

## ЛЕКЦІЯ 1

Ризик-орієнтований підхід у сфері охорони праці передбачає ідентифікацію, оцінку та управління ризиками, пов'язаними з професійною діяльністю. Основні аспекти використання цього підходу для обґрунтування необхідності проектування засобів охорони праці:

1. **Ідентифікація ризиків:** Визначення можливих небезпек на робочому місці, що можуть призвести до травм або захворювань.

2. **Оцінка ризиків:** Аналіз ймовірності виникнення небезпечних ситуацій та їх можливих наслідків. Це дозволяє пріоритизувати ризики за їхнім рівнем небезпеки.

3. **Управління ризиками:** Розробка стратегій для зниження або усунення ризиків, включаючи проектування ефективних засобів охорони праці (ЗОП).

4. **Обґрунтування проектування ЗОП:** На основі оцінки ризиків можна обґрунтувати необхідність конкретних ЗОП, що дозволяє забезпечити безпеку працівників і знизити ймовірність нещасних випадків.

5. **Моніторинг і перегляд:** Регулярний перегляд і оновлення ризик-орієнтованого підходу, з урахуванням змін у технологіях, процесах або законодавстві.

Використання ризик-орієнтованого підходу забезпечує системний і науково обґрунтований підхід до охорони праці, що допомагає зменшити ризики і покращити загальну безпеку на підприємствах.

Методика ідентифікації ризиків є важливим етапом у процесі управління ризиками на робочому місці. Вона дозволяє виявити потенційні небезпеки і визначити їх можливий вплив на безпеку працівників. Ось основні етапи та методи, які використовуються для ідентифікації ризиків:

### 1. Огляд документації

- Аналіз існуючих документів, таких як:
  - Інструкції з охорони праці.
  - Звіти про нещасні випадки.
  - Результати попередніх оцінок ризиків.
  - Стандарти та норми.

### 2. Спостереження на місці

- Проведення оглядів робочого місця для виявлення небезпечних умов і поведінки.
- Спостереження за робочими процесами і обладнанням.

### 3. Інтерв'ю та опитування

- Проведення інтерв'ю з працівниками та менеджерами для збору інформації про потенційні небезпеки.
- Використання анкет для оцінки ризиків.

### 4. Аналіз робочих процесів

- Оцінка етапів технологічного процесу для виявлення небезпек на різних стадіях.

- Використання методів, таких як HAZOP (аналіз небезпек і функціональності) та FMEA (аналіз видів та наслідків відмов).

### **5. Метод «Дерево причин/відмов»**

- Створення дерева причин, яке допомагає ідентифікувати основні причини можливих небезпечних ситуацій.

### **6. Фахові наради**

- Залучення спеціалістів з різних галузей для обговорення можливих ризиків та небезпек.

### **7. Сценарне моделювання**

- Розробка сценаріїв можливих аварійних ситуацій для виявлення ризиків, які можуть виникнути.

### **8. Використання програмного забезпечення**

- Застосування спеціалізованих програм для автоматизації процесу ідентифікації ризиків.

Процес ідентифікації ризиків має бути систематичним і регулярним, з урахуванням змін в технологіях, процесах або умовах праці. Це допоможе забезпечити належний рівень безпеки на підприємстві.

**Метод «Дерево причин»** (або «Дерево відмов») є ефективним інструментом для аналізу причин небезпечних ситуацій і аварій. Він дозволяє структуровано виявити основні та вторинні причини проблеми.

Небезпеки існують завжди, але явно проявляються лише у виняткових випадках. Для реалізації потенційної небезпеки необхідне виконання певних умов, які прийнято називати причинами виникнення небезпеки. Небезпека-наслідок деякої причини або групи причин, які, в свою чергу, можуть бути наслідком іншої причини або групи причин.

Причини і наслідки утворюють складні ієрархічні структури або системи, для графічної ілюстрації цих структур і систем використовують такі схеми: «дерево подій», «дерево причин», «дерево відмови», «дерево небезпеки», «дерево несправностей».

**Процедура побудови дерева несправностей (відмов) включає, як правило, наступні етапи:**

1. Визначення небажаної (завершальної) події.
2. Ретельне вивчення передбачуваного режиму використання системи та її можливу поведінку.
3. Визначення функціональних властивостей подій більш високого рівня для виявлення причин тих чи інших несправностей системи і проведення більш глибокого аналізу поведінки системи з метою виявлення логічного взаємозв'язку подій нижчого рівня, здатних привести до відмови системи.
4. Побудова дерева несправностей (відмов) для логічно пов'язаних подій на вході. Ці події повинні визначатися в термінах ідентифікованих незалежних первинних відмов.

Щоб отримати кількісні результати для завершальної небажаної події дерева, необхідно задати ймовірність відмови, коефіцієнт готовності, інтенсивність відмов, інтенсивність відновлень та інші показники, що

характеризують первинні події, за умови, що події дерева несправностей не є над-лишковими. Більш суворий і систематичний аналіз передбачає виконання наступних процедур: визначення меж системи, побудова дерева несправностей, якісна оцінка, кількісна оцінка.

Зазвичай система зображується у вигляді блок-схеми, що показує всі функціональні взаємозв'язки й елементи. При побудові дерева несправностей виключно важливу роль набуває правильне завдання граничних умов. Однією з основних вимог, що пред'являються до граничних умов, є вибір завершальної небажаної події, зробити який необхідно з особливою ретельністю, оскільки саме для нього і будується дерево несправностей. Крім того, щоб проведений аналіз був зрозумілий всім зацікавленим особам, дослідник зобов'язаний скласти перелік всіх припущень, прийнятих при визначенні системи і побудові дерева несправностей.

### Побудова дерева відмов

Перш ніж приступити до побудови дерева несправностей, необхідно найретельнішим чином вивчити технічну систему. Дерево відмов використовується для умовного уявлення існуючих у технічній системі умов, потенційно здатних викликати її відмову, а також для виявлення існуючих в ній слабких з точки зору надійності місць. Залежно від конкретних цілей аналізу дерева несправностей для побудови останнього фахівці з надійності зазвичай використовують або метод первинних відмов, або метод вторинних відмов, або метод ініційованих відмов. Метод первинних відмов. Відмова елемента називається первинною, якщо вона відбувається в нормальних умовах функціонування системи. Побудова дерева несправностей на основі обліку первинних відмов не становить великої складності, оскільки дерево будується тільки до тієї точки, де ідентифіковані первинні відмови елементів, які викликають відмову системи. Для ілюстрації цього методу розглянемо наступний приклад (рис. 2.1). Вважається, що відмова вимикача полягає лише в тому, що він не замикається, відмовами електричної проводки можна знехтувати, а завершальною подією є відсутність освітлення від лампочки.

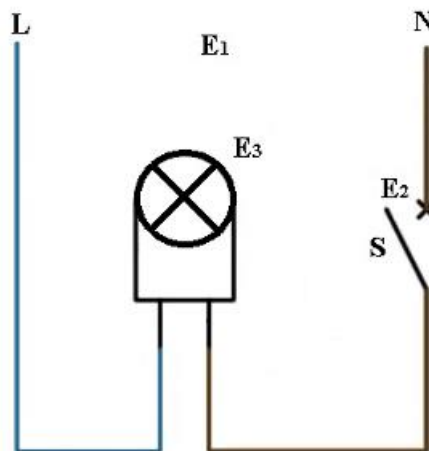


Рис. 2.1. Електрична схема системи освітлення

Дерево відмов для тієї системи представлено на рис. 2.2. Основними, або первинними, подіями дерева несправностей є відмова джерела живлення  $E_1$ , відмова вимикача  $E_2$  і пере- горання (відмова) лампочки  $E_3$ .

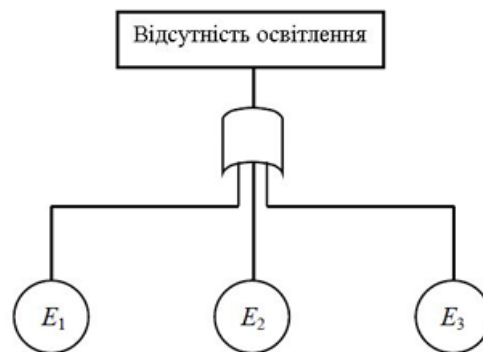


Рис. 2.2. Дерево відмов для випадку первинних відмов

Найбільший інтерес становить завершальна подія «відсутність освітлення», і тому саме йому приділяється основна увага при аналізі. Дерево несправностей, зображене на рисунку, показує, що вихідні події являють собою входи схеми «АБО»: при настанні будь-якої з трьох первинних подій  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$  відбувається завершальна подія (відсутність освітлення). Метод вторинних відмов. Так як вторинні відмови можуть викликатися несприятливим впливом навколишніх умов, надмірними навантаженнями на елементи системи в процесі експлуатації або первинними відмовами самих елементів системи, необхідно більш глибоке дослідження технічної системи. На рис. 2.3 показано просте дерево несправностей із завершальною подією «припинення вироблення електроенергії генератором».



Рис. 2.3. Дерево несправностей для випадку вторинних відмов

Дерево відмов відображає такі первинні події, як відмова вимикача (відсутність замикання), несправності внутрішніх ланцюгів генератора і запобіжника. Вторинні відмови зображуються прямокутником як проміжна подія. Вторинні відмови відбуваються внаслідок незадовільного технічного обслуговування, несприятливого впливу зовнішнього середовища, стихійного лиха і т. д.

Метод ініційованих відмов. Подібні відмови виникають при правильному використанні елемента, але в невстановлений час або в недозволеному місці. Іншими словами, ініційовані відмови – це збої операцій координації подій на різних рівнях дерева несправностей: від первинних відмов до завершальної події (небажаної або кінцевої). Типовим прикладом ініційованої відмови є надходження помилкового сигналу на будь-який електротехнічний пристрій (наприклад, двигун або перетворювач). Взаємозв'язок між основними та ініційованими відмовами показано на рис. 2.4.



Рис. 2.4. Дерево несправностей для випадку основних та ініційованих відмов

Різноманіття причин аварійності і травматизму найбільш повно і зручно представляється у вигляді діаграми-дерева причин, що відображає процес появи і розвитку ланцюга передумов. Основними компонентами діаграми причин або небезпек є вузли (або вершини) і взаємозв'язки між ними. Під вузлами маються на увазі події, властивості і стани елементів даної системи, а також логічні умови їх трансформації (додавання «АБО» і перемноження «І»). Операція «І» означає, що перед тим, як відбудеться деяка подія «А», має відбутися кілька подій, наприклад, «Б» і «В». У ймовірнісному аспекті така операція виражається логічним множенням:

$$P(A) = P(B) \cdot P(V). \quad (2.1)$$

Операція «АБО» означає, що деяка подія «Г» буде мати місце, якщо відбудеться хоча б одна з декількох подій або всі події, наприклад, «Д» і «Е». У цьому випадку ймовірність появи події «Г» матиме вигляд алгебраїчної суми:

$$P(\Gamma) = P(D) + P(E) - P(D) \cdot P(E). \quad (2.2)$$

## Якісна і кількісна оцінка дерева відмов

Викладений нижче підхід заснований на використанні так званих мінімальних перетинів дерева несправностей. Перетин визначається як безліч елементарних подій, що призводять до небажаного результату. Якщо з безлічі подій, що належать деякому перетину, не можна виключити жодного і в той же час ця безліч подій призводить до небажаного результату, то в цьому випадку говорять про наявність мінімального перетину. Виявлення мінімальних перетинів вимагає великих витрат часу, і для їх знаходження потрібно машинний алгоритм. Приклад якісної оцінки дерева несправностей представлений на рис. 2.9.

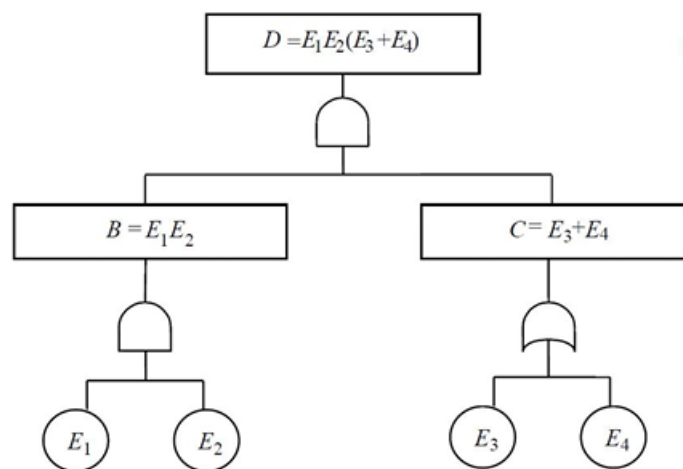


Рис. 2.9. Дерево несправностей для гіпотетичного випадку

Кількісна оцінка проводиться на підставі інформації про такі кількісні показники надійності для завершальної події, як імовірність відмови, інтенсивність відмов або інтенсивність відновлень. У першу чергу обчислюють показники надійності елемента, потім знаходять критичний шлях і, нарешті, оцінюють завершальну подію. Кількісна оцінка дерева здійснюється або статичним моделюванням, або аналітичним методом.

Примітка. Проміжна відмова може з'явитися тільки в тому випадку, коли мають місце обидві події  $E_1$  і  $E_2$ . Що стосується проміжної події  $C$ , то вона може відбутися тільки при появі події  $E_3$  або  $E_4$ . Завершальна подія настає тільки при появі одночасно проміжних подій  $B$  і  $C$ . У першому випадку дерево несправностей моделюється на комп'ютері зазвичай для декількох тисяч або навіть мільйонів циклів функціонування системи. При цьому основними етапами моделювання є: – задання показників надійності для елементарних подій; – програмування моделі дерева несправностей; – складання переліку відмов, що призводять до завершальної події, і переліку відповідних

мінімальних перетинів; – обчислення необхідних кінцевих результатів. У другому випадку використовують існуючі аналітичні методи.

Аналітичний висновок для простих схем дерева відмов Для того щоб дерево несправностей відповідало своєму призначенню, в ньому використовуються схеми, що показують логічні зв'язки між відмовами основних елементів системи і завершальною подією. Для представлення цих логічних схем у математичній формі застосовуються основні закони булевої алгебри. Схема «АБО» зображується символами  $\cup$  або «+». Будьякий з цих символів показує об'єднання подій, пов'язаних зі схемою «АБО». Математичний опис схем «АБО» з двома подіями на вході наведено на рис. 2.10. Подія  $B_0$  на виході схеми «АБО» записується в булевій алгебрі як:

$$B_0 = B_1 + B_2 ,$$

де  $B_1$  і  $B_2$  – події на вході.

Схема «І» зображується символом « $\cdot$ » або «П». Цей символ позначає перетин подій. Схема «І» з двома входами показана на рис. 2.11.

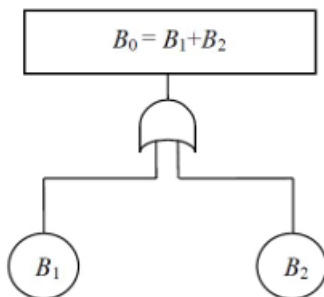


Рис. 2.10. Схема «АБО» з двома входами

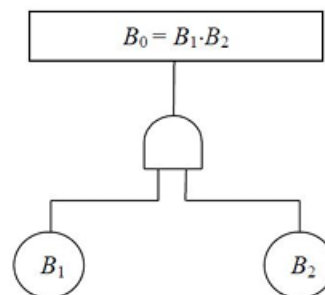


Рис. 2.11. Схема «І» з двома входами

Подія  $B_0$  на виході схеми «І» записується в булевій алгебрі як:

$$B_0 = B_1 \cdot B_2 . \quad (2.5)$$

Схема «І» з пріоритетом логічно еквівалентна схемі «І», але відрізняється від неї тим, що події на її вході повинні відбуватися в певному порядку. Схема «І» з пріоритетом, що має два входи, показана на рис. 2.12. У даному випадку передбачається, що подія  $A_1$  має настати раніше події  $A_2$  .

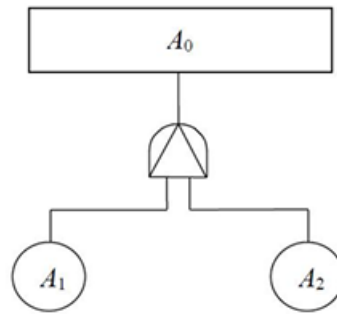


Рис. 2.12. Схема «І» з пріоритетом з двома входами

### Переваги та недоліки методу дерева відмов

Даний метод, як і будь-який інший, має певні переваги і недоліки. Так, наприклад, метод дає повне уявлення про поведінку технічної системи, але вимагає від фахівців з надійності глибокого розуміння роботи технічної системи і конкретного розгляду кожен раз тільки однієї певної відмови; допомагає дедуктивно виявляти відмови; дає конструкторам, користувачам і керівникам можливість наочного обґрунтування конструктивних змін і аналізу компромісних рішень; дозволяє виконувати кількісний і якісний аналіз надійності; полегшує аналіз надійності складних систем. Разом з тим реалізація методу вимагає значних витрат коштів і часу. Крім того, отримані результати важко перевірити; важко врахувати стану часткової відмови елементів, оскільки при використанні методу, як правило, вважають, що система знаходиться або в справному стані, або в стані відмови. Істотні труднощі виникають і при отриманні в загальному випадку аналітичного рішення для дерев, що містять резервні вузли і відновлювані вузли з пріоритетами, не кажучи вже про ті значні зусилля, які потрібні для охоплення всіх видів множинних відмов.

### Питання до самостійної роботи

1. У чому сутність методу вторинних відмов?
2. У чому сутність методу ініційованих відмов?
3. Що таке «мінімальний перетин дерева несправностей»?
4. Як проводиться кількісна оцінка дерева відмов?