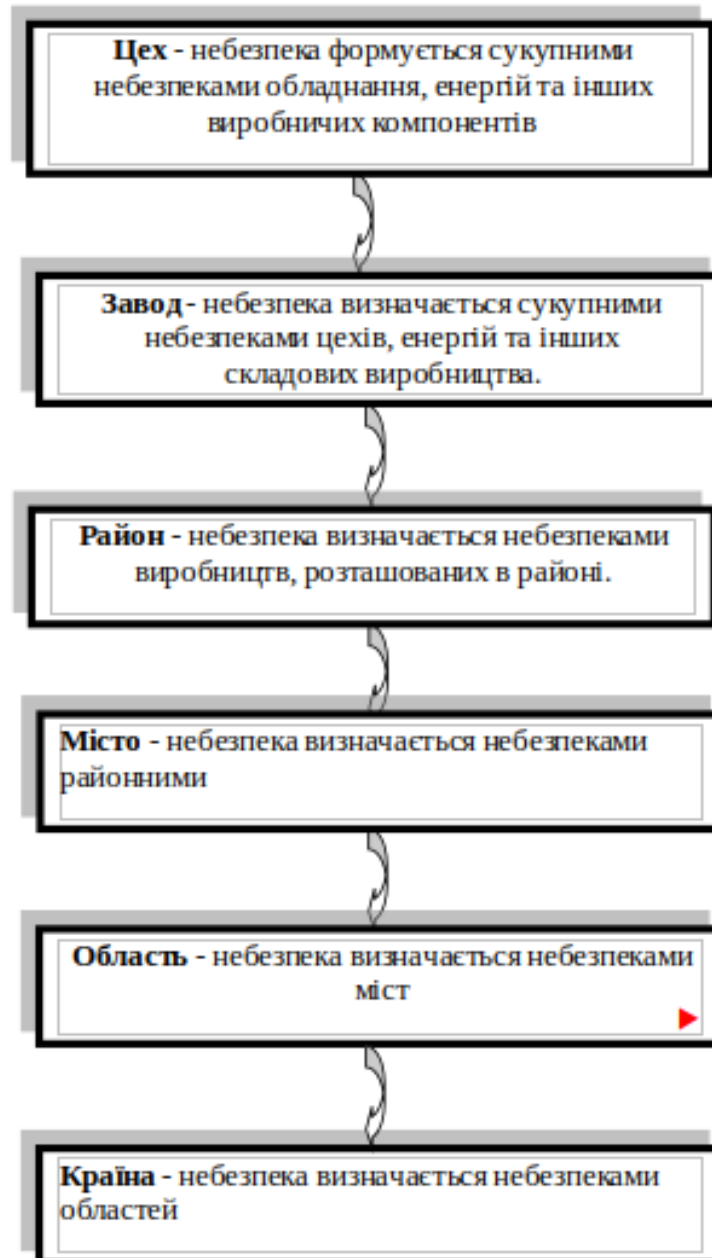


Рис.3.2 – Схема формування макронебезпек

Розрахунок індикаторів ризику.

На підставі схеми рис. 3.1 можна представити наступну схему наведену на рис.3.2, в яку вже включені етапи формування техногенної небезпеки підприємства, району, міста, області, республіки. На рис. 3.2 представлена схема формування глобальних небезпек (умовно цей етап можна назвати етапом формування «Макронебезпек»). Якщо кожен виріб буде мати показник небезпеки, то з'являється можливість оцінювати найбільшу і середню небезпеки ділянок, цехів і т.п. Однак якщо враховувати тільки шкідливі і небезпечні фактори, то складно отримати об'єктивну картину вихідних небезпек. Тому запропоновано ввести в універсальний показник небезпеки (УПН – IR) як визначальний показник кількість людей, яка одночасно піддається одним і тим же небезпекам на всіх етапах його використання.

Величину IR запропоновано визначати за наступним виразом:

$$IR = P \Phi, \quad (3.1)$$

де: P – число працюючих що мають безпосередній контакт з даним обладнанням (виробом) і тих, хто може наразитися на небезпеку при його аварії;

Φ – сума шкідливих і небезпечних факторів.

Беручи до уваги імовірнісний характер впливу небезпек на людей, тварин і рослини, був введений в вираз (1) коефіцієнт b, який визначається на підставі статистичних даних за частотою прояву властивостей небезпечних факторів за певний проміжок часу (прийнято останні 50 років).

$$b = C/T \quad (3.2)$$

де : C – кількість прояву небезпечних факторів за статистичний проміжок часу,

T – статистичний проміжок часу, рік.

На організм людини небезпечні фактори роблять різні впливи, наслідком яких є захворювання, травми, отруєння і т.п. Тому в вираз (1) введено коефіцієнт j , що характеризує тяжкість наслідків впливу чинників, який визначається на підставі статистичних даних і дорівнює відношенню врахованих випадків до загальної кількості врахованих випадків по даному виду впливу факторів.

$$J = D/A \quad (3.3)$$

де: D – кількість врахованих випадків від дії впливу чинника,

A – загальної кількості врахованих випадків по даному виду впливу чинника.

Для небезпечних факторів, дія яких проявляється при вибухах, викидах токсичних речовин у навколишнє середовище і т.п., необхідно ввести коефіцієнт z , який визначає розподіл кількості усіх людей, які можуть опинитися в зоні впливу. Визначається коефіцієнт z на основі ймовірності їх знаходження в даному районі в даний час, площі охоплення, а також на основі енергетичних показників (потенційної енергії):

$$z = P/S \quad , \quad (3.4)$$

де: P – кількість людей, які можуть опинитися в зоні впливу фактора, людей;

S – площа охоплення, m^2 .

У вираз (3.1), вводиться узагальнюючий коефіцієнт k , який визначається сумою зазначених вище коефіцієнтів:

$$k = b + j + z \quad (3.5)$$

Коефіцієнт k визначається для кожного фактора окремо. Остаточний вираз для визначення УПН має наступний вигляд:

$$IR = k P \Phi \quad (3.6)$$

Значення небезпечних факторів пропонується визначати на основі умовно прийнятої шкали, складеної за найбільш поширеним небезпечним і шкідливим факторам (табл.3.2) .

Таблиця 3.2 – Значення Ф для небезпечних факторів

Величина фактора Ф	Характеристика факторів
3,0	Руйнування при вибухах або без них, супроводжуються супутніми показниками забруднення навколишнього середовища (вибух, викид радіоактивних речовин, біоактивних компонентів і т.п.).
2,5	Руйнування при вибухах, але без подальшого забруднення навколишнього середовища (високі тиску, вибухові речовини і т.п.).
2,0	Опіки, отруєння і т.п. при перевищенні ГДК і ПДУ можуть призвести до смертельного результату. До цієї ж групи належать мікроорганізми (патогенні).
1,5	Чинники, що викликають пошкодження поверхні шкіри людини та інших органів; за певних умов можуть призвести до смертельного результату (колючі, ріжучі, рухомі елементи і пристрої, висота, тяжкість і т.п.).
1,0	Чинники, що викликають стомлення, зниження рівня працездатності, а при перевищенні ПДУ – травми, захворювання і т.п. (шум, вібрація, освітлення, метеоумови та ін.).
0,5	Алергічні захворювання та інші, які призводять до професійних захворювань.
0.1	Фактори, що не проявили себе, наслідки від впливу яких наслідком можуть викликати відхилення в роботі живого організму.

Для визначення Φ хімічних речовин, пропонується використовувати в якості оцінки величини фактора клас небезпеки цих речовин наведених в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Значення Φ для хімічних факторів

Величина фактора Φ	Клас небезпеки
2	1
1,5	2
1,0	3
0,5	4

Розглянемо кілька прикладів.

1. Вантажна машина. Експлуатації автомобілів супроводжує значну кількість небезпечних факторів, основні з яких: Φ_1 – переміщення автомобіля з великою швидкістю, $\Phi_1 = 1,5$; Φ_2 і Φ_3 – наявність шуму та вібрації, Φ_2 і $\Phi_3 = 1,0$; Φ_4 – наявність пального вибухонебезпечної речовини, $\Phi_4 = 2,5$; Φ_5 – викиди токсичних газів, у тому числі CO, $\Phi_5 = 1,0$. Загальна величина $\Phi = 9$. Число працюючих $P = 2$. Отже, за формулою (3.1), без урахування коефіцієнта k показник УПН = 18.

2. Автобус. Беручи до уваги приклад №1, для автобуса необхідно підвищити величину P до 50 і тоді величина УПН = 450. Це свідчить про важливість професійного відбору водіїв автотранспорту та необхідності відповідного страхування всіх, хто користується цим видом транспорту.

Беручи до уваги, що при розрахунках УПН великих транспортних засобів (літаків, кораблів, поїздів тощо) будуть з'являтися дуже великі значення коефіцієнта небезпеки, запропоновано в подальшому використовувати його логарифмічний показник, який позначається знаком (!), таким чином

$$! = \text{Lg} \text{УПН} \quad (3.7)$$

Тоді, для вище розглянутих прикладів отримаємо: $! = 1,26$ – вантажної машини; $! = 2,65$ – автобуса.

Усі ці показники умовні, а тому треба звертати увагу на насамперед, на ті що більше $\neq 1$.

Таким чином, наявність показника безпеки виробів і обладнання, дає можливість кожній людині зробити правильний вибір майбутньої професії, району проживання, певного виду транспорту з мінімальним ризиком для життя. У керівних працівників з'являється мета – зниження цього показника, шляхом придбання більш безпечного обладнання, переходу на інші види енергій і т.п.. Служби державного контролю, отримують у своє розпорядження об'єктивну картину по розташуванню небезпечних виробництв і позначені найбільш небезпечні об'єкти. У цій ситуації виплати пенсій, зарплати тощо, чітко регулюються величиною показника безпеки УПО, якій піддавався працівник або житель протягом певного відрізка часу.

Показником індивідуальної захищеності людини (З) в середовищі проживання (існування) може також ставлення *реакції людини* у секундах (Рл,с) до мінливих показників небезпечних факторів оточуючого середовища існування у секундах (Рсо,, с)

$$Z = R_l / P_{so} \quad (3.8)$$

Якщо цей показник вище 1, то захищеність людини висока. Якщо він в межах або дорівнює 1 ($Z \leq 1$), то захищеність знаходиться на межі припустимого, а якщо цей показник нижче 1 ($Z < 1$), то для захисту здоров'я та життя людини необхідно використовувати додаткові заходи і засоби.

Приклад: швидкість поширення блискавки, набагато перевищує реакцію людини і показник $Z \ll 1$; якщо порівнювати реакцію людини на кинутий м'яч або предмет, то в цьому випадку, залежно від психофізіологічного стану людини і дальності від рухомого об'єкту, цей показник $Z \leq 1$; реакція людини на будь-якої живої (не живий) об'єкт повільно переміщається в просторі практично завжди більш висока $Z > 1$. Цей показник стосується не тільки рухомих об'єктів, його можна поширити на дії,

вчинки (реакцію) людей в різних екстремальних ситуаціях, коли тренований і підготовлена людина, діє практично автоматично, знаючи наскільки важливим є швидкість прийняття рішення та виконання необхідних дій.

Завдання :

1. Розрахувати показник УПН для наступних виробів, згідно за варіантами:

1. Електрична дріль;
2. Ручний шліфувальний прилад;
3. Ліфт;
4. Велосипед;
5. Автовантажник;
6. Вантажівка;
7. Викрутка;
8. Газова піч (побутова);
9. Фен побутовий;
10. Конвеєр (10 працівників).

2. Розрахувати показник **З** щодо реагування людини на падаюче каміння із висоти 5, 30, 50 метрів, з початку того, що людина почула гуркіт (зсув) до зіткнення із людиною або поверхнею ґрунту. Людина повинна, для ідентифікації загрози: 1 варіант – підняти голову вверх та подивитись на джерело шуму (1 – 2 с), побачити та відступити в бік (1 – 2 с), разом необхідно від 2 до 4 секунд; 2 варіант – відступити в бік (1 – 2 с) та підняти голову вверх (1 – 2 с); 3 варіант – рухатись далі швидко (1 – 2 с), зупинитись (1 с), підняти голову вверх щоб подивитись (2 – 3 с) .

Заповнити у розрахунку місця позначені знаком «?» та «.....». *Довідка:*
джерело інформації -

http://www.zhu.edu.ua/mk_school/mod/page/view.php?id=13801

Розрахунок. Можна розрахувати час падіння тіла на землю з висоти 5 м за формулою $t = \sqrt{2h/g} = 1 \text{ с}$ ($P_{л} < P_{ос}$), а 30 м = ?, 50 м = ? с. Висновок: при падінні каміння з висоти можливо залишеться не ушкодженим.

3. Індивідуальне завдання – вибір технологічного устаткування здійснюється відповідно до технологічного процесу. Габаритні розміри слюсарно-механічної ділянки 9000 x 12000 (мм²). Слюсарно-механічна ділянка працює в 1-у зміну. Устаткування, яке використовується на слюсарно-механічній ділянці наведено в таблиці 3.4. Розрахувати показник УПО для робочого місця та занести результат розрахунку у табл.3.4..

Таблиця 3.4 – Технологічне устаткування слюсарно-механічної ділянки

Тип моделі	Кількість одиниць обладнання	Кількість працюючих, які мають безпосередній контакт з устаткуванням Р (чол.)	Величин а чинника Ф	Універсальний показник небезпеки (УПО – IR)
Слюсарний верстак	4	4		
Слюсарні лещата	4	4		
Токарно-гвинторізний верстат	2	2		
Універсально-заточний верстат	1	1		
Обдирно-шліфувальний верстат	1	1		
Стелаж для деталей	6	12		
Універсально-фрезерний верстат		1		
Верстат відрізний	1	1		
Вертикально-свердлувальний верстат	1	1		
Настільно-свердлувальний верстат	1	1		
Прес з ручним приводом	1	1		

Контрольні питання

1. Класи професійного ризику виробництва.
2. Поясніть схему формування техногенної небезпеки промислових виробів.
3. Навести схему формування макронебезпек.
4. Що визначає універсальний показник небезпеки.
5. Як визначається величина IR.
6. Визначення показника захищеності людини в середовищі проживання.

Практична робота 4

ОПРАЦЮВАННЯ КАРТИ РИЗИКІВ

Мета : ознайомлення студентів з методом Файн-Кінні, створення карт ризиків для підприємства машинобудівної галузі.

Кроки (етапи) оцінки ризику

Оцінка ризиків зазвичай проводиться за допомогою п'яти кроків.

Крок 1. Виявлення небезпек:

Спочатку необхідно з'ясувати те, як саме можуть постраждати люди.

Існують декілька джерел отримання інформації про можливі ризики:

- нормативні правові акти, довідкова література, галузеві та міжгалузеві правила та ін;
- результати перевірок органів нагляду;
- результати виробничого контролю;
- результати атестація робочих місць;
- ведення реєстру хімічних речовин, що використовуються на виробництві;
- визначення властивостей, якими повинні володіти ЗІЗ;

- наявність інструкції на кожне робоче місце;
- наявність керівництва по експлуатації обладнання;
- спостереження за робочим середовищем;
- анкетування (використання опитувальних листів);
- досвід практичної діяльності керівника робіт з оцінки ризиків.

Працюючи на певному робочому місці кожен день, легко передбачити деякі небезпеки. Тому нижче наведено ряд порад роботодавцю з тим, щоб допомогти йому визначити ті небезпеки, які є суттєвими:

- Здійсніть обхід робочого місця і подивіться, від чого може виходити ймовірна небезпека, здатна заподіяти шкоду.
- Запитайте у працівників або їх представників про те, що вони думають. Вони можуть помітити ті речі, які можуть не відразу привернути вашу увагу.
- Складіть список небезпек, що існують на підприємстві.

Не завжди потрібно вимірювати рівень шуму або ступінь схильності працівників впливу шкідливих речовин. Розмовляючи з ким-небудь на відстані одного метра і підвищуючи при цьому голос, можна легко припустити, що рівень шуму перевищує 80 dB (A), а тому є шкідливим фактором. Якщо відчуємо запах гару в зварювальному цеху, то найімовірніше дозволений поріг допустимої величини загазованості при зварювальних роботах перевищений.

Крок 2. Визначення того, хто може постраждати і як:

Для кожного шкідливого фактора необхідно з'ясувати, кому саме може бути завдано шкоди. Це допоможе визначити найкращий спосіб управління ризиком. Це не означає складання списку конкретних людей із зазначенням прізвищ, тут мова йде скоріше про групи людей (наприклад, «працівники складу» або «оператори»).

В кожному випадку необхідно визначити, яка саме шкода може бути завдана людям, тобто яка травма або яке порушення здоров'я може бути

отримано. Наприклад, «укладальники на складі можуть отримати травму спини від частого підняття коробок».

Необхідно пам'ятати, що праця деяких категорій працівників пов'язаний з підвищеними вимогами. Це стосується, наприклад, новачків та молодих працівників, вагітних жінок і матерів що годують дітей, людей з інвалідністю, тобто категорій, які можуть бути особливо схильні до ризиків.

Деяким особам необхідно приділити особливу увагу:

- Прибиральникам, підрядникам, фахівцям з обслуговування, які не завжди знаходяться на певному робочому місці;
- Стороннім відвідувачам, яким може бути завдано шкоди в результаті виконуваної роботи;
- У випадку, коли дане місце роботи ділиться з іншою компанією, роботодавцю необхідно подумати про те, як робота його персоналу впливає на працівників іншої організації, а також про те, як робота інших впливає на його персонал;
- Поговорити з працівниками і поцікавитися у них, чи немає серед них того, хто міг би допустити збій в роботі.

Крок 3. Оцінка ризиків та визначення заходів обережності:

Відзначивши небезпеки, необхідно вирішити, що з ними робити. Роботодавець повинен робити все «розумно здійсненне» з тим, щоб захистити людей від шкоди. Роботодавець може розробити необхідні заходи сам, але найлегший спосіб - це порівняти те, чим він займається, з передовим досвідом у цій галузі.

Отже, по-перше, він перевірить, що він уже робить, подумає над тим, які заходи контролю у нього застосовуються, і як організована робота. Потім він порівняє ситуацію у своїй компанії з передовим досвідом і побачить, чи не слід зробити більше для того, щоб відповідати вимогам відібраних добровільних стандартів передового досвіду. Переймаючись цим питанням, він повинен подумати про те, чи зможе він позбутися шкідливого чинника

взагалі і, якщо ні, як контролювати ризики таким чином, щоб знизити ймовірність прояву шкоди?

При здійсненні контролю над ризиками необхідно застосовувати наведені нижче принципи по можливості в наступному порядку:

- Намагатися застосовувати менш ризикований варіант (наприклад, перемикається на застосування менш небезпечних хімічних речовин);
- Запобігати доступ до шкідливих факторів (наприклад, шляхом охорони);
- Організувати роботу таким чином, щоб знизити ступінь схильності впливу шкідливого чинника (наприклад, шляхом встановлення бар'єрів між пішохідними доріжками і рухом транспорту);
- Застосовувати засоби індивідуального захисту (наприклад, спецодяг, спецвзуття, окуляри і т.п.);
- Забезпечити наявність побутових об'єктів (наприклад, пунктів першої допомоги, душових, мийок для видалення забруднень).

Поліпшення ситуації у сфері здоров'я та безпеки не вимагає великих витрат. Наприклад, розміщення дзеркала на небезпечному сліпому куті будівлі з тим, щоб запобігти дорожньо-транспортний травматизм - це низьковитратний запобіжний засіб, що дозволяє знизити ризик. Невиконання таких елементарних заходів обережності може коштувати набагато дорожче, якщо станеться нещасний випадок.

Залучаючи персонал, роботодавець може переконатися в тому, що те, що він пропонує зробити, працюватиме на практиці і не призведе до яких-небудь новим загрозам.

Не завжди можливо зіставити шкідливі фактори з існуючим передовим досвідом. У цьому випадку необхідно оцінити ймовірність або можливість нанесення шкоди і ступінь тяжкості його наслідків. Ряд методів був розроблений в цих цілях.

Наприклад, проводити оцінку професійних ризиків за допомогою п'яти ступінчатої шкали оцінки, наведеної в табл. 4.1:

Таблиця 4.1 – П'яти ступінчата шкала оцінки ризиків

Ймовірність	Ступень важкості шкоди		
	Помірна	Середня	Крайня
Вкрай неймовірний	Дуже легкий 1	Невеликий 2	Середній 3
Ймовірний	Невеликий 2	Середній 3	Високий 4
Високо ймовірний	Середній 3	Високий 4	Вкрайн високий 5

Визначення ризику методом Файн-Кінні

Застосовуваний у цьому методі підхід заснований на комбінації ступеня схильності працівника впливу шкідливого чинника на робочому місці, ймовірності виникнення загрози на робочому місці і наслідків для здоров'я та / або безпеки працівників в тому випадку, якщо загроза здійсниться. Цей розрахунок ризику виражається формулою:

$$R = \text{Схильність} \times \text{Ймовірність} \times \text{Наслідки}$$

Проведення аналізу ризиків таким способом повинно вести до класифікації ризиків у сфері здоров'я та / або безпеки працівників за ступенем серйозності, наприклад:

$R = 0 - 20$ невеликий ризик, можливо прийнятний;

$R \Rightarrow 400$ дуже високий ризик, негайне припинення діяльності;

У методі Файн-Кінні ступінь схильності варіюється від 0 (= ніколи немає схильності) до 10 (= постійна схильність), ймовірність варіюється від 0 (= абсолютно неможливо) до 10 (= це станеться), наслідки варіюються від

1 (= мінімальні пошкодження) до 100 (= катастрофа) у відповідності з наступним:

Схильність

- 10 – Постійна
- 6 – Регулярна (щодня)
- 3 – Час від часу (щотижня)
- 2 – Іноді (щомісяця)
- 1 – Рідко (щорічно)
- 0,5 – Дуже рідко
 - 0 – Ніколи

Імовірність

- 10 – Очікувано, це трапиться
- 6 – Дуже ймовірно
- 3 – Незвично, але можливо
- 1 – Неймовірно
- 0,5 – Можна собі уявити, але неймовірно
- 0,2 – Майже неможливо
- 0,1 – Неможливо
- 0 – Абсолютно неможливо

Наслідки

- 100 – Катастрофа, багато жертв
- 40 – Аварія, кілька жертв
- 15 – Дуже важкі, 1 людина загинула (відразу або через якийсь час)
- 7 – Важкі, інвалідність
- 3 – Серйозні, травма та невихід на роботу
- 1 – Мінімальні, достатньо надання першої допомоги

Проведення аналізу ризиків таким способом повинно вести до класифікації ризиків у сфері ЗБР за ступенем серйозності:

Ризик :

- > 400 – Вкрай високий ризик, негайне припинення діяльності

- 200 – 400 – Високий ризик, необхідні негайні удосконалення
- 70 – 200 – Серйозний ризик, необхідні удосконалення
- 20 – 70 – Можливий ризик, необхідно приділити увагу
- 0 – 20 – Невеликий, можливо прийнятний ризик

Вихідні дані

Метод Файн–Кінні класифікує професійний ризик по п'яти групам (табл.4.1):

1. дуже легкий
2. невеликий
3. середній
4. високий
5. вкрай високий.

На основі визначення ступеня серйозності ризиків можна розставити пріоритети для усунення та / або зниження рівня ризиків на робочому місці.

На основі аналізу джерел інформації формують вихідну базу можливих ризиків. Проведення первинного аналізу професійних ризиків передбачає визначення найбільш значущих професійних ризиків і оцінка ризик-утворюючих факторів. Найбільш значимі професійні ризики – це ті ризики, які найбільш часто і в більшій кількості є на підприємстві, вони зумовлені особливостями технічного та технологічного оснащення виробництва. Також до таких ризиків відносяться ті, які тягнуть за собою найбільш важкі наслідки (розвиток професійного захворювання, важкі травми, травми, пов'язані з інвалідністю і т. п.). Оцінка ризик-утворюючих факторів полягає у визначенні факторів, що впливають на частоту і тяжкість професійних ризиків, їх градації за ступенем впливу. Простір виникнення професійних ризиків – це умови праці. Тому необхідно враховувати ті фактори, які більшою мірою впливають на безпеку або небезпеку умов праці.

Крок 4. Фіксування результатів оцінки ризиків, виконання запланованого заходу:

Запис результатів оцінки ризиків та інформування про них персоналу сприяє застосуванню роботодавцем результатів оцінки з метою поліпшення умов праці. При практичному застосуванні результатів оцінки ризиків необхідно розділяти турботу про людей і турботу про бізнес. З іншого боку, існує правове зобов'язання викладати результати оцінки ризиків в письмовому вигляді. При фіксуванні результатів робіть якомога більш прості записи, наприклад: «спотикання о сміття: встановлені сміттєві бачки, персонал проінструктований, щотижневі перевірки організації роботи» або «Шкідливі гази від зварювання: використовується місцева витяжна вентиляція, яка регулярно перевіряється».

Ніхто не очікує від роботодавця, щоб оцінка ризиків була досконалою, однак вона повинна бути належною, достатньою і відповідає правовим зобов'язанням.

Роботодавець повинен бути в змозі показати:

- Що належна перевірка була проведена;
- Хто може піддатися небезпечному впливу;
- Що всіма значущими шкідливими факторами займаються, беручи до уваги кількість людей, яка може бути залучено;
- Що вжиті заходи обережності розумні, а залишився ризик мінімальний;
- Що персонал підприємства або його представники були залучені в процес і
- Що проведення оцінки ризиків перевірялося службою по здоров'ю та безпеці працівників.

При наявності великої кількості ризиків можливе створення в організації Класифікатора ризиків. Приклад створення в організації класифікатора ризиків розміщений у Додатку 4.1, де дається градація ризику за такими критеріями:

- 01, 02, 03 і т.п. - Загальне найменування ризику;
- 0101, 0102, і т.п. - Конкретний вид ризику;
- 11.01.01. - Різновид конкретного виду ризику;

11.01.01.01 -	Ступінь ризику: - помірна
11.01.01.02. -	Ступінь ризику: - середня
11.01.01.03. -	Ступінь ризику: - висока.

На кожне робоче місце може розроблятися карта оцінки ризиків (далі — КОР). Таблиця 4.2.

По мірі заповнення КОР виявляємо ступінь тяжкості ризику, де:

1. помірна (мала) ступінь ризику - потерпілому працівникові не потрібно надання медичної допомоги, в гіршому випадку 3х денний відсутність на роботі;

2. середній ступінь ризику - потерпілого працівника доставляють в організацію охорони здоров'я або потрібно її відвідування, відсутність на роботі до 30 днів, розвиток хронічного захворювання;

3. крайня (велика) ступінь ризику - нещасний випадок викликає серйозне (невиліковне) ушкодження здоров'я, потрібне лікування в стаціонарі, відсутність на роботі більше 30 днів, стійка втрата працездатності (інвалідність) або смерть.

У міру заповнення КОР виявляємо ступінь імовірності ризику, де:

1. ризик ні ймовірний - означає, що організація роботи з охорони праці носить рекомендаційний характер, але свідчать про надання уваги керівниками та працівниками на питання охорони праці, про рівень виробничої культури та трудової дисципліни, такі як, наприклад, утримання в чистоті приміщень та робочих місць, відповідність засобів індивідуального захисту виконуваний роботі, відповідність ергономічних та інших факторів, що сприяють створенню в підрозділі атмосфери затишку, культури, безпеки праці.

2. ризик ймовірний – значить, що недотримання вимог безпеки безпосередньо не призводить до травми або захворювання, але вказує на недостатній рівень організації робіт з охорони праці або може призвести до обтяженого наслідків інциденту, нещасного випадку (відсутність знаків

безпеки, що не укомплектованість аптечок першої допомоги, погане утримання проходів, наявність шкідливих виробничих факторів та ін.).

3. ризик високо вірогідний - означає, що погано організована робота з охорони праці, не дотримуються вимоги безпеки, які можуть призвести до травми або профзахворюванню і потрібно усунення, ліквідація шкідливих факторів, аж до ліквідації такого робочого місця. У цю групу рекомендується включати всі державні нормативні вимоги охорони праці.

У міру складання КОР на кожне робоче місце (згідно зі штатним розкладом, з урахуванням використовуваного обладнання та інструментів) складається докладний план заходів щодо зниження ризиків, із зазначенням, в тому числі, відповідальної особи за кожний конкретний пункт плану, терміни виконання конкретного пункту плану, при необхідності - джерела фінансування.

Мета плану заходів щодо зниження ризиків – зменшення випадків відхилення від правил та інструкцій з охорони праці, відповідно – зниження ризиків травмування та профзахворювань, а значить і зростання продуктивності праці, поліпшення іміджу організації; зменшення або усунення небажаних побічних ефектів, викликаних порушеннями трудової дисципліни і застосуванням покарань; посилення почуття задоволення серед персоналу від виконаної роботи; поліпшення якості взаємин між керівниками середньої ланки і робітниками і службовцями. Не можна забувати істину «Заощадження завжди перевищують витрати».

Хороший план заходів щодо зниження ризиків часто включає комбінацію різних заходів і дій, наприклад:

- Правові зобов'язання, яким необхідно відповідати якомога швидше;
- Ряд найбільш дешевих або легко здійснених удосконалень можуть бути виконані швидко, можливо як тимчасові рішення до прийняття більш надійних заходів контролю;

- Довгострокові рішення щодо тих ризиків, які з найбільшим ступенем ймовірності можуть призвести до нещасних випадків або порушень здоров'я;
- Довгострокові рішення щодо ризиків з потенційно найменш сприятливими наслідками;
- Організація навчання працівників за рештою основним ризикам, а також по тому, як їх контролювати;
- Регулярні перевірки з тим, щоб переконатися, що заходи контролю приймаються і
- Чітка відповідальність - ясне розуміння того, що вжиті заходи виконані повною мірою і в строк.

Найбільш важливим проблемам слід віддавати пріоритет і займатися їх вирішенням у першу чергу. У випадку, якщо захід завершено, відзначте його виконання в плані дій.

Крок 5. Перегляд оцінки ризиків та її удосконалення при необхідності:

Лише деякі робочі місця залишаються незмінними. Рано чи пізно застосування нового обладнання, нових хімічних речовин і процедур може призвести до виникнення нових загроз. Тому має сенс проводити перегляд того, що робиться на поточній основі. Роботодавець в міру необхідності повинен проводити аналіз ситуації, з тим, щоб переконатися, що він все ще проводить удосконалення або принаймні не відкочується назад.

Подивіться на оцінку ризиків ще раз. Чи відбулися якісь зміни? Чи є ще необхідність у удосконаленнях? Чи не виявили працівники яку-небудь нову проблему?

Чи отримав роботодавець нові уроки з будь-яких нещасних випадків чи ситуацій, близьких до них? Переконайтеся, що оцінка ризиків відповідає вимогам часу.

По мірі виконання заходів, якщо отриманий рівень ризику задовольняє вимогам безпеки, прийнятний, то оцінка ризику завершена. Якщо

отриманий рівень ризику не задовольняє вимогам безпеки, то визначаємо нову оцінку ризику згідно з алгоритмом оцінки ризику (рис.4.1).

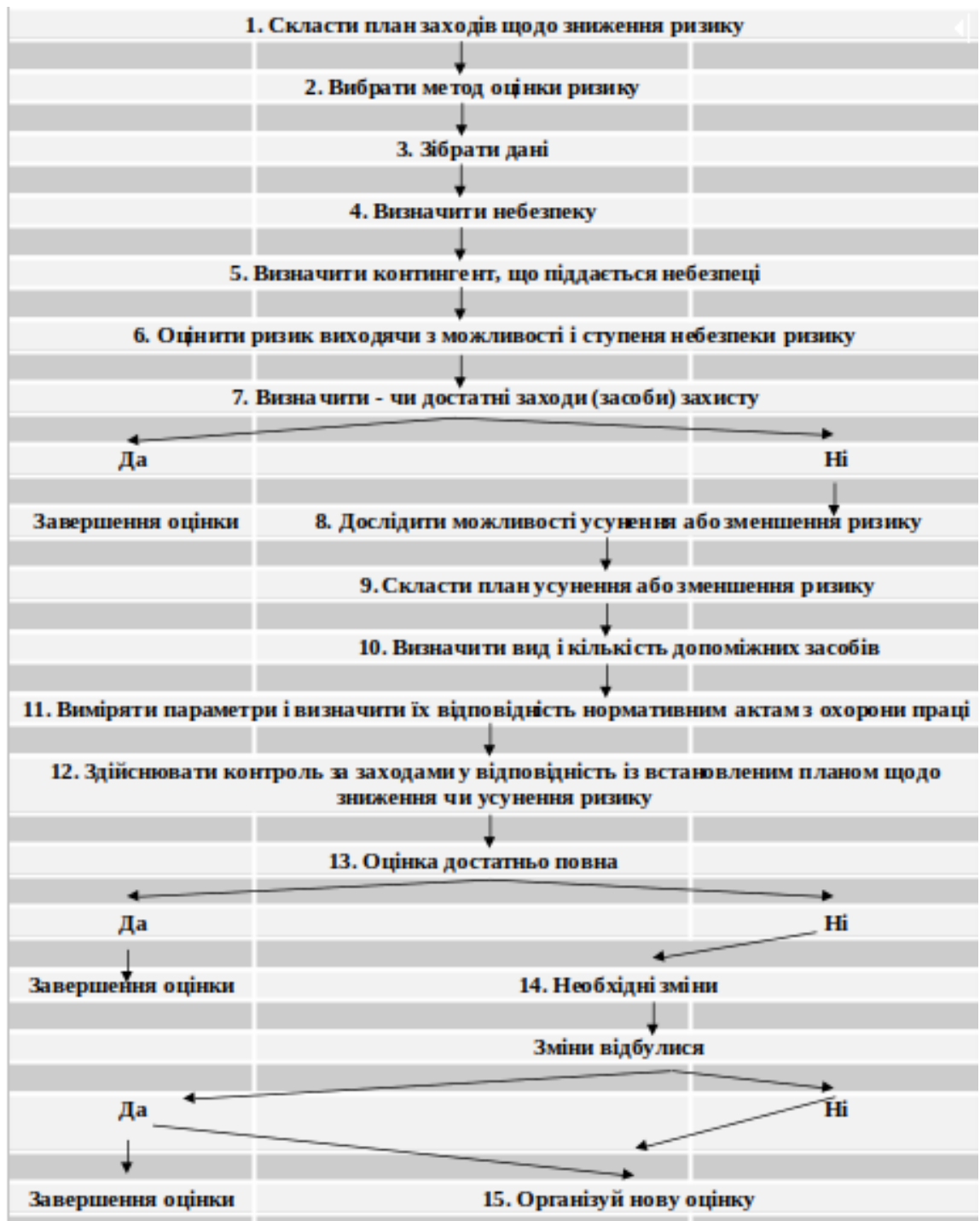


Рис. 4.1 – Алгоритм оцінки ризику

Періодичність оцінки ризику можна розробити згідно примірної шкалі оцінки професійного ризику по роках (можна розробити таку шкалу на рік), у міру необхідності або за показниками; для окремих груп працівників - по

цехах, структурним підрозділам або по підприємству в цілому в залежності від чисельності працюючих табл.4.2., згідно таблиці 4.1.

Таблиця 4.2 – Шкала оцінки ризику (приклад)

Методи оцінки професійного ризику	Рівні професійного ризику			
	Неймовірний	Ймовірний	Вкрай ймовірний	Поза межний
Періодичність оцінки ризику (по роках, в міру необхідності або за показниками)	1 раз на 3 роки	1 раз на 2 роки	1 раз на рік	1 раз на 6 місяців
Наявність ризику (згідно Коду ризику)	до 5	від 6 до 10	від 11 до 15	більше 16
I . Оцінка рівня травматизму				
1.1. кількість небезпечних ситуацій (мікротравм) на:		від 6	від 11	більше
100 працівників	1-5	до 10	до 15	ше
1000 працівників	1-5	6-15	16-30	16
даної професії (виробництва) на рік				
1.2. кількість випадків травматизму на:				більше
100 працівників	1	1-2	1-3	30
1000 працівників				
даної професії (виробництва) на рік				більше
II . Оцінка стану здоров'я та працездатності працівників				ше 4

(рівень професійної захворюваності, кількість випадків на: 100 працівників 1000 працівників даної професії (виробництва) на рік	до 0,5	0,1	0,2	
		0,6-	1,1-1,5	
		1,0		0,3
				більше
				1,6

На заключному етапі слід виконувати контроль і коригування проведених заходів. Причому коректування повинна ув'язуватися з ефективністю заходів щодо зниження рівня професійних ризиків, а також з фінансовим станом підприємства. Контрольні функції при цьому повинні виконувати не тільки відповідальні структурні підрозділи, але також і профспілка (інший представницький працівниками орган).

Не слід надмірно ускладнювати процес оцінки ризиків. Необхідно весь час пам'ятати, в чому полягає мета оцінки ризиків – у покращенні умов для здоров'я та безпеки працівників на робочому місці - і намагатися уникати проведення оцінки ризиків як такий лише як самоцілі.

Як показує практика провідних підприємств, окрім зниження ризиків травмування та профзахворювань, зростання продуктивності праці, а значить і отримання вигоди оцінка ризиків та управління ними направлено на:

- Створення і підтримка в колективі здорової морально - психологічної атмосфери;
- Підвищення соціальної захищеності робітників;
- Повноцінне використання дозвілля;
- Підвищення кваліфікації персоналу;

- Забезпечення екологічної безпеки виробництва;
- Зростання життєвого рівня працівників та їх сімей.

У теперішній час в Україні сформульована концепція системи охорони праці і зроблені заходи з модернізації системи охорони праці та обов'язкового соціального страхування на основі застосування системного підходу до всього спектру проблем, пов'язаних з поліпшенням умов праці та стану здоров'я працівників. Підготовлені ряд проектів, що включають керівництво, методики оцінок і регламенти виконання робіт.

При цьому формується повноцінна система управління професійними ризиками, заснована на ідентифікації всіх небезпек на робочих місцях, їх кількісній оцінці та веденні відповідних записів, моніторингу змін, що проводяться з подальшим встановленням взаємозв'язків стану умов праці та стану здоров'я працівників на основі визначення індивідуальних професійних ризиків працівників.

Завдання :

1. Зробити анкету для опитування та занести її до зошиту;
2. Зробити відповідь на анкету (приклад додаток 4.2), згідно свого робочого місця біля ПЕОМ (ноут-бука) при дистанційній формі навчання. Врахувати наявність електричної мережі – 220 В, якість освітлення – норма мінімум 300 лк, систему вентиляції, вологість повітря – 40-60 %. Також інші фактори – шум, вібрація, психофізіологічне навантаження тощо;
3. Зробити схему розташування робочого місця та позначити рівень ризику за розрахунками.
4. Зробити КЛАСИФІКАТОР РИЗИКІВ
5. Зробити АЛГОРИТМ ОЦІНКИ РИЗИКУ
6. Зробити КАРТУ ОЦІНКИ РИЗИКІВ
7. Зробити висновки – письмово у вигляді ШКАЛИ ОЦІНКИ РИЗИКУ.

КЛАСИФІКАТОР РИЗИКІВ

№	Найменування ризиків	Код
1. Використання робочого обладнання		01
1	відсутність огорожі, недостатньо захищені деталі, що обертаються або рухаються	0101
2	вільний рух деталей чи матеріалів	0102
3	рух	0103
4	рухомі механізми	0104
5	загроза пожежі чи вибуху	0105
6	неправильне використання ручного інструменту;	0106
7	прибирання, ремонт обладнання під час роботи	0107
8	несправність обладнання	0108
2. Ергономіка (характер та розміщення робочих місць, приміщень)		02
1	небезпечні поверхні (гострі краї, виступи);	0201
2	робота на великій висоті;	0202
3	роботи, пов'язані з незручними рухами/позами;	0203
4	обмежений простір; вхід та робота в обмежених приміщеннях	0204
5	ергономічних факторів (відповідність конструкції ручного інструменту та обладнання антропометричним та фізіологічним показникам працівника)	0205
6	вплив використання засобів індивідуального захисту інші аспекти роботи;	0206
7	розміщення робочого місця	0208
3. Характер та розміщення шляхів евакуації, допоміжних приміщень		03
1	ліфти	0301
2	шляхи евакуації та аварійні виходи	0302
3	шляхи пересування транспорту на території підприємства	0303

4	стан вікон, підлог, стін, стель, дахів, карнизів, водостоків та ін.	0304
5	розміщення, стан дверей	0305
4. Використання електрики		
1	електророзподільне обладнання	0401
2	електроустаткування, замкнута електромережа, освітлювальні мережі	0402
3	обладнання, що приводиться в дію електрикою,	0403
4	використання переносних електроінструментів	0404
5	пожежа або вибух, спричинений електрикою	0405
5. Вплив хімічних речовин, шкідливих для здоров'я		05
1	вдихання, прийом з їжею або всмоктування через шкіру	0501
2	використання легкозаймистих та вибухонебезпечних матеріалів	0502
3	нестача кисню (асфіксія)	0503
4	задимленість, загазованість	0504
5	присутність речовин, що викликають корозію	0505
6	реагуючі/нестабільні речовини	0506
7	гарячих речовин/розчинників	0507
8	холодних речовин/розчинників	0508
6. Вплив випромінювань		06
1	електромагнітного випромінювання та видимого світла	0601
2	інфрачервоного	0602
3	ультрафіолетового	0603
4	іонізуючого	0604
7. Вплив фізичних факторів		07
1	електромагнітного поля (мікрохвиль, радарних хвиль та ін.)	0701
2	лазерного випромінювання	0702
3	шуми, ультразвук	0703

4	механічних вібрацій	0704
5	високого тиску (стиснене повітря, пара, рідини)	0608
8. Вплив біологічних факторів		
1.	використання біологічно активних речовин	0801
2.	ймовірність контакту з патогенними мікроорганізмами (інфекційні захворювання)	0802
3.	присутність алергенів	0803
9. Фактори навколишнього середовища та робоче середовище		
1	освітлення (недостатнє або невідповідне)	0901
2	спека чи холод у приміщенні	0902
3	невідповідний контроль за вологістю, обміном повітря	0903
4	присутність забруднювачів	0904
10. Взаємодія виробничого середовища та людських факторів		
1	необхідності отримувати та точно обробляти інформацію	10.01.
2	Комунікації голосові, відео та інші	10.02.
3	відхилення умов безпеки або змін процедур безпеки праці	10.03.
4	придатність засобів індивідуального захисту	10.04.
5	слабка мотивація дотримання техніки безпеки	10.05.
11. Психофізіологічні фактори		11
1	характер праці	11.01.
	інтенсивність (напруженість)	11.01.01.
	помірна	11.01.01.01.
	середня	11.01.01.02.
	висока	11.01.01.03.
2.	монотонність	11.01.02.
	ступінь технічної складності	11.01.03.
	ступінь відповідальності за прийняття рішень	11.01.04.

	ступінь відповідальності за безпеку інших	11.01.05.
3	невизначеність та конфліктні ситуації	11.02.
11.03.	обставини, що впливають на роботу та виконання завдання, прийняття рішень, контроль роботи	11.03.
11.04.	неадекватна реакція у разі аварії	11.04.
11.05.	відсутність можливості кар'єрного зростання	11.05.
11.06	здоров'я працівника	11.06
11.06.1.	наявність хронічних захворювань	11.06.01.
11.07.	стреси на роботі	11.07.

Додаток 4.2.

АНКЕТА ДЛЯ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ РИЗИКУ (приклад)

Підприємство НТУ «ХП»

Кафедра «Безпека праці та навколишнього середовища»

Підрозділ _____

_____ . (ПІБ студента, що виконує завдання)

П.І.Б. співробітника _____

Оцініть у балах (таблиця.4.4). Відповідь занести у таблицю 4.3

Таблиця 4.3 – Результати анкетування (приклад)

	Шкідливий або небезпечний чинник впливає на працівника (код)	Вірогідність	Дія	Наслідки	Ризики
1	0402, 0403	0,2	3	15	9
2	0603	0,5	3	3	4,5
3	0901	0,5	3	3	4,5
Результат	Кількість чинників 4				
Підсумок (табл.4.4)	Ризик малий, підлягає контролю				

Таблиця 4.3 – Ступень ризику на всіх етапах робіт

Бали	Вірогідність	Бали	Дія	Бали	Наслідок
10	Швидше за все, станеться	10	Постійно	100	Надзвичайна ситуація, багато жертв
6	Дуже ймовірно	6	Щодня впродовж робочого дня	40	Руйнування, є жертви
3	Навряд чи можливо	3	Від випадку до випадку (еженедільно)	15	Серйозні наслідки, є смертельний випадок

1	Майже неможливо	2	Іноді (щомісячно)	7	Втрата працездатності, важка травма
0,5	Маловірогідно	1	Рідко (щорічно)	3	Випадки тимчасової непрацездатності
0,2	Почти невозможно	0,5	Дуже рідко	1	Легка травма, надана перша медична допомога
0,1	Фактично неможливо				

Таблиця 4.4 – Бальна шкала оцінок параметрів професійного ризику

Бали	Ризик	Профілактичні роботи
> 320	Дуже високий	Негайне припинення діяльності
160–320	Високий	Потрібне негайне поліпшення
70–160	Істотний	Потрібне поліпшення
20–70	Можливий	Необхідно звернути увагу
<20	Малий	Підлягає дослідженню

Контрольні питання

1. Класифікація професійних ризиків за методом Файн–Кінні
2. Алгоритм визначення ризику
3. Карта оцінки ризику
4. Класифікатор ризиків

Практична робота № 5

РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

Мета роботи: ознайомити студентів з методикою розрахунку надійності системи «Людина-машина».

Надійність виробництва залежить від надійності устаткування, технологій і людини, як ланки складної системи «людина – середовище існування». Середовище існування містить і технічні засоби, які можна назвати одним словом – машини.

Вірогідність піддатися дії небезпеки багато в чому визначається надійністю устаткування, технології, споруди і тому подібне. З другого боку, надійністю людини з погляду професіоналізму, здоров'я, психофізіологічного стану. Інколи вихід з ладу хоча б однієї деталі, одного елемента конструкції веде до відмови всього технічного пристрою. Тому, чим складніше прилад, чим більше деталей в машині, тим більше шансів на виникнення в ній несправностей, тим нижче буде її надійність, якщо не вживати спеціальних заходів. Приклад: 10 елементів з надійністю 0,95 входять в пристрій, надійність такого пристрою 0,6. Якщо ж до складу приладу ввійде 50 таких елементів, то його надійність знизиться до 0,08. Це означає, що тільки 8% приладів пропрацюють увесь встановлений їм термін, а інші вийдуть з ладу раніше.

Під надійністю технічних пристроїв розуміємо їх здатність безвідмовно виконувати покладені на них функції протягом певного терміну роботи відповідно до технічних умов

Технічний пристрій – будь-яка закінчена конструкція або навіть комплекс конструкцій (машина, механізм, установка, агрегат, апарат), яка призначена для виконання певних функцій.

Технічні пристрої можна розділити на дві групи.

До першої групи відносяться агрегати, вузли, прилади, машини, які працюють до першої поломки і відновленню, ремонту не підлягають. Наприклад, підшипники качання, електронні лампи, конденсатори.

Другу групу складають ті технічні пристрої, які після виходу їх з ладу ремонтуються, відновлюються і знову включаються в роботу.

Для першої групи технічних пристроїв основною кількісною характеристикою надійності може служити *вірогідність безвідмовної роботи* в нормальних умовах експлуатації протягом заданого часу роботи. Іноді цю характеристику називають *першою мірою надійності* технічних пристроїв. Для технічних пристроїв, що відносяться до другої групи, вводиться ще і друга *міра надійності* – вірогідність того, що у разі виникнення відмови, технічний пристрій буде відновлений протягом заданого проміжку часу. Очевидно, друга міра надійності є вірогідністю виконання нерівності $T_p < T_{зад}$, в якому T_p - час, що фактично затрачує на відновлення технічного пристрою; $T_{зад}$ - заданий час ремонту. Виходячи з теорії вірогідності, можна визначити другу міру надійності таким чином:

$$P(T_{рем.} < T_{зад.}) = P(T_{зад.})$$

Друга міра надійності зростає із збільшенням $T_{зад}$, і при виборі достатньо великого значення $T_{зад}$ може досягти одиниці.

Будь-який технічний пристрій може знаходитися в одному з двох випадкових станів: справному або несправному. Все значення теорії

надійності як науки полягає в тому, щоб забезпечити в процесі експлуатації вірогідність першого стану можливо більш близькій до одиниці, тобто зробити справний стан технічного пристрою достовірною подією.

Несправний стан характеризується тим, що технічний пристрій не виконує своїх функцій. Випадкова подія, що полягає в тому, що технічний пристрій втрачає свою здатність виконувати покладену на нього функцію, називається *відмовою технічного пристрою* або просто відмовою.

Відмови в теорії надійності класифікуються по різних ознаках: *по наслідках*, *по характеру прояву*, *із причин виникнення* і т. ін. При класифікації по наслідках розрізняють *повну* і *часткову* відмови. Повна відмова виключає можливість продовження роботи технічного пристрою.

Приклад: припинення подачі палива до двигуна унаслідок відмови паливного насоса приводить до негайної зупинки двигуна.

Замикання конденсатора, наприклад, в довгохвильовому контурі приймача є частковою відмовою, оскільки залишається можливість прийому радіостанцій на середніх і коротких хвилях.

З причин виникнення відмови бувають *раптові* і *поступові*. Прикладами раптової відмови елементів технічних пристроїв може служити обрив нитки напруження радіолампи, заїдання поршня в гідравлічному циліндрі. До поступових відмов можна віднести зниження місткості конденсатора в процесі експлуатації, збільшення перетікання гідросумішей між поршнем і циліндром унаслідок їх стирання.

По характеру прояву розрізняють *стійкі (остаточні) відмови* і *що переміщуються (що самоусуваються)*. Сстійка відмова усувається тільки після втручання людини. Відмова, що переміщується, є помилкове спрацьовування тригерів в результаті появи випадкових флуктуацій або навпаки – неспрацьовування.

Відмови *очевидні (явні) і приховані (неявні)*. По взаємозв'язку розрізняють відмови *залежні і незалежні*. Незалежна відмова відбувається поза зв'язком з іншими відмовами, тобто «самостійно». Залежні або

повторні відмови відбуваються в результаті іншої відмови. В теорії надійності часто вся група повторних відмов розглядається як одна незалежна випадкова подія. Причому вірогідність появи цієї події рівна вірогідності первинної відмови.

У зв'язку з поняттям залежних і незалежних відмов звернемося до відмов, що переміщуються. Відмова, що *переміщується*, будь якого елемента технічного пристрою може викликати в період своєї появи цілу групу повторних відмов, які можуть виявитися стійкими. Відмови, що такі переміщуються, особливо небезпечні.

Причинами відмов технічних пристроїв можуть бути:

- відмови елементів;
- конструктивно-виробничі і схемні недоліки;
- помилки експлуатації.

Для механічних елементів – це тріщини, поломки, розрегулювання і т.п. Для електричних елементів – розриви і короткі замикання електричних ланцюгів, відхід параметрів за допустимі межі.

До *першої* групи технічних пристроїв відносять відмови елементів. Виникають відмови головним чином із трьох причин: унаслідок зношення, унаслідок старіння, через особливо несприятливе поєднання умов роботи.

Старінням прийнято називати структурну поступову зміну матеріалів, з яких виготовлені деякі деталі технічного пристрою. *Зношення* - це поступова зміна розмірів і форми робочих поверхонь окремих деталей технічного пристрою, що відбувається в процесі експлуатації даного пристрою.

До другої групи причин відмов технічних пристроїв в цілому відносяться недоліки *конструктивних рішень*. Не завжди вдається повністю відбракувати дефектні деталі. Частіше всього причина цьому недосконалість методів контролю. Результат - конструктивно-виробничі відмови, що обумовлюють наявність в технічних пристроях прихованих дефектів або непоміченого технічного браку.

До *третьої* групи причин відмов технічних пристроїв відносять *помилки експлуатації*. Техніку завжди експлуатують люди. А людина має "звичку" іноді помилятися, включати не той вимикач, натискувати не на ту кнопку і т. ін. При цьому пристрій не спрацьовує, а іноді виходить з ладу. Помилки експлуатації відбуваються з вини недостатньо кваліфікованих або утомлених операторів.

Різні рівні надійності виробництва визначають і відповідні рівні надійності, щодо роботи обладнання. У деяких ситуаціях вихід із ладу насосу подачі рідини (палива, водної суміші та іншого) може призвести до зупинки усього обладнання та аварії або створення аварійної ситуації. Рівень надійності усього складного обладнання, визначається рівнем надійності кожного із елементів, що входять до його складу. Тому дуже важливо знати надійність роботи кожного із елементів.

Задано: T_0 – час напрацювання на відмову кожного елемента – 2000 годин;

$t_1 = 1800$ годин – час роботи елементів системи;

$t_2 = 50$ годин – час роботи елементів системи;

схеми включення:

а) 4 елемента послідовно;

б) 3 елементи паралельно;

надійність і інтенсивність відмов всіх елементів, що входять в систему – рівні;

закон розподілу вірогідності (надійності) – експоненціальний .

Виконати:

1. Визначити інтенсивність відмов для кожного елемента, що входить в систему, і всієї системи.

2. Виконати порівняльний аналіз надійності систем для різних відрізків часу t_1 і t_2 роботи устаткування при різних системах включення.

Рішення: Використовуючи формули, наведені в лекції, інтенсивність відмов кожного елемента даної системи дорівнює:

$$\lambda = 1/T_0 = 1/2000 = 0,0005. \quad (5.1)$$

Систему з послідовним з'єднанням елементів наведено на рис.5.1.

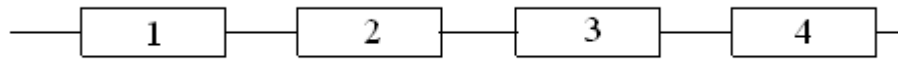


Рис.5.1 – Схема системи з послідовним з'єднанням елементів

В даному випадку при відмові якої-небудь підсистеми або елемента вся система виходить з ладу.

Якщо інтенсивності відмов є розподілений по експоненціальному закону, то вірогідність безвідмовної роботи i -го елемента визначається за формулою:

$$R_i(t) = e^{-\lambda_i t}, \quad (5.2)$$

звідси

$$R_s(t) = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t}, \quad (5.3)$$

середнє напрацювання на відмову

$$T_0 = \int_0^{\infty} e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i t} dt = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i}, \quad (5.4)$$

$$R_s(t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2) t},$$

(5.5)

ТАКИМ ЧИНОМ:

$$R_S(1800) = e^{-(0,0005 \cdot 4) \cdot 1800} = 35,7198$$

$$R_S(50) = e^{-(0,0005 \cdot 4) \cdot 50} = 1,1044$$

За виразом (5.4.) знаходимо T_0 :

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4} = \frac{1}{0,0005 \cdot 4} = 500 \text{ годин.}$$

Систему з паралельним з'єднанням елементів, наведено на рис.5.2.

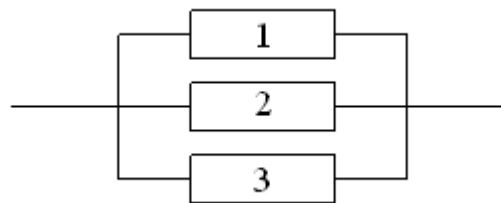


Рис.5.2 – Схема системи з паралельним з'єднанням елементів

Якщо елементи знаходяться під навантаженням і функціонують, то система з паралельним з'єднанням елементів вийде з ладу тільки у разі відмови всіх її елементів. Відмови елементів стохастичні незалежні.

По виразу

$$R(t) = 3e^{-\lambda t} \quad (5.6)$$

	відмову						
1.	10000	1000	20	10	2		
2.	25000	2000	40	9	3		
3.	30000	3000	50	8	4		
4.	35000	4000	60	7	5		
5.	4000	5000	70	6	6		
6.	1000	6000	80	5	7		
7.	6000	7000	90	4	8		
8.	15000	8000	100	3	9		
9.	8000	10000	200	2	10		
10.	20000	12000	300	11	3		

Зробити висновок.

Контрольні питання

1. Як визначити рівень надійності обладнання.
2. Визначення інтенсивності відмов системи з послідовним з'єднанням елементів.
3. Визначення інтенсивності відмов системи з паралельним з'єднанням елементів.

Практична робота №6

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА. МЕТОД НРА

Мета практичної роботи ознайомити студентів із методикою аналізу впливу людського фактора за методом НРА.

Метод HRA – *Human Reliability Assessment*, застосовують для оцінки впливу дій людини, в тому числі помилок оператора, на роботу системи.

У багатьох процесах існує можливість помилки оператора, особливо у випадку якщо у оператора недостатньо часу для прийняття рішень. Імовірність того, що події розвиватимуться таким чином, що приведуть до серйозних проблем, повинна бути мала. Проте в деяких випадках дія оператора може бути єдиним захистом, що запобігає катастрофічним наслідкам відмови.

Значимість оцінки дій оператора підтверджується подіями, в яких критичні помилки оператора сприяли катастрофічного розвитку подій. Ці події показують неприйнятність оцінок ризику, які враховують лише технічні та програмні засоби системи. Вони показують небезпеку ігнорування помилок оператора. Більш того, оцінка дій оператора дозволяє виявити помилки, які можуть негативно впливати на продуктивність, і визначити способи усунення даних помилок та інших відмов (технічних і програмних засобів).

Область застосування. Метод HRA може бути використаний як в якісному, так і в кількісному вигляді. Якісна оцінка дій оператора може бути використана для ідентифікації його можливих помилок і їх причин, що дозволяє знизити ймовірність таких помилок. Крім того, метод HRA може бути використаний для отримання кількісних даних про відмови, пов'язаних з помилками оператора, для застосування FTA або інших методів.

Вхідними даними методу HRA є:

- Інформація для визначення завдань, що виконуються операторами;
- Дані про типові помилки, що зустрічаються на практиці, та їх причини;
- Експертні оцінки помилок оператора (людини) та їх кількісне вираження.

Процес виконання методу

Процес HRA включає наступні етапи:

1. *Постановка завдання.* Визначення типів дій оператора (людини), які повинні бути досліджені і оцінені.

2. *Аналіз завдання.* Визначення способів виконання завдання і допоміжних засобів, необхідних для її виконання.

3. *Аналіз помилки оператора.* Визначення відмов, що виникають у процесі виконання завдання, можливих помилок оператора і способів їх усунення.

4. *Подання.* Визначення того, як ці помилки при виконанні завдання в поєднанні з іншими подіями, пов'язаними з устаткуванням, програмним забезпеченням і впливають факторами, можуть бути використані для розрахунку ймовірності відмови системи в цілому.

5. *Попередня перевірка.* Визначення помилок або завдань, що вимагають детальної кількісної оцінки.

6. *Кількісна оцінка.* Визначення ймовірності помилок оператора і відмов при виконанні завдання.

7. *Оцінка впливу.* Визначення значущості помилок або завдань, т. Е. Помилки і завдань, більшою мірою впливають на забезпечення надійності або прийняттого рівня ризику.

8. *Скорочення помилок.* Визначення способів скорочення кількісних помилок оператора.

9. *Документування.* Визначення інформації та деталей аналізу HRA, які повинні бути зареєстровані.

На практиці процес HRA найчастіше виконують поетапно, хоча іноді деякі його частини (наприклад, аналіз завдань та ідентифікацію помилок) проводять паралельно.

Вихідними даними методу є:

- Перелік помилок, які можуть відбутися, і методи їх скорочення (переважно через модернізацію системи);
- Види помилок, причини і наслідки типових помилок;
- Якісна чи кількісна оцінка ризику розглянутих помилок.

Перевагами методу HRA є наступні:

- Метод HRA забезпечує формалізований спосіб дослідження помилок оператора при оцінці ризику для систем, в яких персонал відіграє важливу роль.

- Формалізований дослідження видів і помилок оператора і способів дозволяє зменшити ймовірність відмов, викликаних цими помилками.

Недоліками методу є наступні:

- Складність і різноманіття способів поведінки операторів створює значні труднощі при визначенні простих видів відмови та оцінки їх ймовірності.

- Неможливо описати багато дій операторів за допомогою понять «працездатний» і «непрацездатний» стан. Метод HRA важко застосувати в ситуації з частковими відмовами або відмовами по причині прийнятих невідповідних рішень (приклад у навчальному посібнику).

Завдання:

Згідно із процесом HRA, який включає етапи 1-9, а саме:

- *Постановку завдання.*
- *Аналіз завдання. .*
- *Аналіз помилки оператора.*
- *Подання.*
- *Попередню перевірку.*
- *Кількісну оцінку.*
- *Оцінку впливу.*
- *Скорочення помилок.*
- *Документування.*

Вам необхідно:

1. Обрати працівника за відповідною професією (самостійно).
2. Розробити анкету для опитування із *10 запитаннями*, які на Вашу думку будуть визначати стан психо-фізіологічного здоров'я працівника (Класифікатор ризиків. Додаток 4.1).

3. Визначити, яким чином будуть реєструватись *помилки оператора (людини у системі «людина – машина — середовище»)*. Визначення відмов, що виникають у процесі виконання завдання, можливих помилок оператора і способів їх усунення.

4. Розробити для цього робочого місця карту ризиків (дивитись практичну роботу 4) (зробити документування).

5. Висновок з практичної роботи.

Контрольні питання

1. В яких дослідженнях ризиків застосовують метод HRA?
2. Які необхідно мати вхідні данні для використання методу HRA?
3. Які вихідні данні за методом HRA?
4. Які пункти включає процес дослідження за методом HRA?

Практична робота №7

АНАЛІЗ ДЕРЕВА НЕСПРАВНОСТЕЙ

Мета практичної роботи ознайомити студентів із методикою аналізу дерева несправностей FTA.

Аналіз дерева несправностей FTA – *Fault Tree Analysis* – метод ідентифікації та аналізу факторів, які можуть сприяти виникненню досліджуваної небажаної події (званого кінцевим подією).

За допомогою дедукції досліджувані фактори ідентифікують, вибудовують їх логічним чином і представляють на діаграмі у вигляді «дерева», яке відображає ці фактори і їх логічний зв'язок з кінцевим подією.

Факторами, зазначеними в дереві несправностей, можуть бути події, пов'язані з відмовами компонентів комп'ютерного обладнання, помилками людини або іншими подіями, які можуть привести до небажаного події.

Область застосування. Метод дерева несправностей може бути використаний для визначення якісної оцінки при ідентифікації причин відмови та шляхів, що призводять до кінцевої події, і кількісної оцінки при

обчисленні ймовірності кінцевого події, якщо відомі значення ймовірностей початкових подій. Даний метод може бути використаний на стадії проектування системи для ідентифікації причин відмови, і, отже, вибору варіанту проекту. Приклад графічного зображення методу наведено на рис.7.1.

Метод FTA може бути використаний на стадії виробництва для ідентифікації видів основних відмов і відносної значимості шляхів, що призводять до кінцевої події.

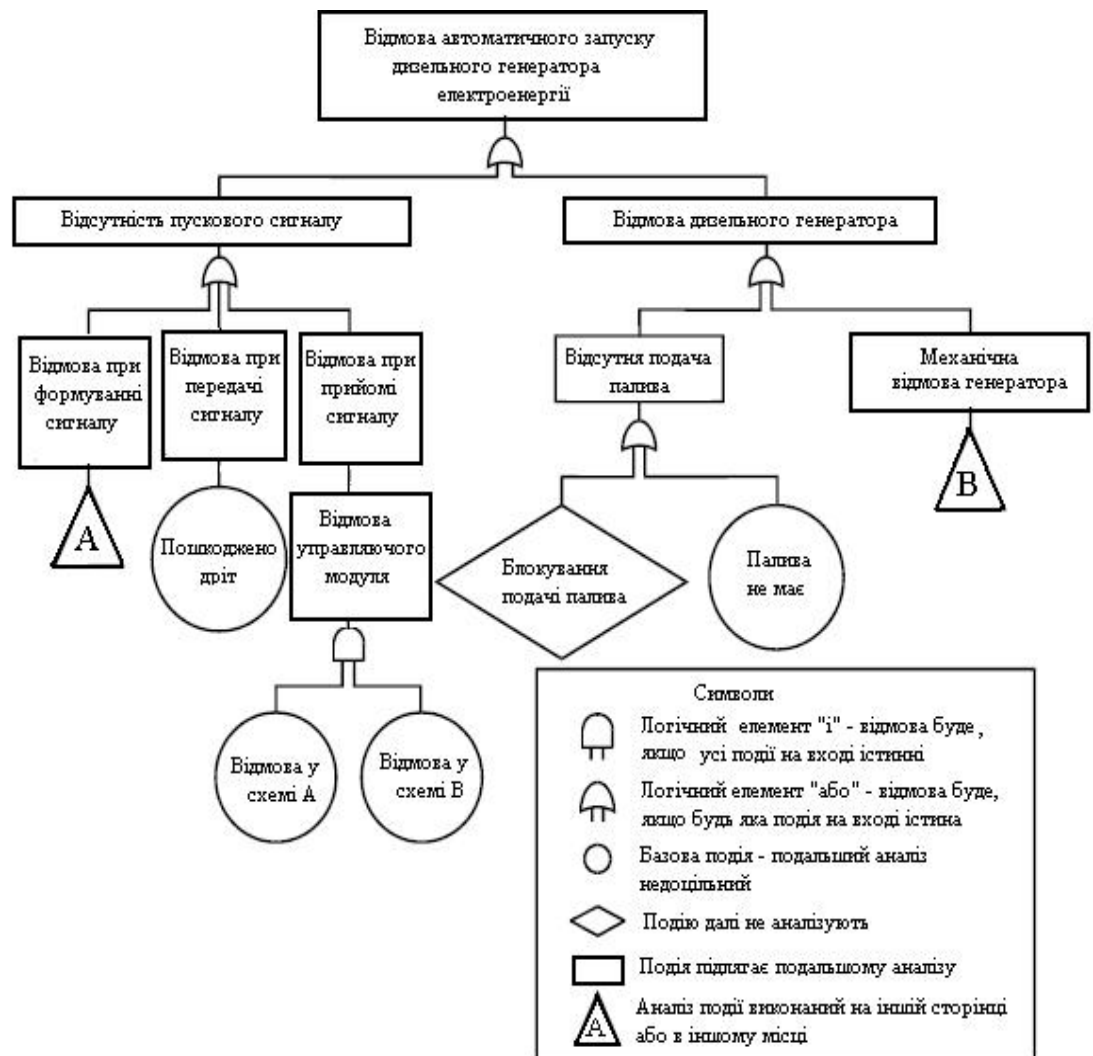


Рисунок 7.1 – Приклад методу FTA

Дерево несправностей може бути також використано для аналізу поєднання подій, що призвів до виникненню досліджуваного відмови.

Вхідні дані. Для якісного аналізу необхідно добре знання системи і розуміння причин відмови, а також розуміння того, як система може вийти з ладу. Для аналізу корисно використання детальних схем дерева несправностей. Для проведення кількісного аналізу необхідні дані про інтенсивність або імовірності відмови всіх основних подій, зазначених у дереві несправностей.

Процес виконання методу. Виділяють наступні етапи розробки діаграми дерева несправностей:

- Визначення *кінцевого події*, яку необхідно проаналізувати. Це може бути відмова або більш загальні наслідки відмови. Після того як наслідки відмови проаналізовані, в дерево несправностей може бути включена частина, що відноситься до скорочення інтенсивності та наслідків відмови;

- Ідентифікація можливих причин або видів відмов, що призводять до кінцевої події, починаючи з кінцевого події;

- Аналіз ідентифікованих видів і причин відмови для визначення того, що конкретно призвело до відмови;

- Послідовна ідентифікація небажаного функціонування системи з переходом на боєм низькі рівні системи, поки подальший аналіз не стане недоцільним.

У технічній системі це може бути рівень відмови компонентів.

Події та фактори на найнижчому рівні аналізованої системи називають *базисними* подіями;

- Оцінка ймовірності базисних подій (якщо є) і подальший розрахунок ймовірності кінцевого події.

Для забезпечення достовірності кількісної оцінки слід показати, що повнота і якість вхідних даних для кожного елемента достатні для отримання вихідних даних необхідної достовірності.

В іншому випадку дерево несправностей недостатньо достовірно для аналізу ймовірності, але може бати корисним для дослідження причинно-наслідкових зв'язків.

При визначенні кількісної оцінки дерево несправностей може бути спрощено за допомогою Булевої алгебри, що дозволяє врахувати дублюючі види відмов.

Крім кількісної оцінки ймовірності кінцевого події метод дозволяє ідентифікувати набір мінімальних перерізів, що призводять до кінцевої події, і розрахувати їх вплив на кінцеве подія.

За винятком простих випадків, для побудови діаграми зазвичай застосовують пакет прикладних програм, що дозволяє проводити розрахунки в ситуаціях, коли присутні повторювані події в декількох місцях дерева несправностей і коли необхідно обчислити мінімальні перетину.

Використання програмного забезпечення гарантує послідовність і правильність виконання методу і можливість його верифікації.

Вихідними даними аналізу дерева несправностей є:

- Наочне уявлення шляхів виникнення кінцевого події і взаємодіючих шляхів в ситуації, коли одночасно можуть відбутися два або більше подій;
- Набір мінімальних перетинів (виникнення шляхів відмови системи) і оцінка ймовірності відмови системи для кожного перерізу;
- Оцінка ймовірності кінцевого події.

Перевагами ФТА є наступні:

- Надання точного, систематизованого і гнучкого підходу дозволяє аналізувати різноманітні фактори, включаючи дії персоналу та фізичні явища.
- Застосування підходу «згори донизу» дозволяє розглядати впливу тих відмов, які безпосередньо пов'язані з кінцевою подією.
- Застосування особливо доцільно для аналізу систем, що допускають підключення великої кількості пристроїв і взаємодія з ними (систем, що мають множинні інтерфейси).

- Графічне представлення дозволяє спростити розуміння функціонування системи і розглянутих факторів, але оскільки деревовидні схеми найчастіше досить громіздкі, їх обробка може зажадати застосування комп'ютерних програм, що забезпечує можливість розгляду більш складних логічних взаємозв'язків (наприклад, з використанням логічних операцій «І – АБО» і «АБО – І»), але при цьому ускладнює верифікацію дерева несправностей.

- Логічний аналіз дерева несправностей і визначення набору мінімальних перерізів корисні при ідентифікації простих шляхів відмови в складних системах, де комбінації подій можуть призвести до виникнення кінцевої події.

Недоліками методу є наступні:

- Невизначеність оцінок ймовірностей базисних подій впливає на оцінку ймовірності виникнення кінцевого події. Це може призвести до високого рівня невизначеності в ситуації, коли ймовірність відмови для кінцевого події точно невідома, але достовірність оцінок істотно вище для добре вивченої системи.

- У деяких ситуаціях початкові події не пов'язані між собою, і часом важко встановити, чи враховані всі важливі шляхи до кінцевої події. Наприклад, недостатнє дослідження всіх джерел займання може призвести до невірної оцінки ризику виникнення пожежі (кінцевого події). У цій ситуації аналіз ймовірності із застосуванням методу ФТА неможливий.

- Дерево несправностей є статичною моделлю, в якій фактор тимчасової залежності не враховують.

- Дерево несправностей може бути застосоване лише до бінарних станів (працездатного / непрацездатного).

- Незважаючи на те що помилки людини можуть бути враховані у схемі дерева несправностей на якісному рівні, невідповідності ступеня та якості, часто характеризують помилки людини, що в дереві несправностей врахувати досить складно.

- Дерево несправностей не дозволяє легко врахувати і досліджувати ланцюгові реакції (ефект доміно) і умовні відмови.

Завдання

1. Виходячи з наведеного вище матеріалу, розглянути кінцеву подію (табл.7.1), виходячи з того що її ймовірність становить 1.

2. Ідентифікувати усі можливі обставини, які можуть привести до цієї події, визначенням їх ймовірностей (на розсуд студента, із наданням письмового обґрунтування).

Таблиця 7.1 – Особисті завдання студентам для опрацювання різних варіантів кінцевих подій

N	Кінцева подія
1	Падіння з дробини
2	Падіння на сходах
3	Опік шкіри руки від торкання поверхні обладнання
4	Падіння зі робочого місця (стілець)
5	Ураження струмом від настільної лампи
6	Ураження блискавкою на території підприємства
7	Отруєння чадним газом у гаражі
8	Отруєння під час прийому їжі на робочому місці
9	Обмороження кінцівок при роботі на території
10	Поранення інструментом при виконанні роботи
11	Пожежа на робочому місці (холодний період року)
12	Пожежа на робочому місці (теплий період року)

3. Зробити схему розгортання дій, що привели до остаточної події (приклад рис.7.1), яка аналізується.

4. Надати висновок до практичної роботи.

Контрольні питання

1. В яких випадках застосовують метод аналізу дерева несправностей (FTA)?
2. Процес виконання методу FTA.
3. Вхідні данні для виконання методу FTA.
4. Вихідні данні отримані після виконання методу FTA
5. Недоліки, які виникають при застосуванні методу FTA.

Практична робота № 8

АНАЛІЗ ДЕРЕВА ПОДІЙ

Мета практичної роботи: ознайомити студентів із графічним аналізом за методом ЕТА.

Метод ЕТА – Event Tree Analysis є графічним методом подання взаємовиключних послідовностей подій, наступних за появою вихідної події, відповідно до функціонування та не функціонування систем, розроблених для пом'якшення наслідків небезпечної події.

Метод ЕТА може бути застосований для якісної та/або кількісної оцінки.

Приклад дерева подій. На рис.8.1 показані прості розрахунки для типового дерева подій в ситуації, коли гілки дерева подій повністю незалежні.

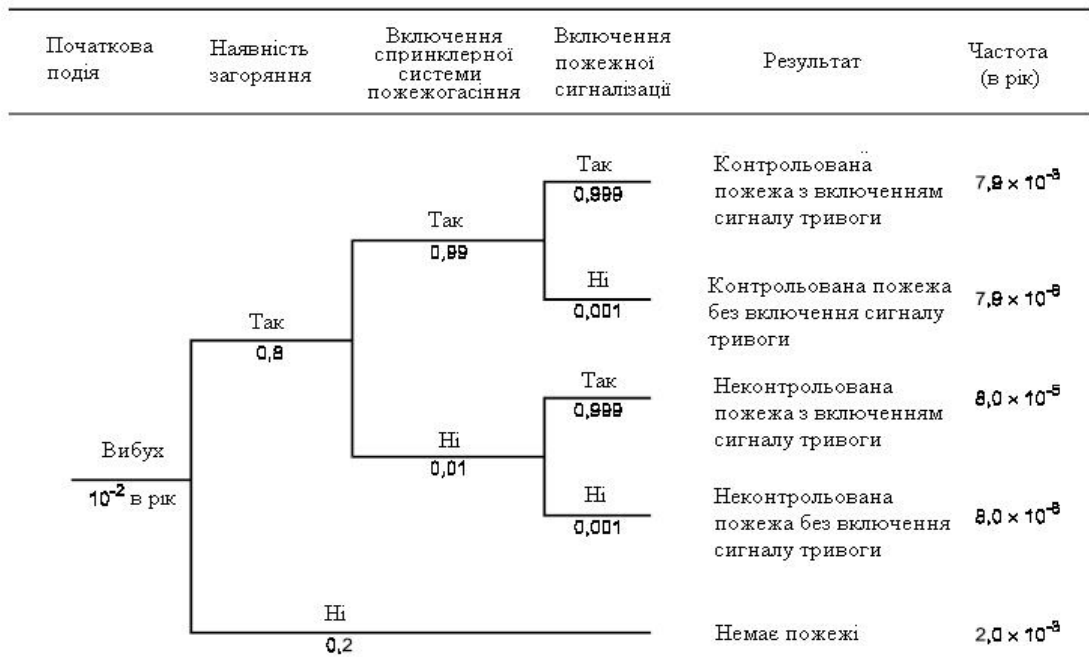


Рис.8.1 – Приклад дерева подій

Послідовність подій легко представити у вигляді дерева подій і тому за допомогою ЕТА легко встановити погіршують або пом'якшують наслідки події, беручи до уваги додаткові системи, функції або бар'єри. Метод ЕТА може бути використаний для моделювання, обчислення та аранжування (з точки зору ризику) різних сценаріїв інциденту після виникнення початкового події.

Метод ЕТА може бути застосований на всіх стадіях життєвого циклу продукції або процесу. Даний метод може бути використаний на якісному рівні при мозковому штурмі, визначенні сценаріїв і після послідовностей подій, які можуть виникнути після початкового події, і при визначенні впливу на результат різних видів обробки ризику, бар'єрів або засобів управління, призначених для зниження небажаних наслідків.

При оцінці прийнятності засобів управління найбільш доцільне застосування методу ЕТА для кількісного аналізу. Найчастіше даний метод застосовують при моделюванні відмов у ситуації використання великої кількості заходів захисту.

Метод ЕТА може бути використаний при моделюванні початку події для виявлення можливих втрат і переваг. Однак в обставинах, де необхідно

знайти шляхи оптимізації та одержання найбільших переваг, частіше використовують моделювання за допомогою дерева рішень.

Вхідні дані включають в себе:

- Перелік розглянутих початкових подій;
- Інформацію про способи обробки, бар'єри, засобах управління і відповідних ймовірностях відмови (для кількісного аналізу);
- Розуміння процесів нормування початкового відмови.

Процес виконання методу. Побудова дерева подій починають з вибору початкового події. Це може бути інцидент, такий як вибух пилу, або така подія, як відмова системи енергопостачання.

Далі перераховують наявні функції або системи, спрямовані на пом'якшення наслідків. Для кожної функції або системи креслять лінії для відображення її справного стану або відмови. Імовірність відмови може бути оцінена і призначена для кожної такої лінії. Дану умовну ймовірність оцінюють, наприклад, за допомогою експертних оцінок або аналізу дерева несправностей. Таким чином зображують різні шляхи розвитку подій від початкового події.

Слід враховувати, що ймовірності на дереві подій є умовними ймовірностями, наприклад, ймовірність спрацьовування системи пожежогасіння, отримана при випробуваннях в нормальних умовах, буде відрізнятися від імовірності спрацьовування цієї системи при загорянні, викликаному вибухом.

Кожна гілка дерева являє собою ймовірність того, що всі події на цьому шляху відбудуться. Тому ймовірність результату обчислюють як добуток окремих умовних ймовірностей і ймовірності початкового події за умови незалежності подій.

Вихідні дані ЕТА включають в себе наступне:

- Якісний опис можливих проблем у вигляді комбінацій подій, що представляють собою різні слідства початкового події (ранжування наслідків);

- Кількісні оцінки частоти або ймовірності появи подій і відносної значимості різних наслідків відмови і сприяють їм подій;

- Перелік рекомендацій щодо зниження ризику;

- Кількісні оцінки ефективності впровадження рекомендацій.

Переваги та недоліки. Перевагами методу ЕТА є наступні:

- За допомогою методу ЕТА легко схематично зобразити сценарії розвитку подій після виникнення початкового події, провести аналіз працездатного стану або відмови допоміжних систем або функцій, призначених для зниження наслідків відмови, і оцінити їх вплив.

- Метод допомагає врахувати фактор часу, побачити взаємозв'язки і ланцюгові реакції, які складно досліджувати за допомогою методу дерева несправностей.

- Метод графічно представляє послідовність подій, що неможливо зробити за допомогою методу дерева несправностей.

Недоліками методу є наступні:

- Для використання методу ЕТА в якості складової частини загального процесу оцінки необхідно ідентифікувати всі можливі початкові події. Цього можна домогтися за допомогою використання інших методів аналізу (наприклад, HAZOP, PNA), проте завжди залишається ймовірність того, що не враховано деякі важливі початкові події.

- Метод дерева подій застосуємо тільки для двох станів системи (працездатного стану і відмови), в ньому важко врахувати відстрочене порушення працездатного стану системи або її відновлення.

- Кожен шлях реалізації обумовлений поєднанням подій, що відбулися в попередніх точках розгалуження схеми дерева подій. Тому розглядають всі взаємозв'язки щодо можливих шляхів розвитку події. Однак деякі взаємозв'язки, наприклад загальні компоненти, системи постачання і персонал, можуть бути не враховані при розгляді, що може призвести до надмірно оптимістичною оцінкою ризику.

Завдання

1. Розглянути початкові події, що наведено у табл. 8.1, за номером у журналі вибрати свій варіант, за прикладом наведеним вище;
2. Зробити таблицю із обставинами, та зробити розрахунок можливої частоти подій на рік.
3. Зробити схему за прикладом рис. 8.1.
4. Оформити висновок.

Таблиця 8.1 – Особисті завдання студентам для опрацювання різних варіантів початкових подій

N	Початкова подія	Ймовірність
1	Вибух газу у лабораторії	10^{-3}
2	Пожежа на робочому місці (теплий період року)	10^{-5}
3	Пожежа на робочому місці (холодний період року)	10^{-4}
4	Поранення інструментом при виконанні роботи	10^{-2}
5	Обмороження кінцівок при роботі на території (холодний термін часу)	10^{-6}
6	Ураження блискавкою на території підприємства	10^{-7}
7	Отруєння чадним газом у гаражі	10^{-5}
8	Отруєння під час прийому їжі на робочому місці (хімічна лабораторія)	10^{-3}
9	Ураження струмом від настільної лампи (приміщення у підвалі)	10^{-7}

10	Падіння зі робочого місця (стілець)	10^{-4}
11	Опік шкіри руки від торкання поверхні обладнання	10^{-7}
12	Падіння на сходах	10^{-5}

Контрольні питання

1. У яких випадках застосовується метод ЕТА ?
2. Чим відрізняється метод ЕТА від методу FTA?
3. Особливості дерева подій за методом ЕТА
4. Вхідні та вихідні данні методу ЕТА.
5. Метод ЕТА - якісний чи кількісний?

Практична робота № 9

ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИЙ АНАЛІЗ

Мета практичної роботи: ознайомити студентів із причинно-наслідковим аналізом дослідження ризиків на виробництві.

Причинно-наслідковий аналіз є структурованим методом ідентифікації можливих причин небажаної події чи проблеми. Даний метод дозволяє скомпонувати можливі причинні фактори в узагальнені категорії так, щоб можна було дослідити всі можливі гіпотези. Однак застосування цього методу дозволяє ідентифікувати тільки фактичні причини. Причини можуть бути визначені тільки на основі емпіричних даних або емпіричним шляхом.

Інформацію представляють у вигляді діаграми «риб'ячого скелета» (метод також називають діаграмою Ісікави) або іноді у вигляді деревовидної схеми.

Приклад діаграми Ісікави, або «риб'ячого скелета»

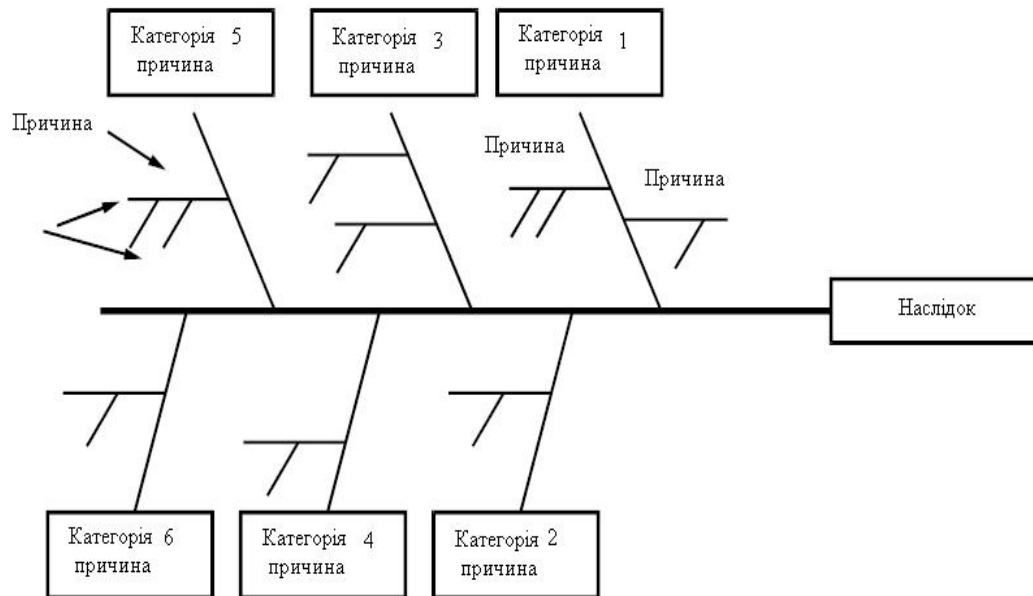


Рисунок 9.1 – Приклад діаграми Ісікава, або «риб'ячого скелета»

Причинно-наслідковий аналіз забезпечує структуроване графічне представлення передня причин одного слідства. В залежності від об'єкта досліджень слідство може бути позитивним (мета) або негативним (проблема). Метод використовують для дослідження всіх можливих сценаріїв і причин, запропонованих групою експертів. Метод дозволяє досягти узгодженого думки щодо найбільш вірогідних причин, які когуть бути далі перевірені дослідним шляхом або на основі наявних даних.

Найбільш доцільно використовувати даний метод на самому початку аналізу, що дозволяє розширити діапазон уявлень про можливі причини, а потім сформулювати гіпотези, які далі слід розглянути відповідно до встановленої процедури.

Побудова причинно-наслідкового діаграми дозволяє:

- Ідентифікувати можливі першопричини та/ або основні причини для певного слідства, проблеми або умови;
- Провести аналіз в ситуації і знайти взаємозв'язок між взаємодіючими факторами, пов'язаними з досліджуваним процесом;
- Провести аналіз існуючих проблем для прийняття коригувальних дій.

Перевагами побудови причинно-наслідкової діаграми є:

- Сприяння визначенню початкових причин проблеми із застосуванням структурованого підходу;
- Сприяння в роботі групі експертів і більш повному використанню знань експертів про продукцію або процесі;
- Застосування простого для сприйняття типу діаграми для відображення причинно-наслідкових зв'язків;
- Виявлення можливих причин змін у процесі;
- Ідентифікація областей збору даних для подальших досліджень.

Причинно-наслідковий аналіз може бути використаний як метод виконання аналізу першопричини.

Вхідними даними причинно-наслідкового аналізу є результати експертизи, досвід учасників робочої групи, раніше розроблені моделі, використані в попередніх дослідженнях.

Процес виконання методу. Причинно-наслідковий аналіз повинен бути виконаний групою експертів, які мають знання та досвід з досліджуваної проблеми.

Основними етапами причинно-наслідкового аналізу є:

- Встановлення сліdstва, яке необхідно проаналізувати, і розміщення його праворуч у відповідному блоці діаграми. Слідство може бути *позитивним* (мета) або *негативним* (проблема) в залежності від обставин;
- Визначення основних (головних) категорій причин і вказівка їх у відповідних блоках діаграми «риб'ячого скелета». При аналізі систем зазвичай виділяють наступні категорії причин: персонал, обладнання, робоче середовище, процеси та ін. Категорії визначають відповідно до об'єктом дослідження;
- Вказівка можливих причин для кожної основної (головної) категорії на гілках і відгалуженнях для опису взаємозв'язків між ними;

- Продовження дослідження шляхом альтернативної постановки питань «чому?» Або «що це викликало?» для встановлення зв'язків між причинами;

- Аналіз всіх гілок і відгалужень, спрямований на перевірку послідовності і повноти виявлених причин, і їх відношення до основного слідству;

- Ідентифікація найбільш ймовірних причин даного слідства на основі узгодженого думки робочої групи експертів і доступних об'єктивних свідченнях.

Результати зазвичай представляють у вигляді діаграми «риб'ячого скелета» (діаграми Ісікава) або у вигляді дерева.

Діаграма «риб'ячого скелета» структурована шляхом поділу причин на основні (головні) категорії (представлені ребрами «риб'ячого скелета») і більш дрібними відгалуженнями, конкретизують причини цих категорій (див. рисунок)

Зображення даної діаграми у вигляді деревовидної схеми аналогічно дереву несправностей, але зазвичай цю діаграму будують зліва направо, а не зверху вниз. Однак при застосуванні даної діаграми буває важко уявити результат у кількісному вираженні і оцінити ймовірність головної події, оскільки причини більшою мірою розуміють як можливі фактори, які можуть викликати розглядається подія, а не відмови з відомою ймовірністю виникнення.

Причинно-наслідковий діаграму зазвичай застосовують для визначення якісних оцінок. Можна припустити, що ймовірність виникнення проблеми становить 1, і розподілити ймовірності за узагальненими причин, потім щодо під причинами, ґрунтуючись на ступені довіри чи значимості. Однак найчастіше між факторами, які можуть викликати події, існує взаємозв'язок, вона сприяє виникненню результату більш складним способом, що робить кількісну оцінку недостовірною.

Вихідні дані . Вихідними даними причинно-наслідкового аналізу є діаграми у вигляді «риб'ячого скелета» або деревовидної схеми, які показують можливі причини досліджуваного події. Отримані дані необхідно перевірити теоретично і експериментально, перш ніж будуть запропоновані подальші рекомендації.

Переваги та недоліки. Перевагами методу є:

- Залучення компетентних експертів в роботу групи;
- Застосування структурованого аналізу;
- Розгляд усіх ймовірних припущень і гіпотез;
- Графічне відображення результатів у простій для сприйняття формі;
- Визначення областей, в яких потрібні додаткові дані;
- Можливість встановлення факторів, які можуть викликати

розглядається подія як для сприятливих, так і для небажаних результатів.

Позитивний погляд на проблему може стимулювати більшу відповідальність і залучення учасників.

Метод має такі недоліки:

- Група експертів може не мати необхідної компетентності;
- Для розробки рекомендацій метод необхідно застосовувати тільки як частина аналізу першопричини;
- Метод призначений для проведення мозкового штурму, а не самостійного аналізу;
- Поділ причинних факторів на основні категорії на початку аналізу означає, що взаємозв'язки між категоріями причин можуть бути не розглянуті належним чином, наприклад, відмова обладнання, викликаний помилкою оператора, або помилки оператора, викликані недоліками конструкції системи.

Приклад подання причинно-наслідкового аналізу у вигляді дерева наведено на рис. 9.2.

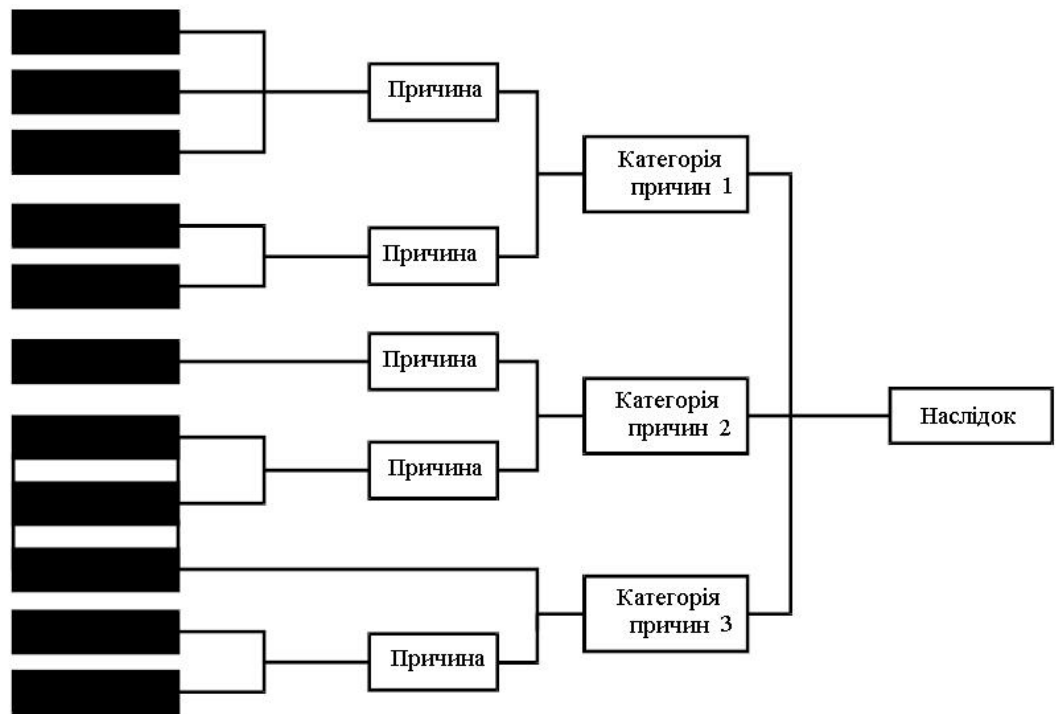


Рисунок 9.2 – Приклад подання причинно–наслідкового аналізу у вигляді дерева

Завдання

1. Використовуючи вихідну інформацію наведену у практичній роботі №7, записати (класифікувати) категорії причин за причинами. Зробити це у вигляді таблиці 9.1. Колонки таблиці – Подія (наслідок) (загальна колонка), категорія причин, причина.

Таблиця 9.1 – Інформація для побудови діаграми Ісікави

Подія (наслідок)	Категорія причин	Причина

Приклад до табл.9.1 (причини у прикладі наведені не повністю)

Подія (наслідок)	Категорія причин	Причина
Падіння з дробини	1. Технічний стан дробини	а). Відсутні протискізьки прокладки б). Зношені елементи кріплення ступень тощо.

	<p>2. Організаційні причини</p> <p>3. Психофізіологічні причини</p>	<p>с). Відсутній інструктаж перед початком роботи</p> <p>d) Нема помічника, при проведенні робіт на висоті більш 1,3 м тощо.</p> <p>е). Втомл працівника</p> <p>f) Хворобливий стан працівника тощо.</p>
--	---	--

2. Зробити діаграму Ісікави, використовуючи інформацію табл. 9.1 за завданням.

3. Зробити висновок до практичної роботи.

Контрольні питання

1. Призначення причинно-наслідкового методу та діаграми Ісікави
2. Основні етапи причинно-наслідкового аналізу.
3. Переваги та недоліки методу Ісікави
4. Процес виконання методу

Практична робота № 10

АНАЛІЗ «КРАВАТКА-МЕТЕЛИК»

Мета практичної роботи: ознайомити студентів із практичним використанням методу «краватка-метелик».

Аналіз «краватка-метелик» являє собою схематичний спосіб опису та аналізу шляху розвитку небезпечної події від причин до наслідків. Даний

метод поєднує дослідження причин події за допомогою дерева несправностей і аналіз наслідків за допомогою дерева подій. Однак основна увага методу «краватка-метелик» сфокусовано на бар'єрах між причинами і небезпечними подіями і небезпечними подіями та наслідками. Діаграми «краватка-метелик» можуть бути побудовані на основі виявлених несправностей і дерев подій, але частіше їх будують безпосередньо в процесі проведення мозкового штурму.

Область застосування

Аналіз «краватка-метелик» використовують для дослідження ризику на основі демонстрації діапазону можливих причин і наслідків.

Метод слід застосовувати в ситуації, коли складно провести повний аналіз дерева несправностей або коли дослідження в більшій мірі спрямоване на створення бар'єрів або засобів управління для кожного шляху відмови.

Метод може бути корисний у ситуації, коли існують точно встановлені незалежні шляхи, що призводять до відмови.

Аналіз «краватка-метелик» часто значно більше простий для розуміння, ніж аналіз дерева подій або дерева несправностей, і, отже, він може бути корисний для обміну інформацією при використанні більш складних методів.

Вхідними даними методу є інформація про причини та наслідки небезпечних подій, ризик, бар'єри та засобах управління, які можуть їм запобігти, пом'якшити або стимулювати.

Процес виконання методу

Аналіз «краватка-метелик» слід будувати у відповідності з наступною процедурою.

- a) Визначення небезпечної події, обраного для аналізу, і відображення його в якості центрального вузла «краватки-метелика».
- b) Складання переліку причин події за допомогою дослідження джерел ризику (або безпеки).
- c) Ідентифікація механізму розвитку безпеки до критичного події.

d) Проведення лінії, що відокремлює причину від події, що дозволяє сформулювати ліву сторону метелика. Додатково можуть бути ідентифіковані і включені в діаграму фактори, які можуть призвести до ескалації небезпечного події та її наслідків;

e) Нанесення поперек лінії вертикальних перешкод, відповідних бар'єрам, що запобігає небажані наслідки. Якщо визначені фактори, які можуть викликати ескалацію небезпечної події, то додатково можуть бути представлені бар'єри, що попереджають подібну ескалацію. Даний підхід може бути використаний для позитивних наслідків, коли перепони відображають засоби управління, що стимулюють появу і розвиток події.

f) Ідентифікація в правій стороні метелики різних наслідків небезпечної події і проведення ліній, що з'єднують центральну подію з кожним можливим наслідком.

g) Зображення бар'єрів в якості перешкод у напрямку до наслідку. Даний підхід може бути використаний для позитивних наслідків, коли перепони відображають засоби управління, що забезпечують появу сприятливих наслідків;

h) Відображення під діаграмою «краватка-метелик» допоміжних функцій управління, що відносяться до засобів управління (таких як навчання і перевірки), і з'єднання їх з відповідним засобом управління.

У діаграмі «Краватка-метелик» (рис.10.1) можуть бути застосовані деякі види кількісної оцінки, наприклад, в ситуації, коли шляху незалежні і відома ймовірність конкретних наслідків або результатів. Подібна кількісна оцінка необхідна для забезпечення ефективності управління. Однак необхідно враховувати, що в багатьох ситуаціях шляхи та бар'єри взаємозалежні, і засоби управління можуть бути пов'язані з обраним методом оцінки, отже, у такому випадку ефективність управління є невизначеною. Кількісну оцінку для аналізу «краватка-метелик» часто виконують за допомогою методів FTA і ETA.

Вихідними даними методу є проста діаграма, що показує основні шляхи небезпечних подій і встановлені бар'єри, спрямовані на запобігання або пом'якшення небажаних наслідків та / або посилення і прискорення очікуваних наслідків.

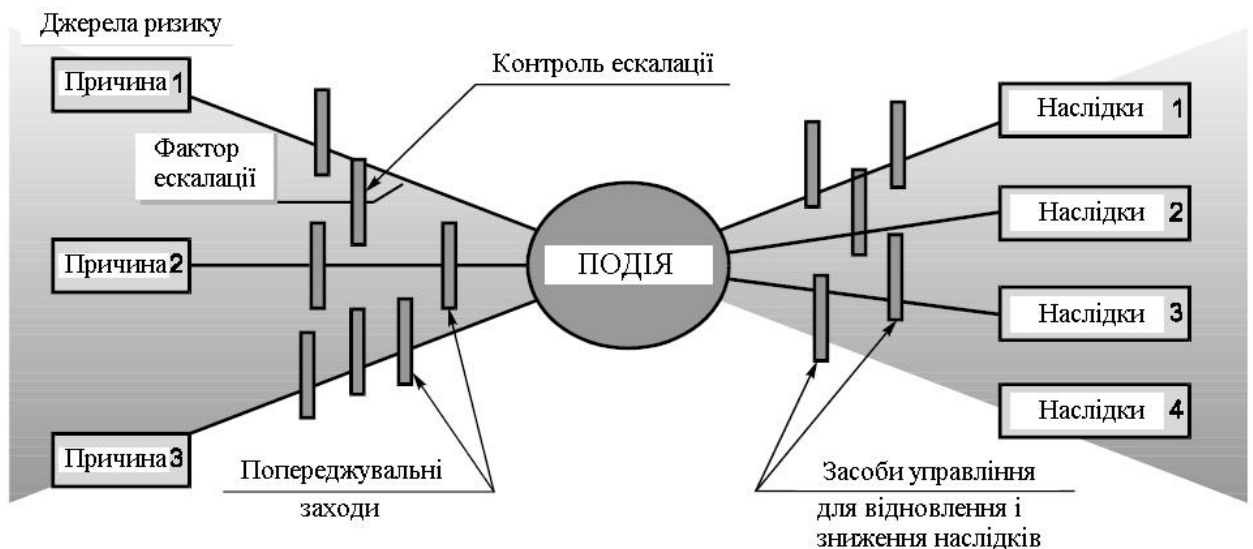


Рисунок 10.1 – Приклад діаграми «краватка-метелик» для небажаних наслідків

Переваги та недоліки

Перевагами методу аналізу «краватка-метелик» є наступні:

- Метод забезпечує наочне, просте і ясне графічне представлення проблеми.

- Метод орієнтований на засоби управління, спрямовані на попередження та / або зменшення наслідків небезпечних подій, і оцінку їх ефективності.

- Метод може бути застосований у відношенні сприятливих наслідків.

- Застосування методу не потребує залучення висококваліфікованих експертів.

Недоліками методу є наступні:

- Метод не дозволяє відображати сукупності причин, що виникають одночасно і викликають наслідки (випадок, коли в дереві несправностей, що відбиває ліву сторону діаграми, знаходиться логічний елемент «І»).

- Метод може представити складні ситуації в надмірно спрощеному вигляді, особливо при застосуванні кількісної оцінки.

Завдання:

1. Виконати аналіз за наведеним у методикі алгоритмом, згідно п.а) — h).
2. Виписати необхідні для побудови діаграми : причини, фактори ескалації подій, контроль ескалації, запобіжні заходи, засоби управління, наслідки.
3. Побудувати діаграму у вигляді «Краватка-метелик», що буде відноситись до попередження травматизму відповідно до події за варіантом завдання 7, таблиця 7.1.
2. Зробити висновок.

Контрольні питання

1. Призначення методу «краватка-метелик»
2. Вхідні данні щодо використання методу «краватка-метелик»
3. Вихідні данні щодо результатів використання методу «краватка-метелик»
4. Процес виконання методу «краватка-метелик»

Література:

1. Березуцький В.В., Адаменко М.І. Небезпечні виробничі ризики та надійність: навчальний посібник для студентів за напрямком підготовки 6.170202 «Цивільна безпека»/ В.В. Березуцький, М.І. Адаменко – Харків. : НТУ «ХП», 2016. – 385 с.
URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/23046>
2. Маслова О.В., Гончарова І.П. Ризикоорієнтовні підходи в охороні праці: електронний навчальний курс / О.В. Маслова, І.П. Гончарова, Біла Церква, БІНПО ДЗВО «УМО» НАПН УКРАЇНИ, 2023. 76 с.
<https://binpo.com.ua/wpcontent/uploads/2023/04/%D0%95%D0%9D%D0%9A.pdf>

Навчальне видання

БЕРЕЗУЦЬКИЙ Вячеслав Володимирович,
МАКАРЕНКО Вікторія Василівна

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ

ВИРОБНИЧІ РИЗИКИ ТА НАДІЙНІСТЬ

Навчально-методичний посібник
для студентів першого рівня навчання, спеціальності «Охорона праці»
усіх форм навчання

Відповідальний за випуск проф. Вамболь С.В..

Роботу до видання рекомендувала доц. Мезенцева І.О.

Редактор

План 2025 р., поз. ____

Підп. до друку _____ Формат 60x84 1/12. Папір офсет.

Друк – різнографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 4,5.

Наклад 50 прим. Зам. № 20180613. Ціна договірна

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

Самостійне електронне видання