

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ  
Навчально-науковий інститут транспорту та будівництва  
Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до кваліфікаційної роботи  
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

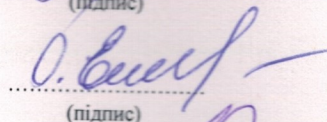
галузі знань 27 – «Транспорт»  
спеціальності 273 «Залізничний транспорт». Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

на тему: «Управління ризиками при експлуатації залізничного рухомого складу»

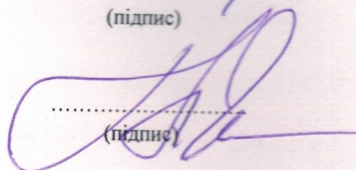
Виконав: студент групи ІБЗТ-19зм  
Ніколаєва Ю.О.

  
(підпис)

Керівник: доц. Єпіфанова О.В.

  
(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

  
(підпис)

Рецензент: Байцов З.

.....  
(підпис)

### 3.2 Процедура «ідентифікація ризику»

Крок 5. Ідентифікація ризиків. Результатом даного етапу є максимально можливий перелік ризиків для безпеки залізничного рухомого складу.

Методи ідентифікації небезпеки (табл. 3.1 і табл. 3.2) в широкому значенні діляться на три категорії :

- 1) порівняльні методи, прикладом яких є відомості перевірок, індекси небезпек і огляд даних експлуатації [15];
- 2) фундаментальні методи [5], які побудовано таким чином, щоб поєднувати експертні знання щодо задач ідентифікації і прогнозування шляхом постановки ряду питань типу «а що, якщо ...?». Прикладом даного типу методології є дослідження небезпеки і пов'язаних з нею проблем (HAZOP), а також аналіз видів і наслідків відмов (FMEA ) –«дерево відмов»;
- 3) способи індуктивного підходу [6], такі як логічні діаграми можливих наслідків даної події («дерево подій»).

Перелік найпоширеніших методів, що використовуються  
при ідентифікації ризику

Метод	Опис і застосування
Аналіз «дерева подій»	Сукупність прийомів ідентифікації небезпеки і аналізу частот, в яких використовується індуктивний підхід з метою переведення різних ініціюючих подій в можливі результати
Аналіз видів і наслідків відмов, а також аналіз видів, наслідків і критичності відмов	Сукупність прийомів ідентифікації головних джерел небезпеки і аналізу частот, за допомогою яких аналізуються всі аварійні стани обладнання на предмет їх впливу як на інші компоненти, так і на систему в цілому
Аналіз «дерева несправностей»	Сукупність прийомів ідентифікації небезпеки і аналізу частот небажаної події, за допомогою яких визначаються всі шляхи її реалізації. Використовується графічне зображення
Дослідження небезпеки і пов'язаних з нею проблем	Сукупність прийомів ідентифікації, за допомогою яких оцінюється кожна складова системи з метою виявлення того, чи можуть відбуватися відхилення від призначення конструкції і які наслідки це може спричинити
Аналіз впливу людського чинника	Сукупність прийомів аналізу частот в області дії людей на показники роботи системи, за допомогою яких визначається вплив помилок людини на безпеку
Попередній аналіз небезпеки	Сукупність прийомів ідентифікації небезпеки і аналізу частот, які використовуються на ранній стадії проектування з метою ідентифікації небезпек і оцінки їх критичності
Структурна схема безпеки	Сукупність прийомів аналізу частот, на основі яких створюється модель системи і її резервування для оцінки безпеки

Перелік додаткових методів, які використовуються при ідентифікації ризику

Метод	Опис і застосування
Класифікація груп ризику по категоріях	Класифікація видів ризику по категоріях у порядку пріоритетності груп ризику
Відомості перевірок	Складання переліків типових джерел потенційних аварій, які потребують розгляду. З їх допомогою можна оцінювати відповідність законам і стандартам
Загальний аналіз відмов	Метод, призначений для визначення того, чи можлива раптова відмова (аварія) ряду різних складових або компонентів системи, і оцінювання вірогідного сумарного ефекту
Моделі опису наслідків	Оцінка дії небезпеки на людей, майно або навколишнє середовище. Використовуються як спрощений аналітичний підхід
Метод Делфі	Спосіб комбінування експертних оцінок, які можуть забезпечити проведення аналізу частоти, моделювання наслідків та оцінювання ризику
Індекси небезпеки	Сукупність прийомів по ідентифікації/оцінці небезпеки, які можуть бути використані для ранжирування небезпек
Метод Монте-Карло й інші методи моделювання	Сукупність прийомів аналізу частоти, в яких використовується модель системи для оцінки варіацій в початкових умовах і допущеннях
Парні зіставлення	Спосіб оцінки і ранжирування сукупності ризиків шляхом попарного порівняння
Огляд даних експлуатації	Сукупність прийомів, які можуть бути використані для виявлення потенційно проблемних областей, а також для аналізу частоти, заснованих на даних про аварії, даних про надійність і інше
Аналіз прихованих процесів	Метод виявлення прихованих процесів і шляхів, які могли б привести до настання непередбачених подій

На рисунку 3.2 наводиться приклад дерева відмов на прикладі зіткнення потягів, викликаного проїздом заборонюючого сигналу.

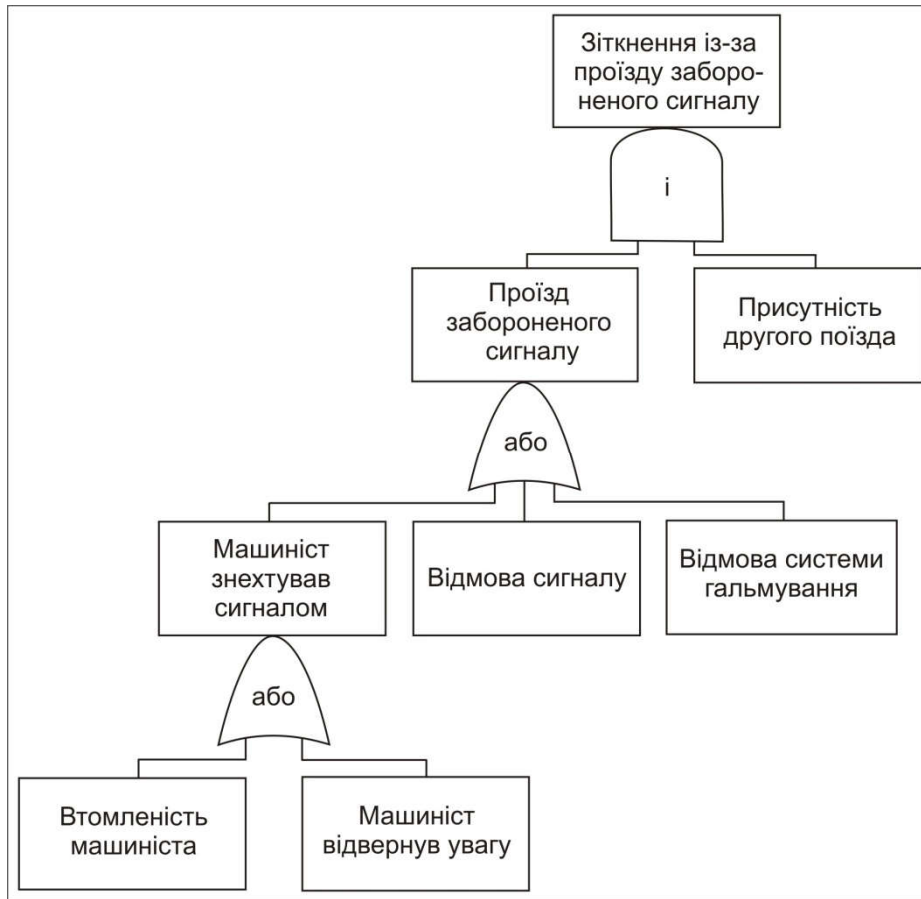


Рис. 3.2 Дерево відмов

Дерево подій є логічною моделлю, яка ідентифікує і оцінює наслідки події і наступних подій. Наступні події є умовними при появі кожної попередньої. Наслідки звичайно є бінарними. Проте, вони можуть включати спектр наслідків для відповідності різним перестановкам передбачуваних подій. На рис. 3.3 наводиться приклад дерева подій у випадку, відповідному рис. 3.2.

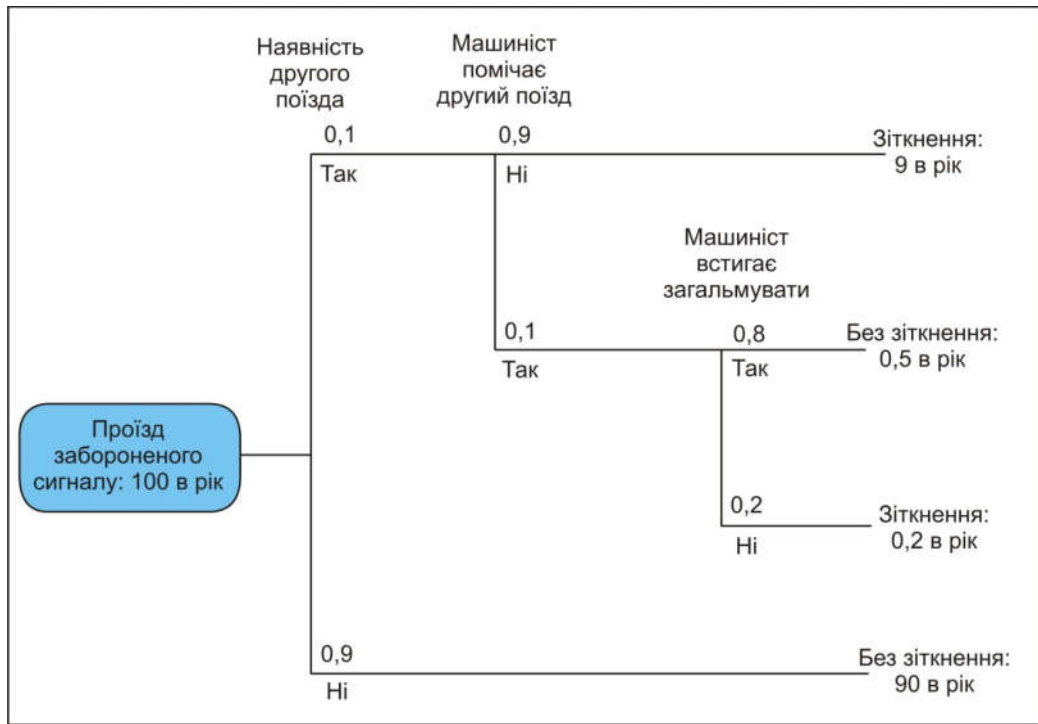


Рис. 3.3 Дерево подій

Розглянемо етап ідентифікації ризику (рис. 3.4), як ієрархічну процедуру наповнення матриці безпеки.

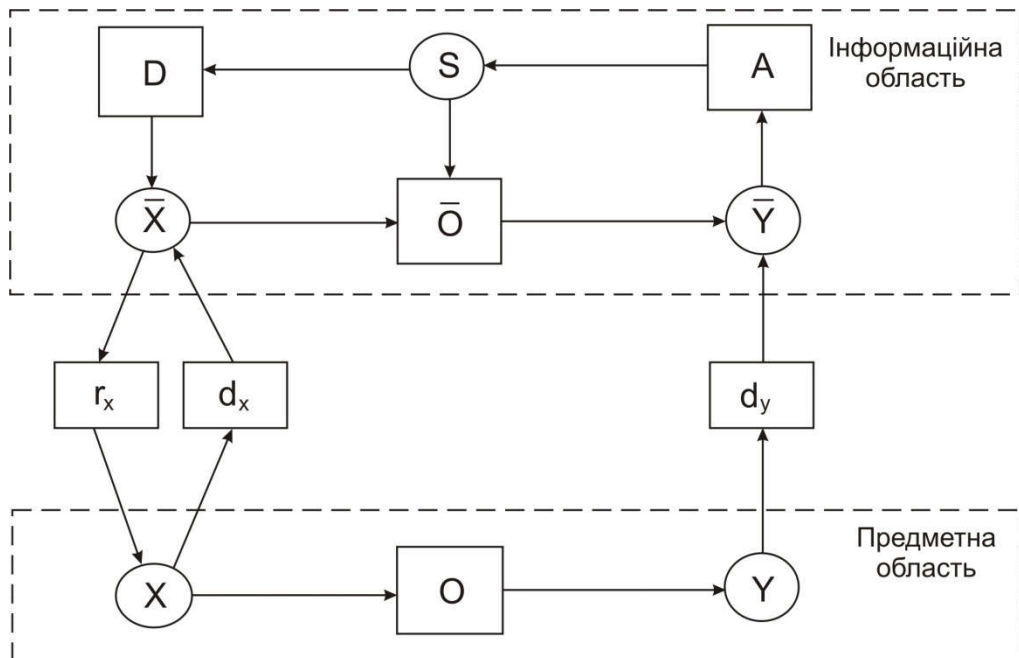


Рис. 3.4 Схеми ідентифікації небезпеки

Розглянемо предметну область, в якій виділимо об'єкт небезпеки  $O$ . У інформаційній області будується причинно-наслідкова модель ризику  $\bar{O}$  подій (дерево події). Інформація щодо чинників небезпеки  $X$  за допомогою семантичного оператора  $d_x$  відображається у структурі бази даних  $\bar{X}$  у вигляді функції приналежності небезпеки  $X$ , що ідентифікується, до однієї з категорій  $Y$  тяжкості наслідків події і міри можливості її настання. Інформація щодо категорій  $Y$  за допомогою семантичного оператора  $d_y$  відображається у структурі бази даних  $\bar{Y}$  у вигляді функцій приналежності одній з категорій ризику. Управляючий оператор  $r_x$  здійснює зв'язок інформаційного середовища та предметної області, тобто реалізує управляючу дію.

Якщо  $\bar{X}$  і  $\bar{Y}$  інтерпретувати як бази даних, то  $\bar{O}$  можна інтерпретувати як базу знань, яка ідентифікує небезпеку. У базі даних складають математичну конструкцію – функцію приналежності. А в базі знань зіставляють її з реперними термами небезпек і ризику. Семантичні датчики  $d_x$ ,  $d_y$  і  $r_x$  є (використовуючи формалізм ультрасітой) ультраоператорами. Виконавець  $r_x$  - це деяка абстракція, яка пов'язана з дією інформаційного середовища на предметну область [1, 3, 8].

Якщо в базі знань  $\bar{O}$ ,  $A$ ,  $D$  є правила, які відображають (ідентифікують) причину (чинник небезпеки) в слідство (категорію ризику), або симптом в діагноз, а діагноз - в спосіб управління і реалізують активне спостереження за системою (моніторинг системи), то таку систему можна вважати управляючою системою, заснованою на знаннях або семантичною управляючою системою, що відображає семантику (відносини змінних) предметної області у вигляді чітких понять інформаційної області.

Для цього може бути використана матриця безпеки (табл. 3.3).

Матриця комплексної конструктивної безпеки рухомого складу

	Оцінка впливу конструкції рухомого складу на ризик спричинення шкоди					
Ризик	$M_1$	$M_2$		$M_j$		
Елементи конструкції РС						
$N_1$	$d_{11}$	$d_{12}$	...	$d_{1j}$		
...	...	...	...	...		
$N_i$	$d_{i1}$	$d_{i2}$	...	$d_{ij}$		

Математично матриця описується таким чином:

$$M = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1j} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{i1} & d_{i2} & \dots & d_{ij} \end{bmatrix}, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, M}, \quad (3.5)$$

де  $d_{ij}$  – експертна оцінка ступеня впливу конкретного дефекту вузла РС на його комплексну безпеку;  $N$  – кількість груп експлуатаційних властивостей і елементів конструкції РС;  $M$  – кількість груп ризиків спричинення шкоди. Функція  $d_{ij}$  є дискретною і визначається методом опитування групи експертів. Результати опиту приводяться до цілочисельних значень.

У якості критерію безпеки рухомого складу може використовуватися наступний показник комплексної системної безпеки,



$$\varphi = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_1^j C_j \sum_1^j \left( \frac{d_i \cdot \beta_i}{M} \right)^2}, \quad (3.6)$$

де  $d_i$  – приватна оцінка впливу конкретного елемента конструкції рухомого складу на ризик спричинення шкоди, одержана експертним методом;  $N$  – число рядків (елементів конструкції) в матриці безпеки;  $M$  – число стовпців (чинників небезпеки) в матриці безпеки;  $\beta_i$  – коефіцієнт, що враховує ступінь реалізації в конструкції рухомого складу технічно можливого рішення, що забезпечує максимальну безпеку рухомого складу;  $C_j$  – ваговий коефіцієнт, що враховує вплив конкретного елемента конструкції на конкретний ризик спричинення шкоди, який визначається як відношення приватної оцінки до суми всіх оцінок по конкретному ризику спричинення шкоди.

Приведемо приклад ідентифікації небезпек у вигляді дерева відмов для залізничного рухомого складу.

Ситуацію з можливими небезпечними станами обладнання можна представити у вигляді дерева відмов, зображеного на рис. 3.5. Розглянемо описаний вище етап, який на діаграмі позначено римською цифрою I. Можлива відмова одного з виділених блоків, супроводжувана відповідним рівнем тяжкості наслідків (1, 2, ..., 5), характеризується відповідною категорією ризику, визначуваною на підставі функцій приналежності виділеної лінгвістичної терми, що ідентифікується, - рівню ризику.

Ідентифікація небезпек здійснюється на основі дерева подій (рис. 3.6). На першому рівні виділено 14 вузлів, на другому рівні виділені складові деталі. Окрім механічних вузлів (корпус, підшипниковий вузол, підвіска, автозчеплення, гальма, гідрогасник, візок), виділено окремими вузлами дизель, генератор, тяговий двигун, реверсор, контролер і електрообладнання.

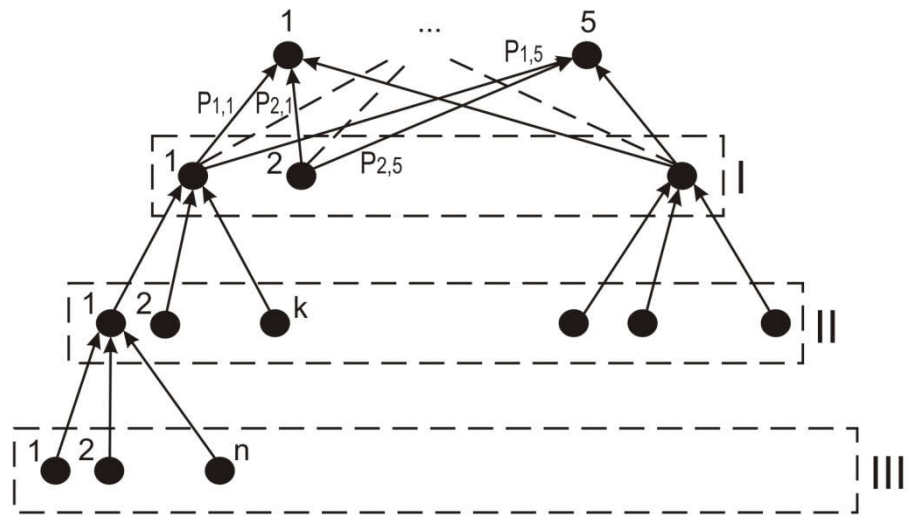
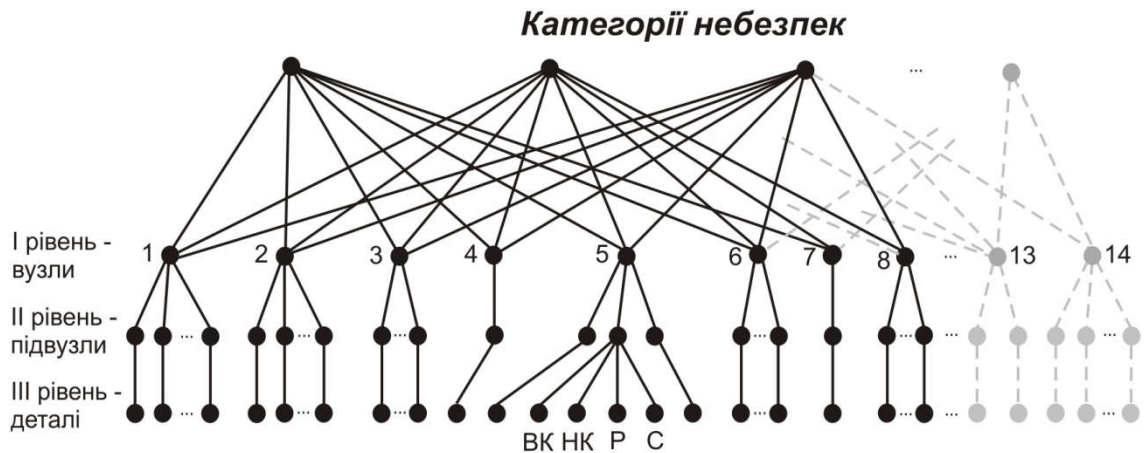


Рис. 3.5 Дерево відмов рухомого складу



1 - автосцепка; 2 - гальмівне обладнання; 3 - візок; 4 - колісна пара; 5 - буксовий вузол; 6 - підвіска; 7 - корпус; 8 - гідрогаситель; 9 - 12 - (на рисунку на показані) - дизель, генератор, тяговий двигун, реверсор; 13 - контролер; 14 - електрообладнання.

Рис. 3.6 Діаграма несправностей локомотиву

Слід зазначити, що одержана діаграма не може розглядатися як сукупність ізольованих шляхів ідентифікації небезпек, оскільки агрегати між собою залежні. Крім того, слід мати на увазі комплексність питання безпеки з погляду ефективності перевізного процесу, як одного з пріоритетних напрямів наукових досліджень в області системних стратегічних задач, оскільки є стрижнем економічного функціонування залізничної галузі [7].

На рис. 3.7 представлено приклад причинно-наслідкової діаграми системної ідентифікації ризику залізничного рухомого складу, побудованої за схемою Ісікави [8] (риб'ячий хребет, рис. 3.7).

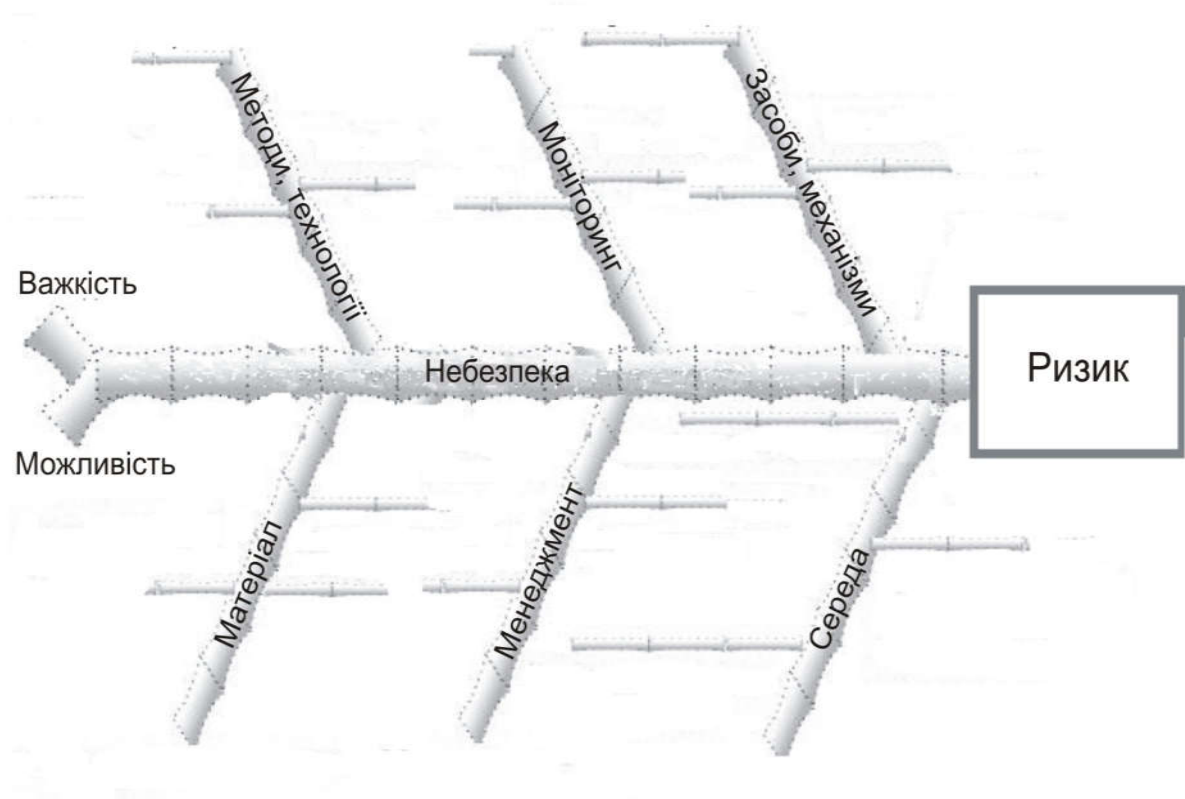


Рис. 3.7 Діаграма Ісікави: чинники першого порядку («великі кістки»); чинники другого порядку («середні кістки»); чинники третього порядку («малі кістки»).

Система безпеки представляється таким чином як багатоконтурна і багаторівнева система ієрархічного типу (рис. 3.8).

Приклад аналізу небезпечної ситуації «схід залізничного рухомого складу з рейок» згідно схеми причинно-наслідкового аналізу ризику (табл. 1 – 4) приведені у [13]. (Надалі слід виконати експертну оцінку з урахуванням думки фахівців у області діагностики залізничного рухомого складу).

Дерева відмов і подій зображено на рис. 3.9 і рис. 3.10 відповідно.

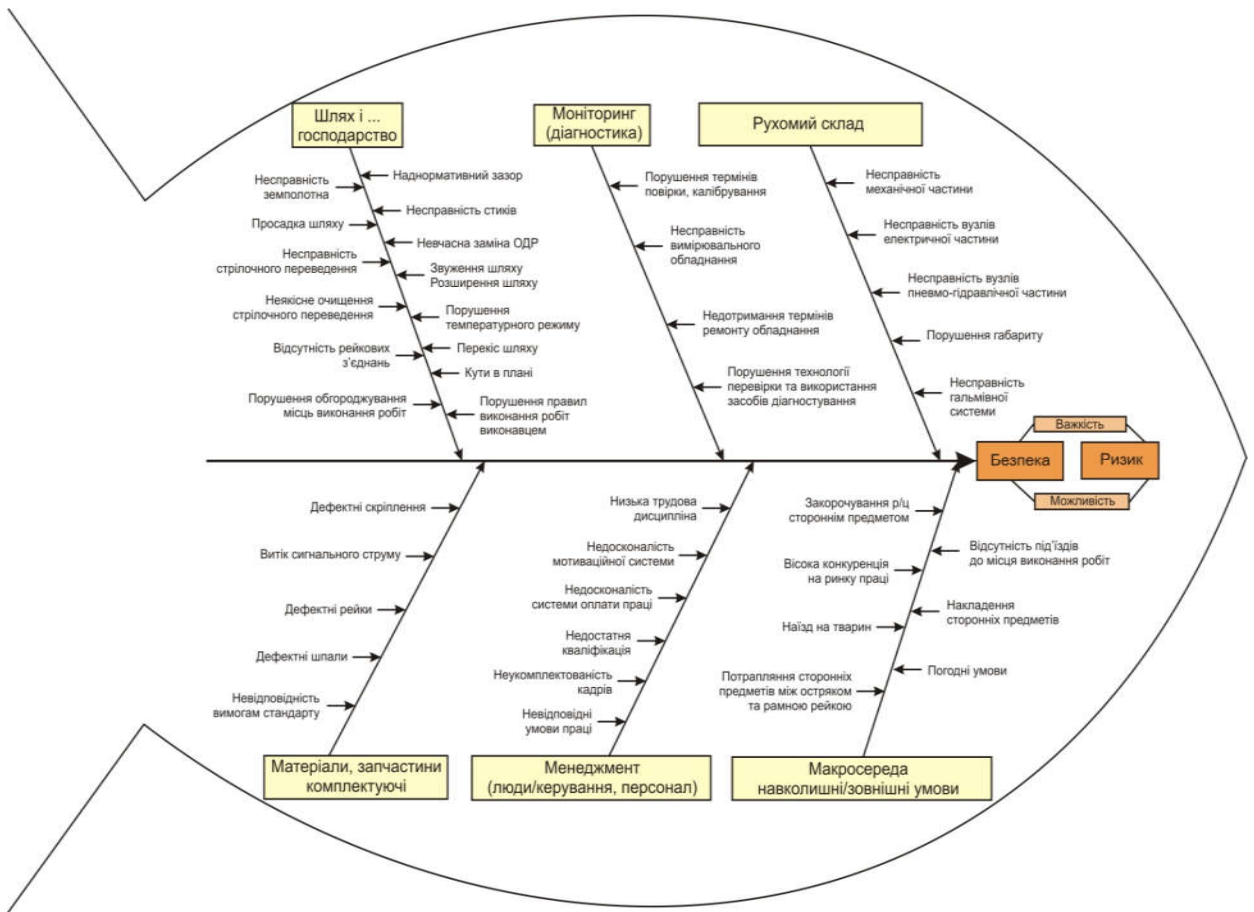


Рис. 3.8 Причинно-наслідкова діаграма ідентифікації небезпек

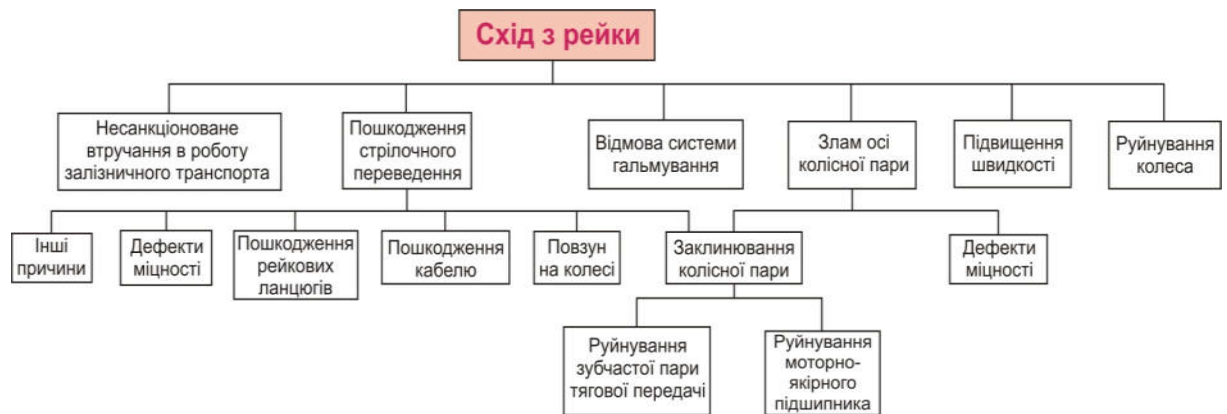


Рис. 3.9 Дерево відмов

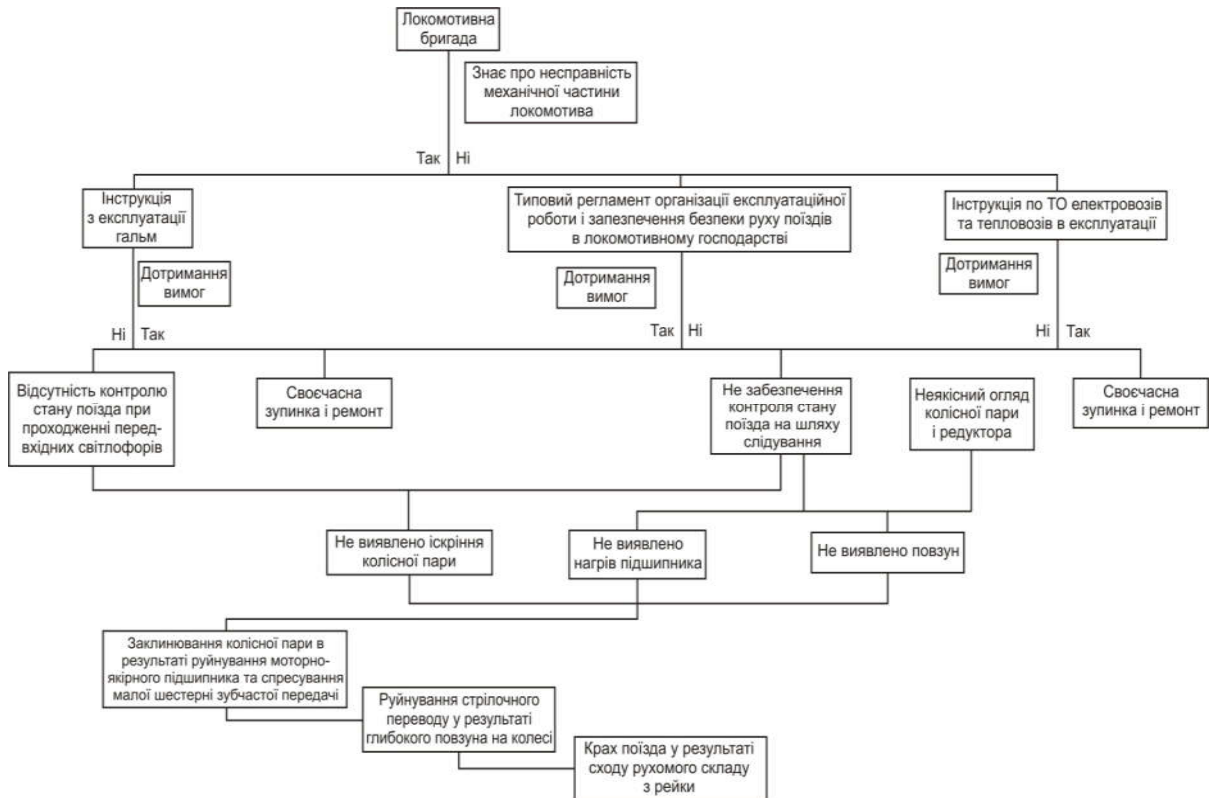


Рис. 3.10 Дерево подій

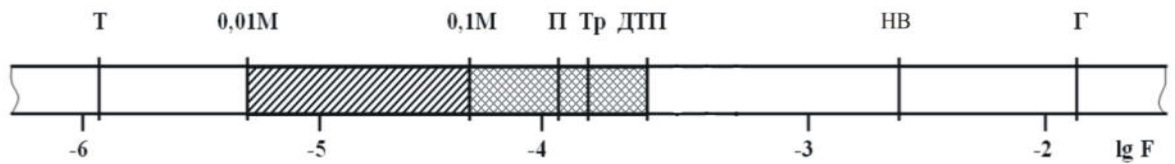
### 3.3 Процедура «аналіз ризику»

Крок 4. Аналіз ризику.

Аналіз прийнятих в світовій практиці менеджменту ризиків критеріїв прийняттого соціального ризику при підтвердженні безпеки, які суспільство так чи інакше допускає [9, 11], дозволяє запропонувати наочну логарифмічну шкалу для градації мір можливості настання небезпечної події (рис.3.11):

$R$  менше  $5,0 \cdot 10^{-5}$  - область низьких ризиків, заходів щодо їх зниження не вимагається;

$R$  від  $5,0 \cdot 10^{-5}$  до  $10^{-3}$  - область, що вимагає вживання певних заходів щодо зниження ризиків з урахуванням економічної (фінансової) доцільності цих заходів. Найбільше значення цього інтервалу близьке до ризику загибелі в ДТП;



Логарифмічна шкала для вибору допустимого індивідуального ризику



- |   |  |
|---|--|
|  - Діапазон вибору прийняттого ризику<br>F - ризик, 1/рік;<br>M - мінімальний ризик смерті на протязі усього життя;<br>0,01M - 1% від мінімального ризику смерті на протязі усього життя;<br>0,1M - 10% від мінімального ризику смерті на протязі усього життя |  - Діапазон вибору контролюемого ризику<br>Причини загибелі:<br>Т - теракти;<br>П - пожари;<br>Тр - виробничий травматизм;<br>ДТП - дорожньо-транспортна пригода;<br>НВ - всі нещасні випадки;<br>Г - всі причини |
|---|--|

Рис. 3.11 Логарифмічна шкала рівнів ризику

$R$  більше  $10^{-3}$  - область високого ризику, яка вимагає обов'язкового виконання заходів щодо його зниження, не дивлячись на розмір фінансових витрат.

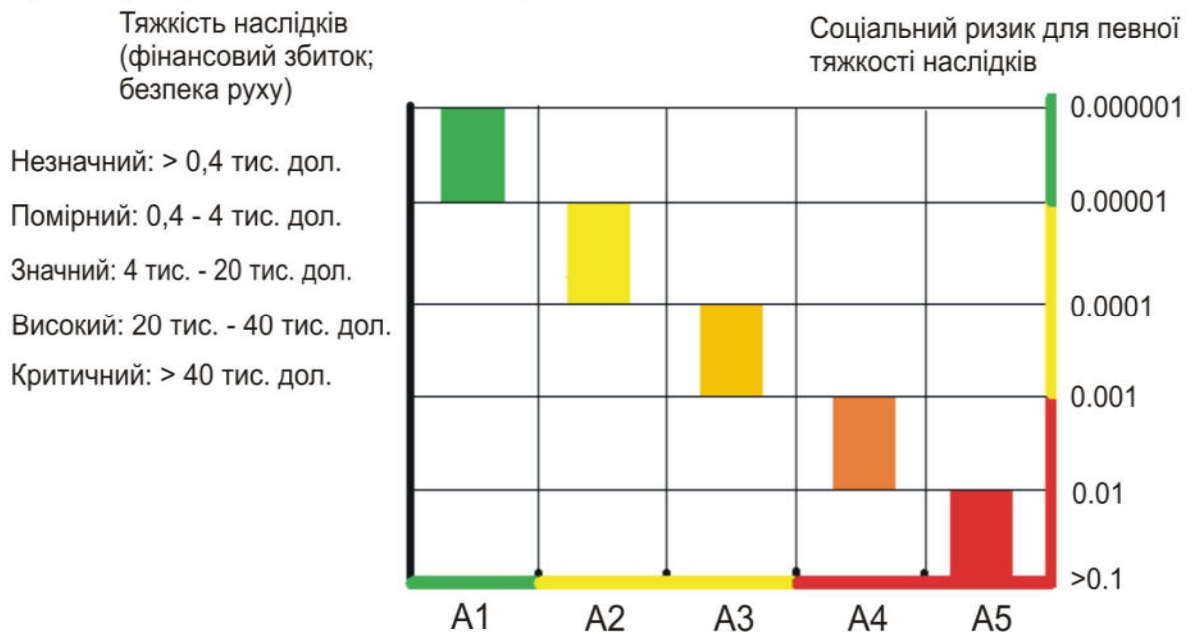


Рис. 3.12 Критерії граничних значень ризику для кожного рівня тяжкості наслідків відмови

З урахуванням цих норм можуть бути встановлені критерії граничних значень для кожного рівня тяжкості наслідків відмови з урахуванням «Положення про класифікацію транспортних подій на залізничному транспорті України» (Наказ Міністерства інфраструктури України 14.06.2011 № 142) (рис. 3.12).

Рівні тяжкості наслідків відмови встановлюються залежно від параметрів обладнання, робочого середовища й виду можливого руйнування по функціях приналежності на підставі експертних оцінок.

### 3.4 Процедура «оцінка ризику»

Крок 5. У системному аналізі під процедурою «оцінка» [10, 11] розуміють процедуру аналізу і вибору альтернатив шляхом порівняння різних ознак стану об'єкту з ознаками, що враховують його динаміку і ретроспективу.

Таблиця 3.4

Матриця ризиків

		Важкість наслідків				
		5	4	3	2	1
Вірогідність подій	E	E5	E4	E3	E2	E1
	D	D5	D4	D3	D2	D1
	C	C5	C4	C3	C2	C1
	B	B5	B4	B3	B2	B1
	A	A5	A4	A3	A2	A1

■ - R5 – високий ризик

■ - R4 – ризик вище середнього

■ - R3 – середній ризик

■ - R2 – низький ризик

■ - R1 – дуже низький ризик

Для встановлення рівня ризику відмови елементів обладнання РС (R1...5) введемо матрицю аналізу, де рівні ризику визначаються за критеріями рівнів ймовірності ( $P_1 \dots P_5$ ) і тяжкості наслідків ( $A_1 \dots A_5$ ) відмови. Метрику ймовірності і метрику наслідків побудуємо з використанням категорій, представлених в табл. 3.4.

При встановленні прийнятного рівня ризику виходитимемо із загальноприйнятих гранично допустимих норм на соціальний ризик [11], позначених на рис. 3.11.

Відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 31000:2009 («Risk Management - Principles and guidelines»), рівні ризику, встановлені на етапі аналізу ризиків, віднесемо до 3-х класів, відповідних наступним реперним термам (табл. 3.5):

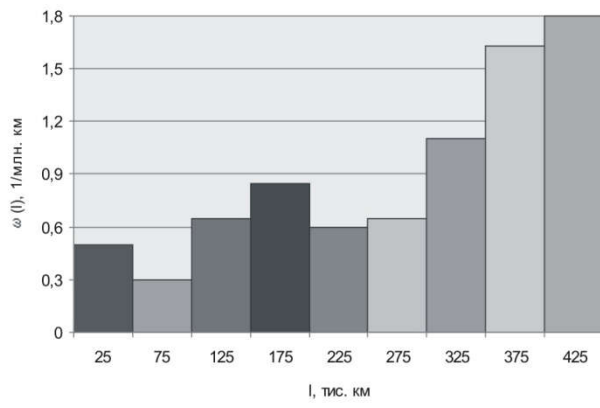
- III – високий, експлуатаційні властивості РС, напряду пов'язані з ними, потребують регламентації шляхом встановлення вимог до конструкції відповідних систем або вузлів РС;
- II – середній, вимагається регламентація експлуатаційних режимів технічного обслуговування, але не конструкції РС;
- I – низький, регламентація експлуатаційних режимів і конструктивні зміни не вимагається.

Таблиця 3.5

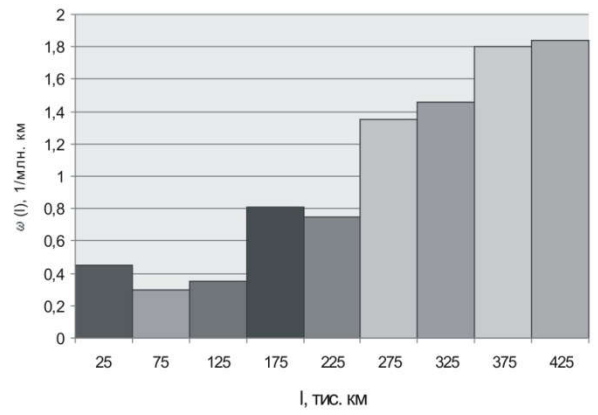
Групи ризику

Групи ризику	Рівні ризику	Захисні міри
<b>III</b>	E5, E4, E3, D5, D4, D3, C5, C4, B5	Необхідні захисні міри для зниження ризику
<b>II</b>	E2, E1, D2, D1, C3, B4, B3, A5, A4, A3	Потрібний аналіз для визначення захисних мір для забезпечення прийнятного рівня ризику
<b>I</b>	C2, C1, B2, D1, A2, A1	Не потрібні захисні міри
Для жовтої групи ризиків необхідно враховувати співвідношення «затрати – вигода»		

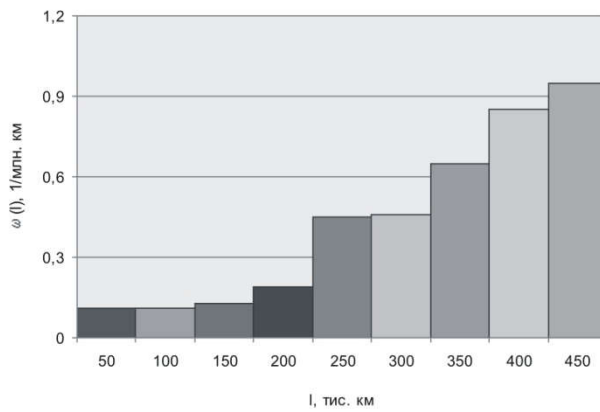




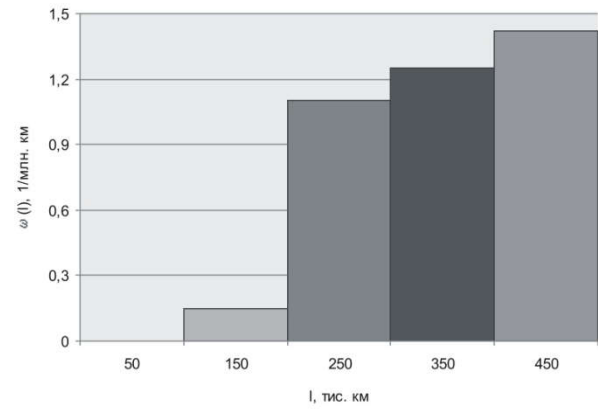
а)



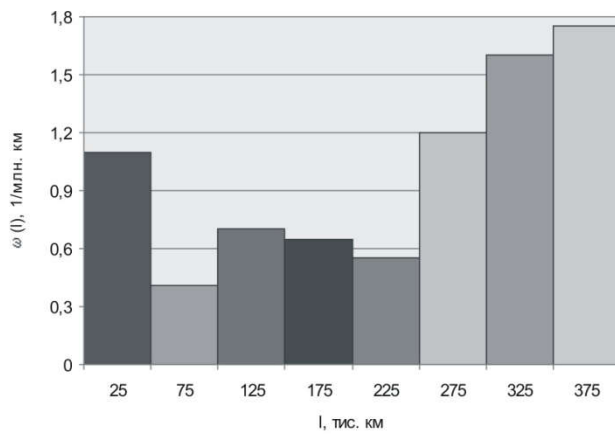
б)



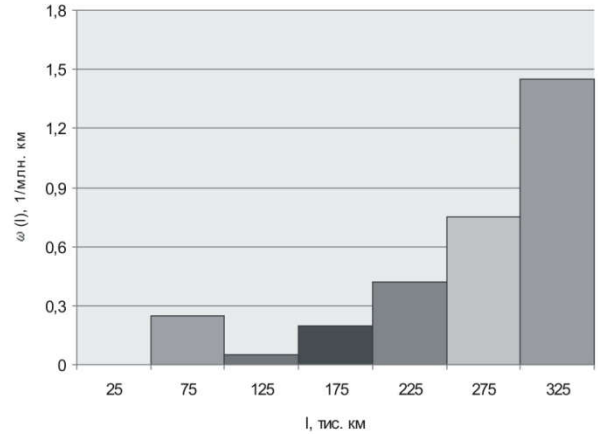
в)



г)



д)



е)

Рис. 3.13 Параметр потоку відмов для вузлів, що лімітують міжремонтні пробіги локомотиву: а – по радіальному зазору буксового підшипника; б – по зазору в моторно-осьовому підшипнику; в – по виробленню колектора ТЕД; г – по опорі ізоляції ТЕД; д – по зношеності зуба зубчастої пари тягової передачі; е – по ослабленню посадки бандажів колісних пар

Аналіз даних про відмови обладнання локомотива, що приведено вище, а також розрахунок діаграм параметрів потоку відмов обладнання локомотивів депо Кондрашевська-Нова Донецької залізниці (рис. 3.13) дозволяє виділити вузли, що експлуатуються в період посиленого зносу або старіння. Характерною особливістю цього періоду є збільшення параметра потоку відмов.

Дослідження показують наявність тісного кореляційного зв'язку з коефіцієнтом до  $-0,9$  між можливістю настання небезпечної події (ймовірністю відмови  $(\lg P)$ ) і розрахунковим ресурсом  $(\tau)$  роботи елементів до настання граничного стану.

Графічна ілюстрація ймовірнісно-статистичного підходу до оцінки і прогнозування ймовірності відмови елементів обладнання в загальному випадку представлена на рис. 3.14, де показана зміна в часі статистичних характеристик надійності (міцності) і навантаження як випадкових величин.

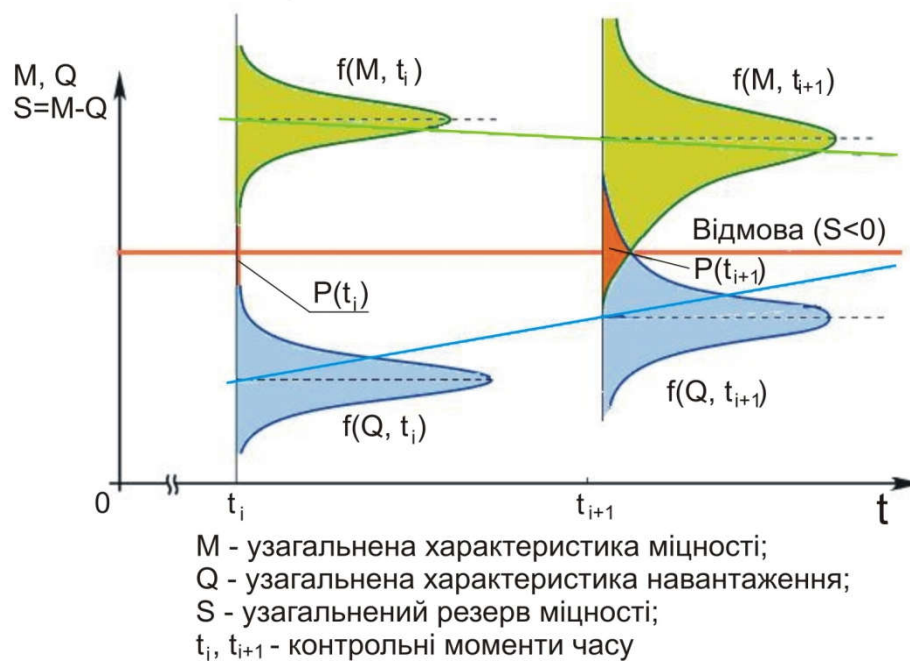


Рис. 3.14 Графічна ілюстрація ймовірнісно-статистичного підходу до оцінки ризику

Як видно, із зростанням пробігу (часу експлуатації) збільшується ймовірність того, що значення контрольованого параметра вийде за межі встановленого допуску (заштрихована частина площі, обмеженої кривою густини розподілу параметра).

Графічна ілюстрація розподілу елементів обладнання по рівнях можливості настання небезпечної події (відмови) від прогнозованого значення залишкового ресурсу роботи до переходу обладнання в граничний стан з урахуванням рівня якості обстеження представлена на рис. 3.15.

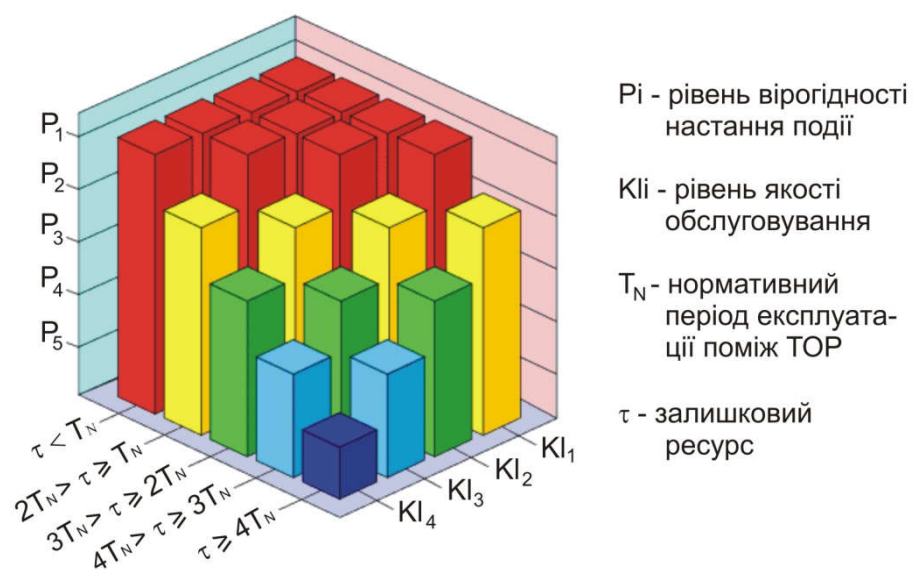


Рис. 3.15 Діаграма залежності рівнів ризику від остаточного ресурсу і якості обслуговування

Графік залежності значень  $\lg P$  від  $\tau$  представлено на рис. 3.16. Шляхом нанесення на представленому графіку залежності зон допустимих значень ймовірності відмови, відповідних різним рівням ризику і зон розподілу  $\tau$  на ділянки, кратні нормативному часу ( $T_N$ ) експлуатації між технічними обслуговуваннями обладнання РС, одержано зони областей ризику відмови різнопошкоджених елементів для кожного з рівнів тяжкості наслідків можливої відмови. На рисунку 3.17 представлено такий графік для рівня тяжкості наслідків відмови по  $A_5$ . Поєднанням подібних графіків

залежностей для рівнів тяжкості наслідків по  $A_4, A_3, A_2, A_1$  і зон рівнів ризику відмови  $R_4, R_3, R_2, R_1$  побудовано представлений на рисунку 3.16 суміщений графік–матрицю напівкількісної оцінки ризику різнопошкоджених елементів обладнання РС з використанням опорних рівнів ризику з урахуванням ймовірності і тяжкості наслідків відмови.

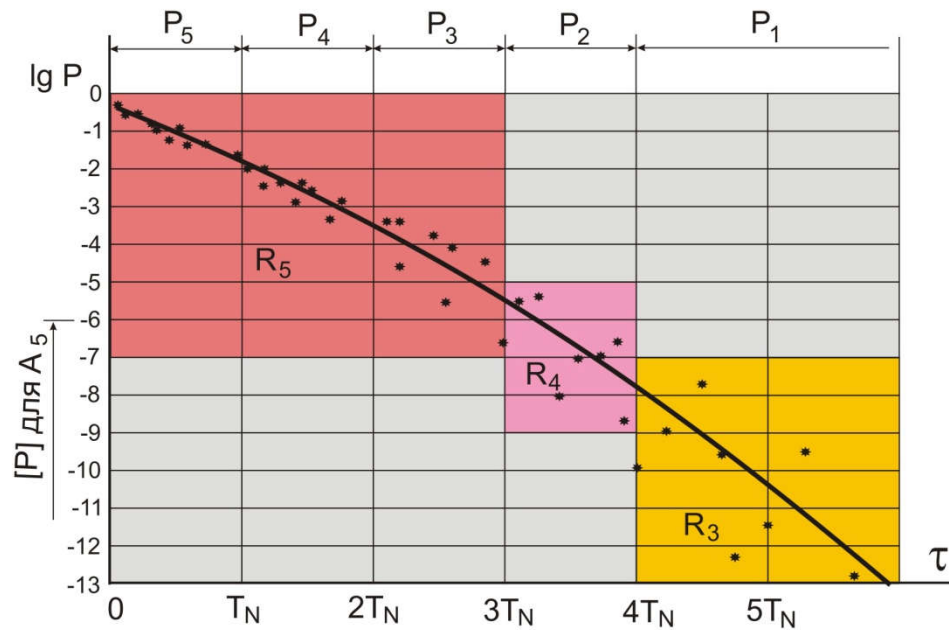


Рис. 3.16 Графік залежності значень  $\lg P$  від  $\tau$  і області ризику по важкості наслідків  $A_5$ .

На підставі отриманих результатів встановлено кореляційний зв'язок між віком експлуатації локомотива і його техніко-економічними характеристиками, а саме: зменшення напрацювання до першої відмови і збільшення експлуатаційних витрат з інтенсивністю 2,5...4% у рік.

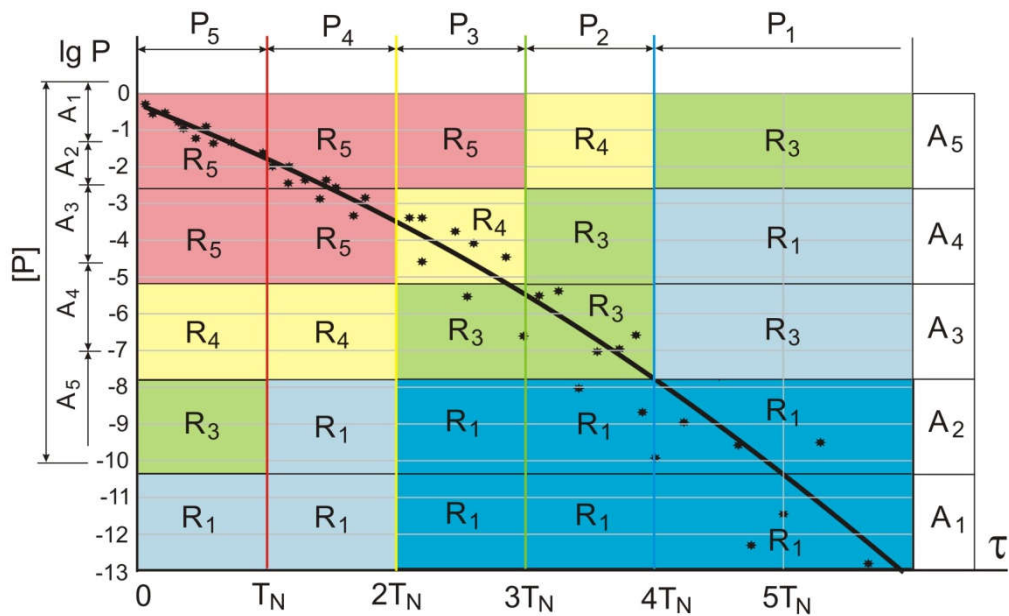


Рис. 3.17 Графік-матриця областей рівня ризику

Стратегія ризику передбачає поетапну реалізацію на основі поступового впровадження та оснащення депо необхідним обладнанням, тобто здійснення пілотного проекту в одному депо, потім проводиться відпрацювання і апробація взаємодій і алгоритмів і приймається рішення щодо поширення стратегії на інші депо, враховуючи зауваження та рекомендації, які виникли в процесі відпрацювання пілотного проекту.

### 3.5 Процедура «обробка ризику»

Крок 6. Обробка ризику. Сукупність заходів, направлених на зниження рівня ризику, зменшення потенційних втрат та інших негативних наслідків аварій складає, по суті, ситуацію обробки або управління ризиком [12, 13, 16].

Обробка ризику повинна бути циклічним процесом, включаючи:

- оцінку ризику;
- ухвалення рішення про допустимість залишкового ризику;
- при неприпустимості залишкового ризику, вироблення нової обробки ризику;
- оцінку результативності нової обробки.

При розробці заходів управління слід брати до уваги причини і наслідки для кожного ризику, а потім враховувати:

- можливості для виключення ризику або зниження до нульового рівня ймовірності виникнення ризику (виключення ризику);
- можливості для зміни наслідків ризику;
- можливості для зміни ймовірності виникнення ризику.

Слід сказати, що при існуючій системі планування ремонтів життєвий цикл обладнання локомотивів може закінчитися в міжремонтний період, тобто в процесі активної експлуатації, що у принципі неприпустимо, оскільки після закінчення життєвого циклу обладнання повинне бути зняте з локомотива і по ньому повинно бути ухвалено рішення - або після ремонту воно допускається до подальшої експлуатації, або воно списується (рис. 3.18).

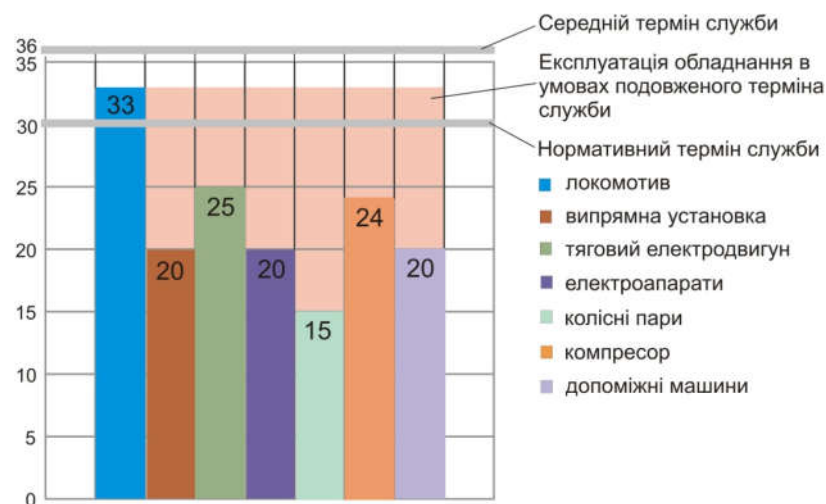


Рис. 3.18 Середній вік локомотивного обладнання, що знаходиться в експлуатації

На вищезгадані чинники накладається ще й чинник «обезлічування» встановлюваного на локомотиви обладнання, коли на місце демонтованого обладнання встановлюється перехідний ремонтний комплект. Установка відремонтованого обладнання на локомотив ведеться безсистемно і без урахування відповідності термінів служби останнього й локомотива у цілому.

В результаті при виході локомотива із заводського або деповського ремонту на ньому може бути встановлене обладнання, що виробило свій ресурс, або з відсутньою кратністю залишкових ресурсів по відношенню до наступного заводського ремонту локомотива й до його терміну служби (рис. 3.18).

Існуючий на залізницях зарубіжних країн підхід до формування витрат на етапах життєвого циклу локомотивів має на увазі значне вкладення коштів саме при проведенні капітального ремонту з метою зниження їх в експлуатації. Вартість життєвого циклу РС на наших залізницях має зворотню тенденцію, при цьому значна частина коштів витрачається в експлуатації (рис. 3.19).

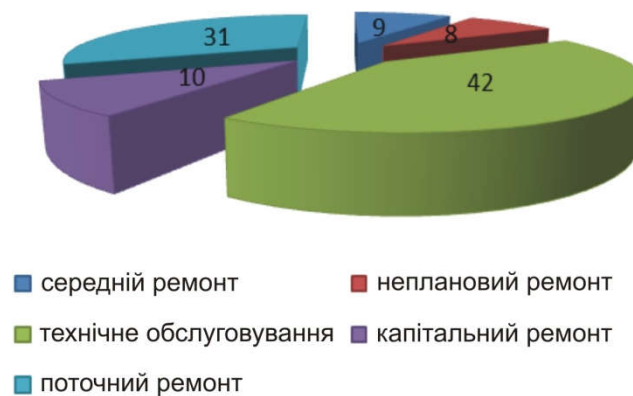


Рис. 3.19 Структура витрат в системі ППР

Концепція прийняттого ризику може обійтися помітно дешевше, але якщо обладнання, що експлуатується за такою стратегією, є джерелом великих збитків, витрати непомірно зростають.

В цьому випадку використання концепції ризику дозволить скорегувати ремонтний цикл, виходячи з критерію «зиск-ризик» на підставі оцінки можливості і тяжкості відмови.

«Співіснування» двох стратегій на перехідному етапі полягає у наступному. Планування обстежень (рис. 3.20) і заходів відновлення ресурсу

для елементів обладнання, віднесених до рівнів ризику  $R_1 - R_4$ , здійснюється за наслідками нормативних розрахунків залишкового ресурсу їх роботи, а також з урахуванням випереджаючого контролю ризику. Планування обслуговування обладнання з рівнем ризику  $R_5$ , а за наслідками оцінки ризику і з рівнем ризику  $R_4$ , здійснюється окрім цього за наслідками випереджуючого контролю за критерієм мінімуму ризику.

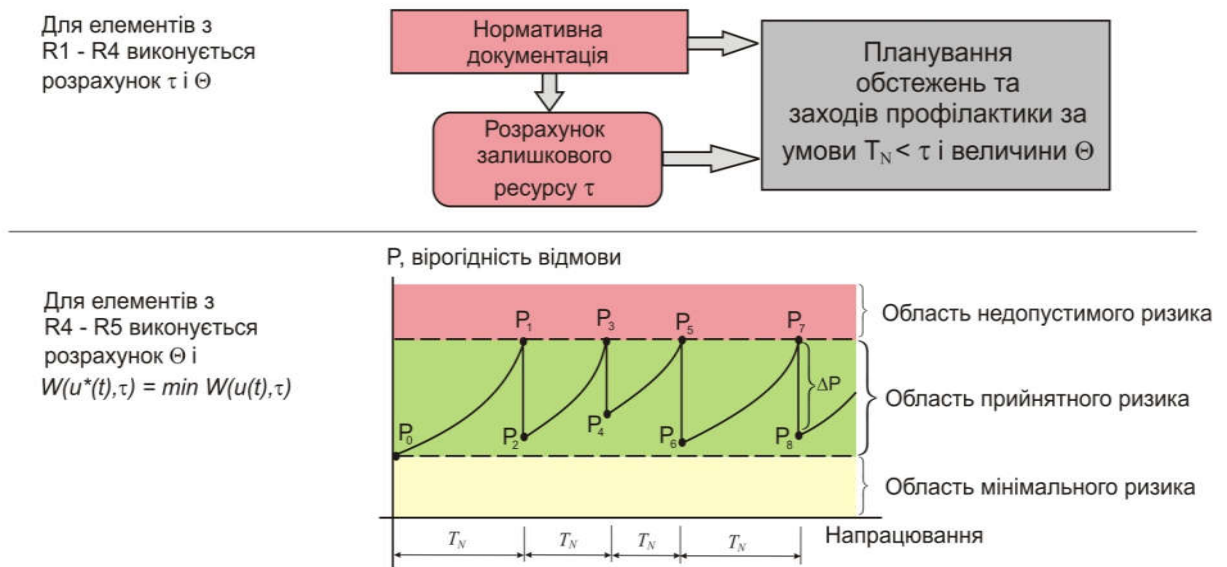


Рис. 3.20 Управління ризиком при обслуговуванні об'єктів експлуатації

Модель оцінки ризику і планування технічного обслуговування елементів обладнання за критеріями ризику й імовірності відмови представлена на рис. 3.21.



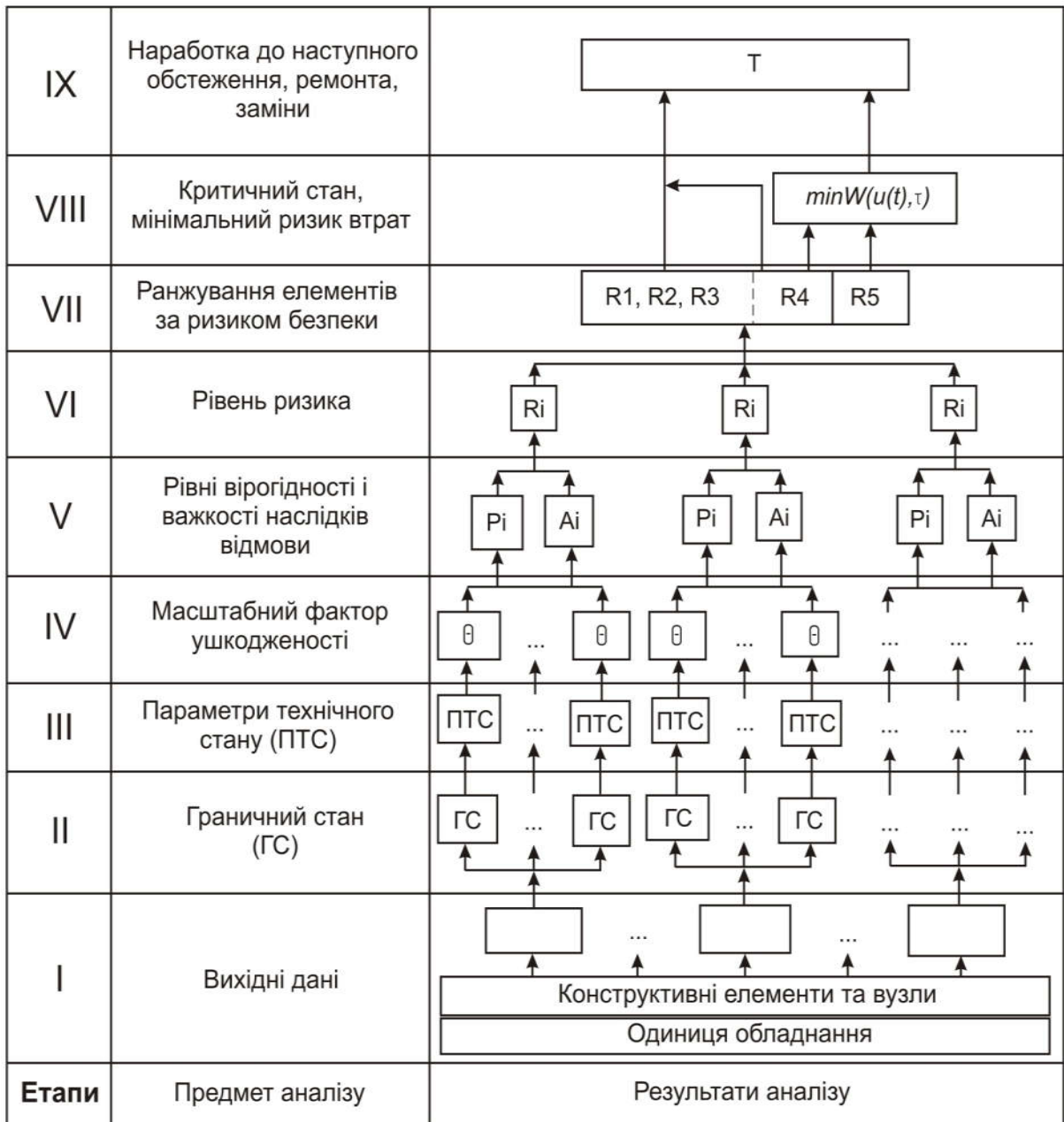


Рис. 3.21 Модель оцінки ризику

Схему замкнутого циклу руху інформаційного потоку бази даних в процесі експлуатації РС представлено на рис. 3.22.

При цьому контрольовані параметри виступають у якості параметрів, що формують єдиний інформаційний блок, який визначається як «інформація динамічних відмінностей», що будується на основі експериментально вимірюваних характеристик і через це складають основу емпіричного знання

про об'єкт експлуатації, що повною мірою відповідає моделі проблемної ситуації.

Результати аналізу, що наведені в наступному розділі, показують можливість отримання економії при прогнозуючому контролі обладнання.

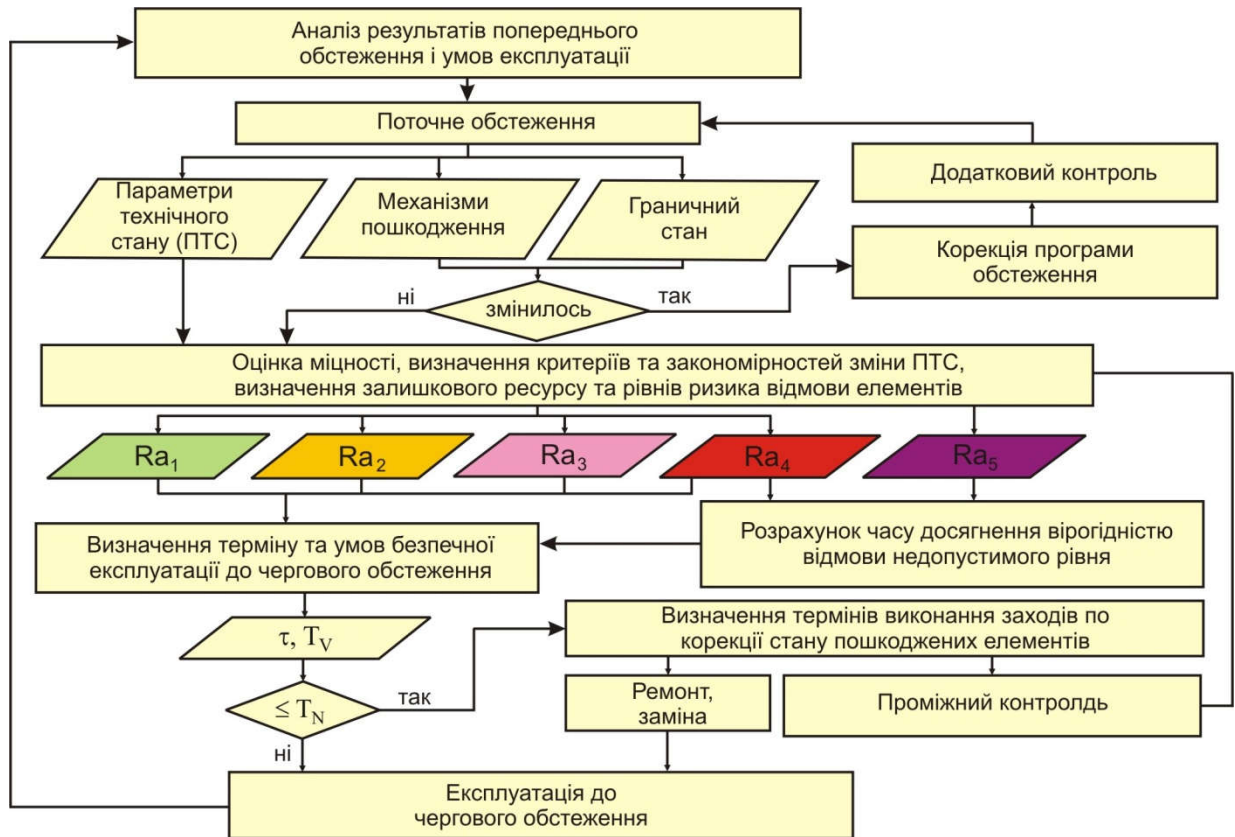


Рис. 3.22 Замкнутий цикл інформаційного потоку бази даних

### 3.6 Принципи і процедури наповнення інформацією структурних компонентів інформаційного відображення об'єкту експлуатації

На сьогоднішній день на залізничному транспорті немає єдиних вимог, орієнтованих на впровадження концепції управління ризиком. Номенклатура засобів діагностики щорічно збільшується, об'єм інформації нарастає. Цілеспрямований і централізований збір, обробка, аналіз і зберігання цієї інформації не здійснюється. Наявність великого числа розроблених АРМ та інформаційно-управляючих систем, орієнтованих по

областях діяльності залізниці, з одного боку, забезпечує базис для практичного використання стратегії ризику, а з другого боку – створює дуже складну проблему ув'язки цих систем.

Тому виникає задача створення інтегруючого середовища - *комплексної системи наукового моніторингу ризику*, що дозволить перейти від аналізу конкретних, окремо взятих, загроз та небезпек до більш широкого системного міждисциплінарного погляду на небезпеки й пов'язані з ними ризики, перевести процес управління ризиками з оперативного рівня на тактичний і далі на стратегічний рівень. Зрештою, вона повинна розширити можливості прогнозувати й передбачати надзвичайні ситуації і своєчасно відпрацьовувати заходи щодо їх попередження.

Першим етапом є обґрунтування принципів створення комплексної системи наукового моніторингу ризику РС.

Ці принципи укладаються в схему формування інформаційного відображення об'єкта експлуатації для безперервного наповнення і розвитку якої необхідний набір інструментів інформаційного простору, який концентрується у єдиному інформаційному ресурсі – експериментальному стенді системи наукового моніторингу ризику. Опис суті стенду, його архітектури та інформаційних потоків в ньому наведено в цьому відпункту.

Другий етап полягає у тому, що необхідно реалізувати заходи, які дозволять здійснити сформульовану на початку розділу третю необхідну умову керованості ризику – організацію робіт на принципах управління якістю. Реалізація цієї умови неможлива без вдосконалення структури управління ремонтним процесом, інтегрованої в рамках міжнародного стандарту ІСО 9000, що має на меті функціонування об'єктів експлуатації в умовах глобального управління якістю.

#### *Принципи створення системи наукового моніторингу ризику РС*

Виділено наступні найважливіші принципи [10, 17], якими слід керуватися при створенні системи моніторингу ризику (рис. 3.23).

Принцип еволюціонізму. У досліджуваних, спостережуваних і прогнозованих системах слід виходити з аналізу системної тріади: «спадкоємність – змінність – відбір» [11, 18]. Зокрема, однією з основних задач комплексної системи є прогноз незбуреного розвитку об'єкту на підставі аналізу його нинішнього стану і виявлених трендів, «успадкованих» від попередніх станів (передісторії). Результатом аналізу «змінності» виявляється множина сценаріїв розвитку подій. І найважливішою задачею комплексної системи є їх «відбір» і редагування на основі об'єктивних законів - в одних випадках, в інших – на основі моделювання, в третіх – на основі статистики, в четвертих – на основі експертного знання.

Принцип науковості. Особливістю системи моніторингу, що розробляється, є внесення в практику прогнозування методів, ідей і підходів, що існують і розвиваються у фундаментальних науках.

Принцип спадкоємності і розвитку. Система моніторингу ризику в цілому повинна бути інструментом для системної інтеграції і розвитку вже наявного потенціалу, тому всі моделі, знання, алгоритми і дані незалежно від їх походження можуть і повинні бути застосовані в системі [12, 16].

Принцип системної цілісності. Мета системи – одержати ясне цілісне бачення небезпечних процесів, моделей, алгоритмів і теорій, що дозволяють вирішувати задачі прогнозування і моніторингу ризику. При цьому необхідною умовою для такого знання є його міждисциплінарність, можливість бачити досліджувану суть в різних зрізах (очима різних фахівців), з різних точок зору [11].

Синергетичний принцип. При аналізі складних об'єктів принциповим є виділення змінних, що характеризують поведінку об'єкту і визначають динаміку решти змінних [13].

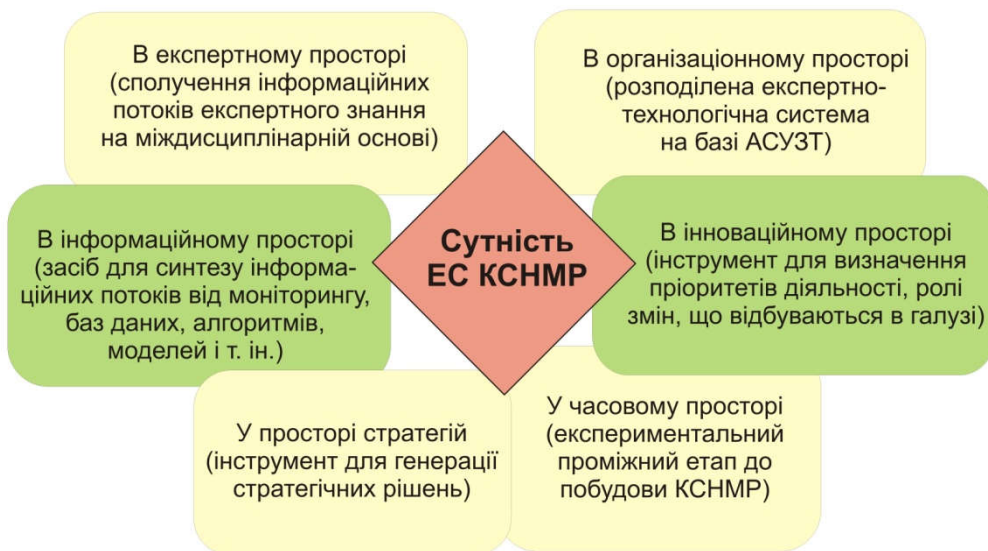


Рис. 3.23 Принципи і сутність КСНМР

Нейросетевий принцип. Ціле в складних системах у багатьох випадках виявляється ефективнішим й успішнішим за будь-яку із частин, оскільки принципову роль виконують зв'язки між елементами системи, які настраюються на основі попереднього досвіду і вирішуваних в даний час задач. Тому принципова роль інформаційних потоків, схем взаємодії експертів, механізмів адаптації цієї системи в крупніші і складніші системи [10, 11].

Кібернетичний принцип. Система повинна бути структурою, яка підтримується завдяки потокам ресурсів, інформації і здійснює

випереджаюче віддзеркалення, що дозволяє передбачати проблеми і вибирати найточніші способи зміни ситуації [6].

Принцип джокера. Для складних систем характерна наявність станів, стратегій і дій, які швидко і радикально міняють ситуацію. Область в просторі станів системи, де таке можливе, одержали назву джокер. Однією з ключових задач є створення алгоритмів, орієнтованих на виявлення областей джокерів, на аналіз і моніторинг преддефектного стану, на дослідження можливих ситуацій і корегуванні стратегії, що дозволяє парирувати ці ситуації.

Принцип двостороннього зв'язку - один з найважливіших принципів управління. Згідно цьому принципу успішне управління можливе лише в тому випадку, якщо суб'єкт управління одержує інформацію про ефект, досягнутий тією або іншою дією об'єкту управління, а також про його стан і про досягнення або недосягнення поставленої мети [9].

Ці принципи укладаються в схему формування інформаційного відображення об'єкту експлуатації, яку було розглянуто вище, для наповнення якого пропонується дослідницький стенд [10] системи моніторингу ризику РС.

#### *Експериментальний стенд системи наукового моніторингу ризику*

Як відомо, на даний час державні узгоджені показники та керівні документи щодо визначенням ризиків в техносфері взагалі і на залізничному транспорті, зокрема, або не розроблено, або тільки знаходяться у стадії розробки.

Оскільки, як було відмічено, така задача є багатокритеральною і вимагає проведення численних досліджень, для її вирішення необхідне безперервне поповнення і розвиток інформаційного відображення об'єкту експлуатації в процесі моніторингу.

Рішення цієї задачі бачиться у застосуванні якогось інструментального засобу для вироблення обґрунтованого рішення при стохастично виникаючих ситуаціях, що дозволить здійснити системну інтеграцію робіт, що ведуться у

області управління ризиком і розробку заходів по попередженню небезпечних ситуацій, пов'язаних з раптовими відмовами і аваріями.

Передбачається, що цей інструмент здійснюватиме наукову підтримку системи управління якістю, як того вимагають міжнародні норми згідно ІСО 9000 [5]. Інтеграція процесів в рамках такого засобу дозволить перейти від аналізу конкретних окремих випадків непередбачених аварійних ситуацій і раптових відмов до ширшого системного, міждисциплінарного погляду на проблему і, зрештою, розширити можливості прогнозувати небезпечні ситуації і своєчасно відпрацьовувати заходи по їх недопущенню, виробити інструкції, нормативні документи, які дадуть можливість кількісно визначати критерії, на основі яких може бути оцінений ризик.

Для вирішення задачі оцінки ризику і визначення прийняттого рівня ризику при управлінні безпекою РС, а також вироблення заходів по попередженню небезпечних ситуацій пропонується структурна модель стенду, яка в методичному плані наочно демонструє принцип об'єднання теоретичних розробок і практичного досвіду в області управління ризиком.

Механізм роботи стенду [10] базується на блочній структурі у вигляді системних процедур (рис. 3.24).

Перший блок – інформаційно-аналітичний. Забезпечує збір, первинну обробку і аналіз інформації, її зберігання і представляє відповідним чином організований комп'ютерний банк даних і бібліотеку документів, що містять необхідні для управління ризиком первинні відомості.

Другий блок – досліджень. Він забезпечує безперервну підтримку процесу управління ризиком за допомогою розробки необхідних методик, норм і правил, відповідних особливостям конструкцій РС.

Третій блок – аналітичної експертизи і прогнозних досліджень. Використовуючи продукт попереднього блоку і методи проведення експертизи, виконується «ризиковий моніторинг», здійснюється прогноз ризику і наслідків, оцінюється збиток, формалізуються переваги, виробляються рекомендації щодо стратегії і тактиці дій.

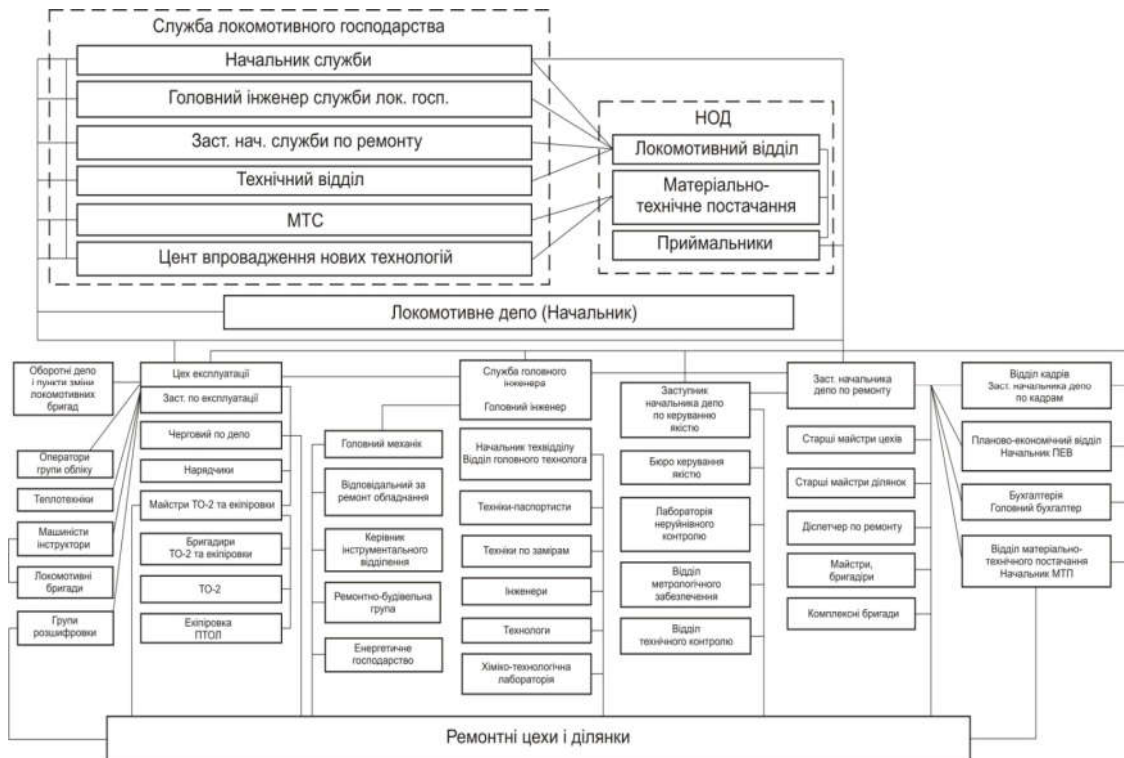


Рис. 3.24 Схема управління ремонтом РС

Четвертий блок – безпосередньо управління.

Таким чином, можна говорити про певну технологію ухвалення управлінських рішень, як про суму процедур аналізу і оцінки ситуацій, пов'язаних зі зміною технічного стану РС, вироблення варіантів рішень, організації і контролю їх виконання.

*Система контролю і управління якістю як засіб підвищення безпеки*

*РС*

Інформаційна система управління ремонтом РС має складну структуру з численними зв'язками і великими об'ємами інформаційних потоків, що часто призводить до виникнення розузгоджень і помилок, що в умовах концепції управління ризиками неприпустимо. Існуюча організаційна і інформаційна структура ремонтного процесу локомотивів (рис.5.33) має складну структуру з численними зв'язками і великими об'ємами інформаційних потоків [12] (рис.3.25, 3.26).



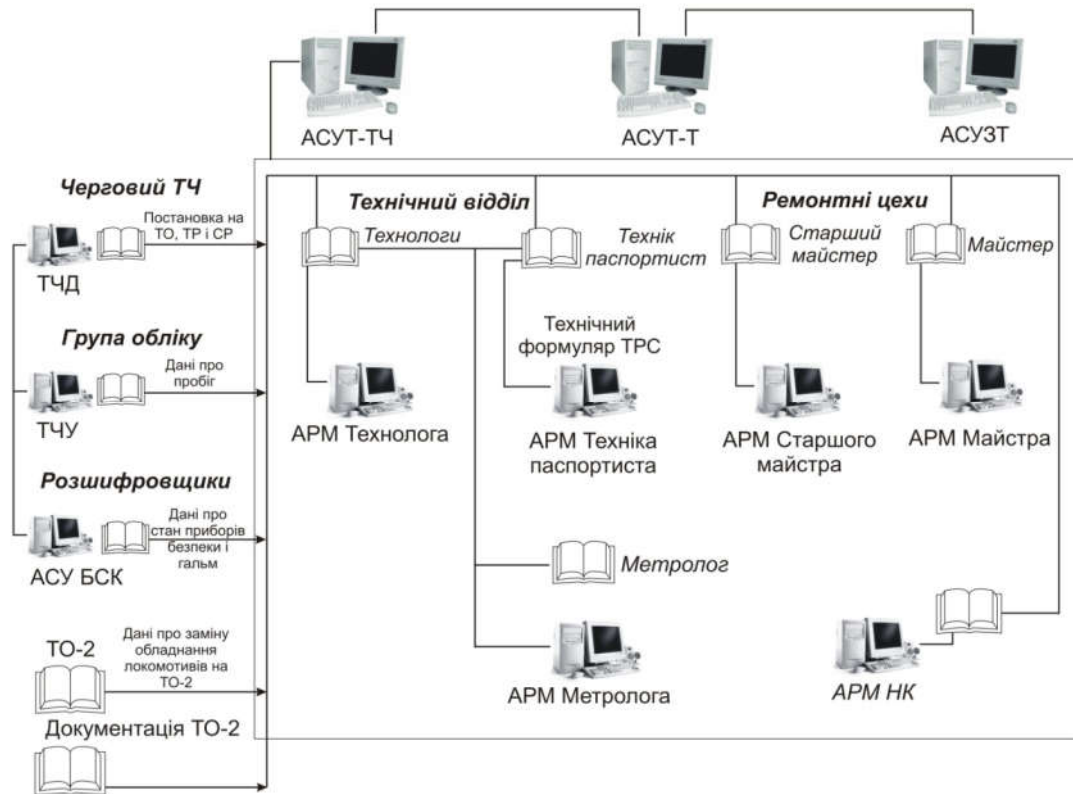


Рис. 3.25 Інформаційні потоки при ремонті РС

Інформація про стан і ремонт РС заноситься в регламентовані форми обліку і звітності (рис. 3.26) [9].

Потрібна єдина система управління ризиком як виробничою діяльністю в рамках формування єдиного середовища глобального управління якістю, як того вимагає міжнародний стандарт ІСО 9000 («Система якості: модель забезпечення якості при виробництві, монтажі і обслуговуванні»), який є сучасним рівнем управління якістю функціонування об'єктів експлуатації і включає перелік апробованих елементів, необхідних для забезпечення безпеки [10].

Необхідність створення в рамках концепції управління ризиками повноцінної системи управління якістю (Quality Management System) визначається також вимогами ринку. Для українських залізниць сертифікація по ІСО 9000 – це ще і пропуск на міжнародний ринок транспортних послуг, а також дієвий засіб для ефективної організації забезпечення безпеки.

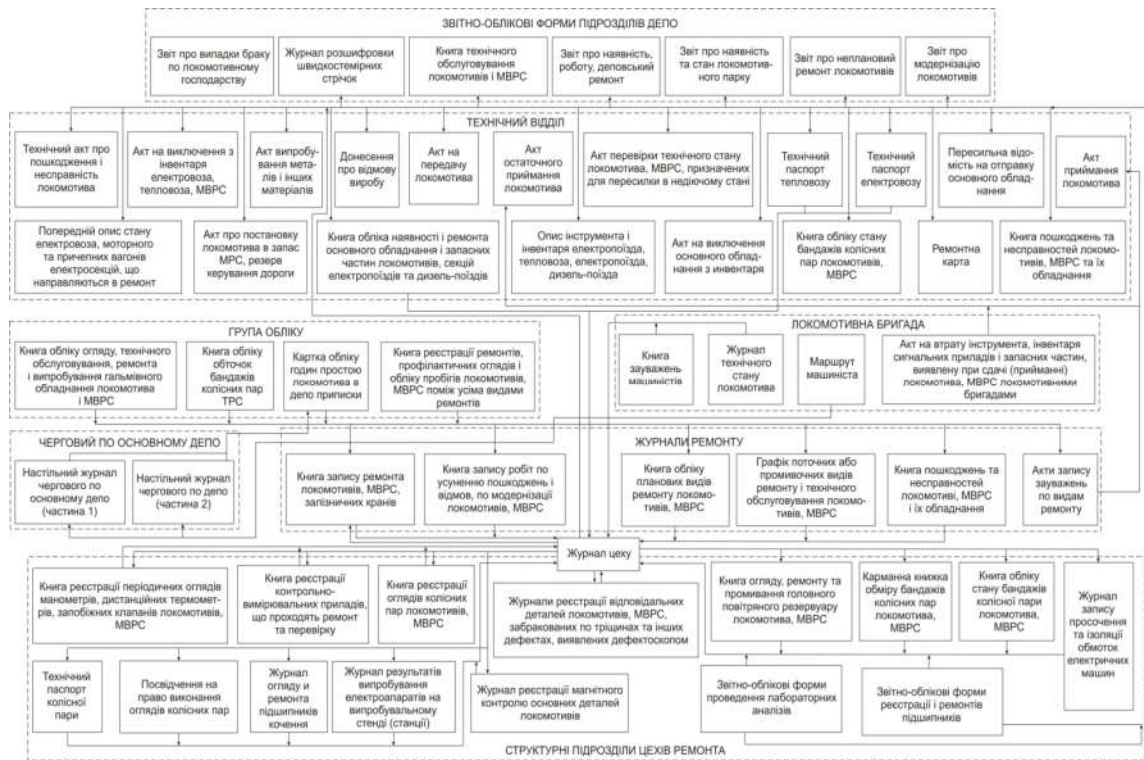


Рис. 3.26 Організація інформаційного забезпечення при проведенні ремонту

Звідси виникає задача створення для експлуатаційного підприємства єдиного інформаційного простору, відповідного міжнародному стандарту якості ISO 9000, в рамках якого представляється можливим процеси управління ризиком віднести до рівня систем управління основними фондами підприємства [7]. Причиною, по якій процеси управління ризиком слід віднести до рівня систем управління основними фондами підприємства є те, що областю застосування інформаційної системи управління ризиком в рамках стандарту ISO 9000 стають всі підрозділи, що відповідають за експлуатацію залізничного рухомого складу, що в умовах управління ризиком, заснованому на обліку процесів, які, зрештою, характеризують готовність нести витрати, надзвичайно важливо, оскільки типізація процедур управління зводить до мінімуму можливий розкид в оцінці ризику. Принципову схему ієрархічних рівнів інформаційного супроводу стратегії управління ризиками в середовищі стандарту ISO 9000 можна представити у вигляді ієрархічної піраміди, представленій на рис. 3.27 (вигляд зверху).

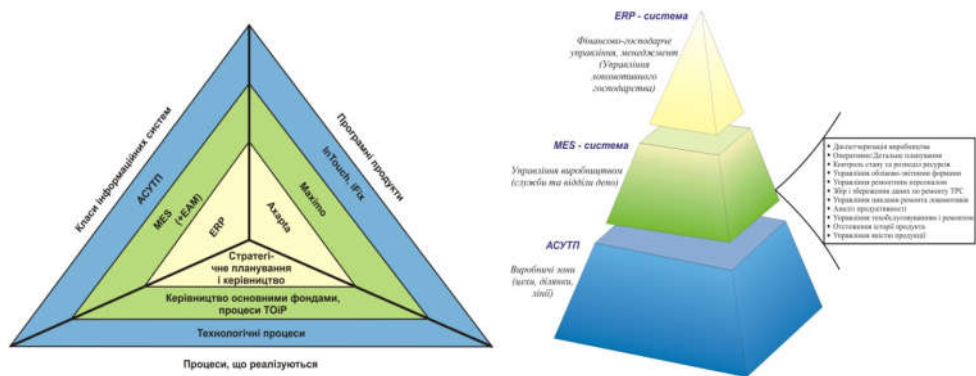


Рис. 3.27 Піраміда ієрархічних рівнів інформаційного супроводження

Ядро системи складають бази даних, що містять інформацію про стан обладнання, час роботи об'єкту між профілактиками, відпрацьованому часі, зносі обладнання та ін., звідки призначаються управляючі заходи, обчислюються терміни наступного обслуговування.

Реалізація цих функцій здійснюється за допомогою інтеграції з системами вищого рівня управління основними фондами (ERP – Enterprise Resource Planning) [8].