Криворізький національний університет

Кафедра охорони праці та цивільної безпеки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Тема: «**Розробка рекомендацій для підвищення безпеки експлуатації рухомого складу на кар'єрі ПАТ ПівнГЗК**»

Виконав зво групи ЗЦБ-20
НОСОВ Олександр
Керівник
Професор ШВАГЕР Наталія

Кривий Ріг
2024

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра охорони праці та цивільної безпеки
спеціальність 263 «Цивільна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. каф. _____
«___» _____ 2024 р

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Здобувачу Носову Олександру Сергійовичу Група ЗЦБ-20

1. Тема випускної роботи: **«Розробка рекомендацій для підвищення безпеки експлуатації рухомого складу на кар'єрі ПАТ ПівнГЗК»**
2. Вихідні данні: інформація зі звітів підприємства та нормативної документації щодо методології забезпечення безвідмовності, готовності, ремонтопридатності та безпеки рухомого складу.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:
графічні схеми, залежності, рисунки відповідно до результатів проведення досліджень і встановлених висновків

4. Етапи виконання випускної роботи

№ з/п	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1,2	3,4,5,6	7,8,9	10,11,12,13	14	15
1	Розділ 1	+					
2	Розділ 2		+				
3	Розділ 3			+			
4	Розділ 4				+		
5.	Висновки				+		
6.	Підготовка до захисту та захист роботи				+	+	+

5. Дата видачі завдання «____» _____20___р.

Керівник _____ _____
(підпис) (посада, прізвище)

Консультанти:

Найменування частини	Підпис	Консультант (*посада, прізвище, ініціали*)
РОЗДІЛ 1		*проф. Швагер Н.Ю.*
РОЗДІЛ 2		*проф. Швагер Н.Ю.*
РОЗДІЛ 3		*проф. Швагер Н.Ю.*
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ		*проф. Швагер Н.Ю.*

Календарний план виконання роботи

№	Назва етапів магістерської випускної роботи	Термін виконання	Примітка виконання
1	Співбесіда зі здобувачем за темою роботи, видача переліку рекомендованої нормативної, наукової літератури		
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу, уточнення завдань кваліфікаційної роботи		
3	Підготовка 1 розділу кваліфікаційної роботи та подання його керівникові на перевірку		
4	Підготовка 2 розділу кваліфікаційної роботи та подання його керівникові на перевірку		
5	Підготовка 3 розділу кваліфікаційної роботи та подання його керівникові на перевірку		
6	Підготовка 4 розділу «Оцінка ефективності запропонованих рекомендацій» та подання його консультанту від кафедри ОПЦБ		
7	Підготовка висновків		
8	Перевірка роботи керівником		
9	Отримання відгуку керівника та рецензії		
10	Захист роботи у ДЕК		

Завдання видав:
керівник кваліфікаційної роботи
:_____
науковий ступінь, вчене звання, прізвище і ініціали керівника роботи

Завдання отримав:
Здобувач вищої освіти _____
прізвище і ініціали здобувача

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВЖЦ - вартість життєвого циклу .

РПБ - рівень повноти безпеки.

ВЗП - відмови із загальної причини.

ДРР - допустимі рівні ризику .

ІО - інтенсивність відмов.

ТО – технічне обслуговування.

ВЖЦ – вартість життєвого циклу.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить: 55 сторінок; 3 рисунків; 3 таблиці; 18 літературних джерел.

Тема дослідження кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в розробці рекомендацій щодо підвищення безпеки експлуатації рухомого складу .

Мета роботи полягає у є визначенні закономірностей життєвого циклу рухомого складу за умови забезпечення високого рівня надійності технічних засобів та необхідного рівня безпеки перевізного процесу.

У роботі було встановлено, що управління життєвим циклом має здійснюватися на підставі результатів поточної та інтегральної оцінок експлуатаційних показників надійності та безпеки технічних засобів з урахуванням людського фактору (його кількісного впливу на надійність та безпеку, а також впровадження системи підготовки та перепідготовки персоналу).

Подальші наукові дослідження в цій області потребують застосування комплексного підходу до управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу рухомого складу з використанням методології забезпечення безвідмовності, готовності, ремонтопридатності та безпеки (RAMS), відповідно до IEC 62278, а також національних стандартів.

Одним із подальших напрямків дослідження є прогнозування кількості передбачуваних відмов обладнання з урахуванням заданого обсягу виконаної роботи та помилок персоналу.

Методи досліджень: аналітичний, статистичний, застосування системного підходу для оцінки безпеки праці, соціально-економічний.

Ключові слова: НАДІЙНІСТЬ, БЕЗПЕКА, РИЗИК, БЕЗВІДМОВНІСТЬ, ПЕРСОНАЛ, ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ, ТРАВМАТИЗМ, ЗОВНІШНІ ФАКТОРИ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ……4

РЕФЕРАТ…….. 5

ВСТУП…….. 7

РОЗДІЛ 1 ..……... 9

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1 ……24

РОЗДІЛ 2 …….. 26

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2 ……..39

РОЗДІЛ 3 …….…...40

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3 ……..49

РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ …….... 50

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…… 55

ЛІТЕРАТУРА……...57

					КНУ.КР.20.263.03.68су			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Носов О.С.			Розробка рекомендацій для підвищення безпеки експлуатації рухомого складу на кар'єрі ПАТ ПівнГЗК	Літ.	Аркуш	Акрушів
Перевірив		Швагер Н.Ю.					6	58
						ЗЦБ - 20		
Н. Контр.								
Затвердив		Лапшин О.Є						

ВСТУП

Залізничний транспорт грає виключно важливу роль у розвитку економіки будь-якої держави, оскільки, здійснюючи перевезення вантажів відповідно до потреб суспільства, він забезпечує нормальне функціонування та розвиток усіх галузей виробництва, регіонів країни та окремих підприємств.

Основною умовою роботи залізничного транспорту є те, що його повсякденна діяльність в області забезпечення безпеки потребує спільних дій усіх учасників транспортного процесу – відправників, перевізників та одержувачів вантажів. Залізничний транспорт є однією з найбільших галузей господарства та основною ланкою виробничої та соціальної інфраструктури. Також він є одним із найбільш затребуваних у галузі вантажних перевезень. Однак це зовсім не означає, що його робота бездоганна. Робота на залізничному транспорті небезпечна ризиком виникнення надзвичайних ситуацій з великою кількістю постраждалих, значними матеріальними збитками та настанням несприятливих екологічних наслідків.

В стратегії технічного розвитку підприємства на період до 2025 року визначено орієнтири інноваційного розвитку. Одним з таких орієнтирів є вимоги до безвідмовності, експлуатаційної готовності, ремонтопридатності та безпеки рухомого складу.

Передбачається підвищення коефіцієнта експлуатаційної готовності до 0,98, зниження трудомісткості поточного та середнього ремонтів до 50%, збільшення міжремонтних пробігів у 2-3 рази, пробігу між технічними обслуговуваннями у 3-10 разів. Значне зростання цін на матеріали останнім часом призводить до суттєвого збільшення собівартості ремонтів. Тому при збереженні величини річного фінансування ремонту обсяги робіт мають тенденцію до постійного зменшення. В результаті наростає протяжність ділянок колії та число інших об'єктів рухомого складу із простроченими ремонтами різного виду.

Сформовані умови, а також процеси зміни нормативної документації вимагають застосування комплексного управління надійністю, ризиками,

вартістю життєвого циклу на залізничному транспорті з використанням методології забезпечення безвідмовності, готовності, ремонтопридатності та безпеки (RAMS), відповідно до IEC 62278, а також державних стандартів та технічної документації [1].

Комплексне управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу на залізничному транспорті означає багато в чому зміну основних принципів діяльності:

− від оцінки ризиків на основі правил до оцінки ризиків на основі міркувань безпеки;

− від описових специфікацій вимог до специфікацій, орієнтованим на функції;

− від проектування систем за принципом «знизу вгору» до проектування по принципом «згори до низу»;

− від технічного підходу до підходу на основі цілісного, системно орієнтованого погляду.

Застосування комплексного управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу рухомого складу дозволить:

1) кількісно оцінювати виробничу діяльність підприємства з урахуванням відмов та організації технічного обслуговування та експлуатації;

2) контролювати та зіставляти діяльність структурних підрозділів у рамках підприємства на підставі показників, що враховують характеристики структурних підрозділів та їх виробничу діяльність;

3) прогнозувати кількість передбачуваних відмов з урахуванням заданого обсягу виконаної роботи;

4) оцінювати реальні втрати залежно від надійності технічних засобів;

5) оперативно вирішувати питання щодо забезпечення безпеки процесу перевезення вантажів.

РОЗДІЛ 1

КОМПЛЕКСНЕ УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ, РИЗИКАМИ, ВАРТІСТЮ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ РУХОМОГО СКЛАДУ

Комплексне управління надійністю, ризиками, безпекою та вартістю життєвого циклу на залізничному транспорті є технологією, що сприяє підвищенню безпеки робіт та персоналу підприємства. Ця технологія характеризуються декількома компонентами, а саме:

− елементи;

− фактори, що впливають на надійність та безпеку об'єктів рухомого складу, а також засоби досягнення надійності та безпеки;

− ризик та повнота безпеки;

− вартість життєвого циклу (ВЖЦ) (рис.1.1).

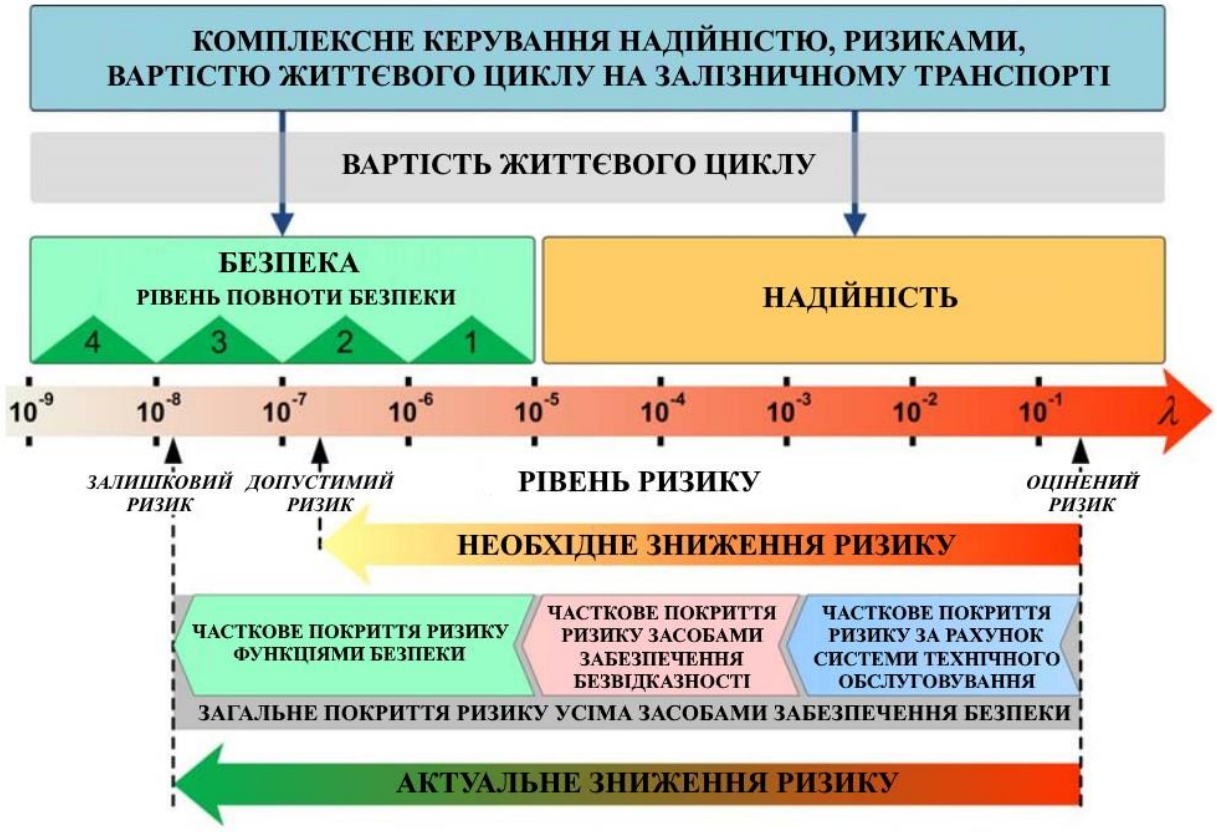

Рис. 1.1 – Основні компоненти комплексного управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу на залізничному транспорті

Надійність та безпека є характеристиками тривалої роботи системи та досягаються за допомогою застосування існуючих інженерних понять,

методів, засобів та технологій протягом життєвого циклу системи. Надійність та безпека системи може бути охарактеризована як якісними, так і кількісними показниками рівня даної системи або підсистем та компонентів, що складають цю систему, на які можна покладатися, що вони функціонують належним чином, а також готові до експлуатації та безпечні [1,2].

Комплексне управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу на залізничному транспорті призначено для реалізації таких основних задач (див. рисунок 1.2):

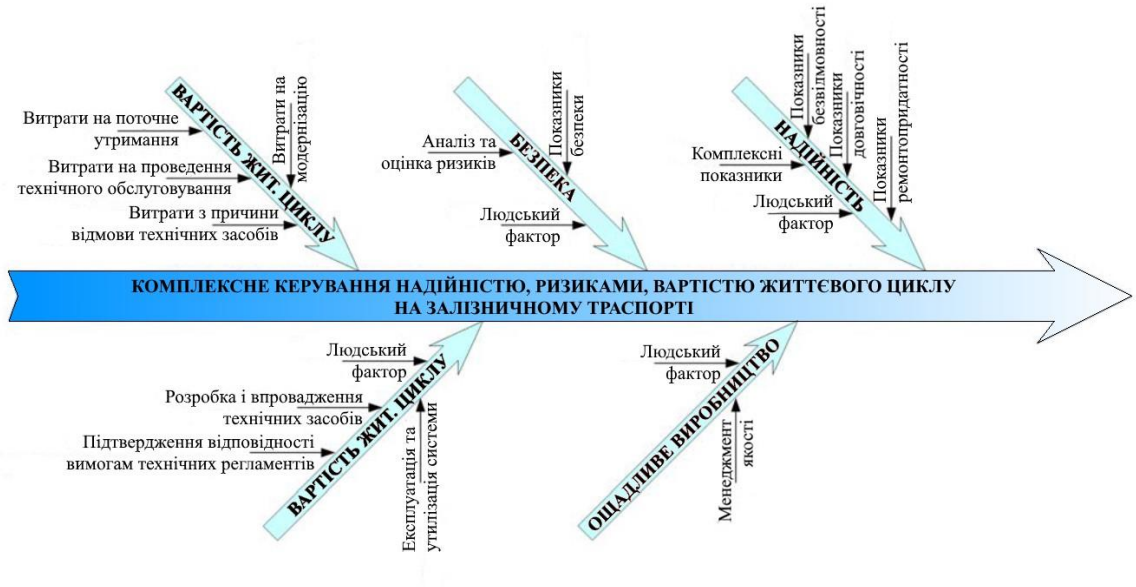

Рис. 1.2 – Комплексне управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу на залізничному транспорті

Комплексне управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу обладнання описує ступінь довіри, з якою система може гарантувати досягнення цієї мети. Ця технологія надає очевидний вплив на якість послуг, та безпеку персоналу (табл.1.1).

Досягнення цілей безпеки та надійності в процесі експлуатації можливе лише за відповідністю всім вимогам безвідмовності, ремонтопридатності та довговічності, при здійсненні контролю поточної та довгострокової діяльності, діяльності пов'язаної з технічним обслуговуванням та експлуатацією, навчанням персоналу [1].

Таблиця 1.1 – Оцінка деяких факторів виробничого і трудового процесу машиніста електровоза

Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, ГДК)	Фактичне значення
Робоча поза (%)	до 40%	Вимушена робоча поза протягом 75% часу поїздки (III (2)
Напруженість праці		
Увага:		
тривалість зосередження (% до тривалості зміни)	до 25 %	79% (III (2)
частота сигналів у середньому на годину	< 75	254 (III (2)
Напруженість аналізаторних функцій:		
зору (категорія зорових робіт за ДБН В.2.5-28-2006), кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження)	Точна (<25% за зміну) <5	>75% (III (2) > 25 (III (2)
слуху (за виробничої потреби сприйняття мови або диференціювання сигналів)	> 90%	70-90% (допустимий)
Емоційна та інтелектуальна напруженість		Діяльність, що вимагає вирішення складних завдань, особисте керівництво у складних ситуаціях. Сприймання сигналів з подальшою комплексною оцінкою взаємопов'язаних параметрів. Комплексна оцінка усієї виробничої діяльності. Робота в умовах дефіциту часу та інформації з підвищеною відповідальністю за кінцевий результат (III (2)
Одноманітність:		
кількість елементів у багаторазово повторюваних операціях	> 10	6-7 простих елементів (III (1)
тривалість виконання (сек)	> 20 сек	> 25 сек (оптимальні)
час стеження за ходом виробничого процесу без активних дій (% до тривалості зміни)	до 75%	> 90% (III (2)
Змінність	Однозмінна робота без нічної зміни	робота за графіком з роботою у нічну зміну (III (3)

Взаємозв'язок між надійністю, безпекою та вартістю життєвого циклу рухомого складу представлена на рис. 1.3.

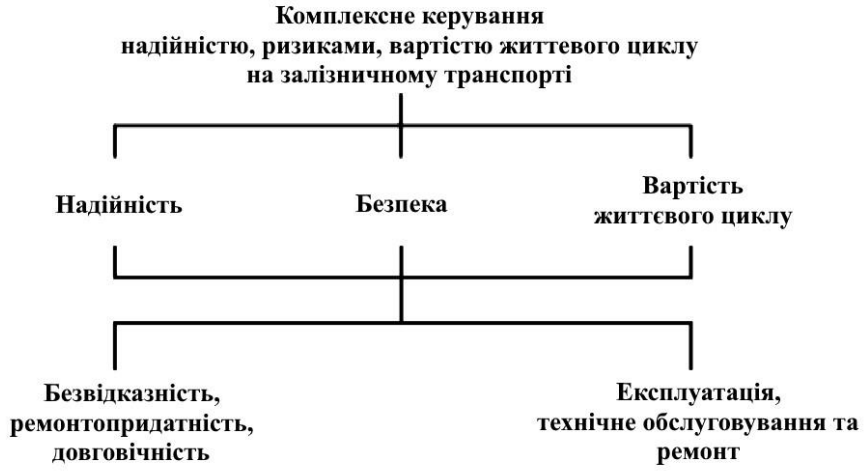

Рис. 1.3 – Взаємозв'язок елементів

Безпека системи залежить від ремонтопридатності рухомого складу з погляду простоти виконання технічного обслуговування видів відмов пов'язаних з безпекою, часу відновлення системи у безпечному режимі тощо, а також засобів технічного обслуговування системи з точки зору ефективних правил технічного обслуговування для відновлення системи у безпечному режимі [3].

Технічне розуміння надійності ґрунтується на знанні [3.5]:

а) безвідмовності з погляду:

− всіх можливих видів системних відмов залежно від особливостей застосування та зовнішнього середовища;

− ймовірності виникнення кожної відмови або, як альтернатива, інтенсивності виникнення кожної відмови;

− впливу відмови на функціональні можливості системи;

б) ремонтопридатності з погляду:

− часу виконання запланованого технічного обслуговування;

− часу виявлення, розпізнавання та локалізації несправностей;

− часу відновлення системи, що відмовила (позапланове технічне обслуговування);

в) довговічності з погляду:

− критеріїв граничного стану системи;

− середнього терміну служби системи;

г) експлуатації та технічного обслуговування з погляду:

− всіх можливих режимів експлуатації та необхідності технічного обслуговування у процесі життєвого циклу системи;

− питань людського фактору.

Технічне розуміння безпеки ґрунтується на знанні[9,10]:

а) всіх можливих небезпечних ситуацій у системі при всіх режимах експлуатації, технічного обслуговування та зовнішнього середовища;

б) характеристики кожної небезпечної ситуації з урахуванням тяжкості наслідків;

в) безпеки та відмов, пов'язаних з безпекою з точки зору:

− всіх видів системних відмов, які можуть призвести до небезпечної ситуації (види відмов, пов'язані з безпекою). Це підмножина всіх видів відмов, що належать до безвідмовності);

− ймовірністю виникнення кожного виду системної відмови, пов'язаної з безпекою;

− послідовності та/або збігу подій, відмов, експлуатаційних станів, умов середовища та ін. у процесі застосування, які можуть призвести до аварії (тобто до небезпечної ситуації, що призводить до аварії);

− ймовірності виникнення кожної з подій, відмов, експлуатаційних станів, умов середовища та ін. у процесі застосування;

г) ремонтопридатності частин системи, пов'язаних з безпекою, з точки зору:

− зручності проведення технічного обслуговування тих сторін, частин або компонентів системи, які пов'язані з небезпечними ситуаціями або видами відмов, пов'язаних із безпекою;

− ймовірності виникнення помилок під час проведення технічного обслуговування частин системи, пов'язаних із безпекою;

− часу відновлення системи до стану, що відповідає правилам безпеки;

д) експлуатація та технічне обслуговування частин системи, пов'язаних з безпекою, з погляду:

− впливу людського фактору на ефективність технічного обслуговування всіх частин системи, пов'язаних з безпекою, та безпечну експлуатацію системи;

− застосування засобів, обладнання та заходів для ефективного технічного обслуговування частин системи, пов'язаних з безпекою, а також для безпечної експлуатації;

− ефективного контролю та заходів для усунення небезпечної ситуації та зменшення її наслідків.

Індикатори безвідмовної роботи

Безвідмовність – властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом деякого часу або напрацювання [3].

До факторів, що істотно впливають на безвідмовність обладнання, входять:

1) період використання

2) умови застосування.

Імовірність безвідмовної роботи – ймовірність того, що в межах заданого напрацювання відмова об'єкта не виникне.

Відповідно до визначення ймовірність безвідмовної роботи можна представити в наступному вигляді:

$$P(x) = P(X > x),$$

де: X - напрацювання елемента від його включення до першої відмови;

x – напрацювання, у процесі якого визначається можливість безвідмовної роботи.

Імовірність відмови - ймовірність того, що об'єкт відмовить хоча б один раз у період заданого напрацювання, будучи працездатним у початковий момент часу [5]. Відмова та безвідмовна робота є подіями несумісними і протилежними, тому:

$$Q(x) = P(X \le x),\ Q(x) = 1 - P(x)$$

Показники довговічності.

Довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування та ремонту [9].

Граничний стан – стан об'єкта, у якому його подальша експлуатація неприпустима чи недоцільна, чи відновлення його працездатного стану неможливо чи недоцільно. Обладнання може перейти в граничний стан, залишаючись працездатним, якщо, наприклад, його подальше застосування за призначенням стане неприпустимим вимогам безпеки, економічності та ефективності.

Об'єкт може перейти в граничний стан, залишаючись працездатним, якщо, наприклад, його подальше застосування за призначенням стане неприпустимим за вимогами безпеки, економічності та ефективності. До застосовуваних для систем залізничного транспорту відносяться наступні показники довговічності (таб. 1.2) [11].

Таблиця 1.2. - Показники довговічності

Показник	Позначення	Розмірність
Гамма-відсотковий термін служби	γ	%
Середній термін служби	$T_{служби}$	час

Гамма-відсотковий термін служби – календарна тривалість експлуатації, протягом якої об'єкт не досягне граничного стану з ймовірністю γ, вираженої у відсотках.

Показники ремонтопридатності

Ремонтопридатність є функцією пов'язаною з проектуванням та повинна бути розроблена протягом наступних етапів життєвого циклу: вихідного проектного рішення, опису та розробки. Забезпечення ремонтопридатності здійснюється з наступних причин:

• досягти простоти технічного обслуговування за допомогою проектного рішення, що знижує тривалість та вартість технічного обслуговування;

• оцінити час вимушеного простою системи та простою внаслідок технічного обслуговування;

• оцінити трудові, тимчасові та інші ресурси для належної експлуатації.

До застосовуваних для систем залізничного транспорту відносяться наступні показники ремонтопридатності: середній час простою, середнє напрацювання між плановими видами технічного обслуговування, обсяг виконаної роботи, середній час до відновлення [11,12].

Безвідмовність та ремонтопридатність визначають готовність систем та обладнання.

Коефіцієнт готовності - ймовірність того, що об'єкт опиниться в працездатному стані у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких застосування об'єкта за призначенням не передбачається.

Коефіцієнт готовності визначається таким чином (IEC 62278):

$$K_{\Gamma} = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + t_{\Pi}}$$

де: *Tcp* - середнє напрацювання на відмову (час);

t_{Π} – сумарний час вимушеного простою.

Часи t_P та t_{Π} обчислюються за формулами:

$$t_{\Pi} = \sum_{i=1}^{r} t_{\Pi_i}$$

де: $t_{\Pi i}$– час вимушеного простою після і-го відмови;

r – кількість відмов (ремонтів) виробу.

Готовність бере до уваги те, що реакція технічного обслуговування не є миттєвою, а враховує проблеми матеріально-технічного забезпечення пов'язані з ремонтом.

Показники безпеки

Аналіз безпеки має відношення до категорій та рівнів серйозності небезпечних подій, які можуть виникнути у системі. Ідентифікація небезпеки є першим кроком під час аналізу безпеки. Адміністративний орган підприємства відповідного рівня та повноважень у своїй зоні відповідальності визначає критерії небезпечних відмов об'єктів на основі оцінки ризиків [9,10].

До застосовуваних для систем залізничного транспорту відносяться наступні показники безпеки (табл. 1.3):

Таблиця 1.3. - Показники безпеки

Показник	Позначення	Розмірність
Імовірність безпечної роботи	$P_{Б}(x)$	Безрозмірна
Імовірність небезпечної відмови	$Q_{ОП}(x)$	Безрозмірна

Середнє напрацювання до небезпечної відмови	$X_{Б_1}$	Обсяг виконаної роботи (Час)
Середнє напрацювання на небезпечну відмову	$X_{Б}$	Обсяг виконаної роботи (Час)
Інтенсивність небезпечних відмов	$\lambda_{ОП}$	Відмови/обсяг виробленої роботи (час)
Час повернення до безпечного стану	$T_{ВБ}$	Час

Імовірність безпечної роботи – ймовірність того, що в межах заданого напрацювання небезпечної відмови об'єкта не виникне. Небезпечні відмови об'єктів рухомого складу виникають на кілька порядків рідше відмов складових його технічних засобів.

Чинники, що впливають на надійність та безпеку об'єкта

На надійність та безпеку об'єкта залізничного транспорту впливають трьома способами: через джерела відмов, що відбуваються всередині об'єкта на будь-якому етапі життєвого циклу (системні умови), через джерела відмов, що виникають під час експлуатації об'єкта (умови експлуатації), через джерела відмов, що виникають в об'єкті під час проведення технічного обслуговування (умови технічного обслуговування) (рис. 1.4).

Малюнок 1.4 включає деякі загальні фактори, що впливають на надійність та безпеку залізничного транспорту. Цей малюнок також показує взаємозв'язок між цими чинниками. Для того щоб виявити докладні фактори, що впливають на надійність та безпеку рухомого складу, кожен загальний фактор впливу слід розглядати у контексті певного об'єкта [12,13].

Адміністративний орган підприємства у своїй зоні відповідальності має визначити неприпустимі фактори. Будь-який допустимий фактор загального характеру має бути оцінено, а детально описані фактори впливу, які є специфічними в даному застосування, повинні бути систематично встановлені. Під час проведення цієї оцінки слід враховувати питання

людського фактору, що є основним аспектом в комплексному процесі управління надійністю та безпекою рухомого складу.

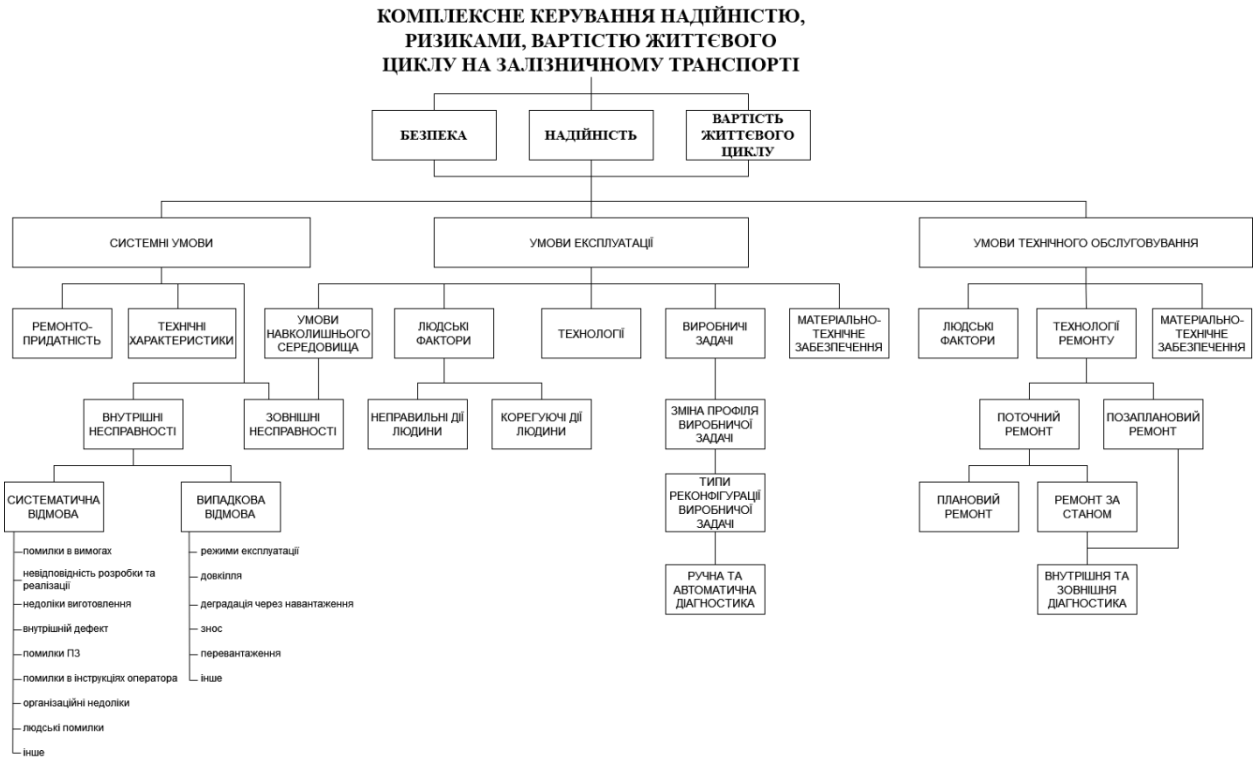

Рис. 1.4. Фактори, що впливають на надійність та безпеку рухомого складу

Процес отримання детального опису факторів, що впливають, повинен бути забезпечений за допомогою двох переліків, що включають специфічні фактори для залізничного транспорту та людські фактори, як альтернативне уявлення (рис. 1.4).

Фактори залізничного транспорту:

а) Експлуатація об'єкта:

− завдання, які має виконувати об'єкт та умови, за яких ці завдання виконуються;

− співіснування вантажу, персоналу та систем у рамках умов експлуатації;

− вимоги до терміну служби об'єкта, включаючи вимоги до теоретичного строку служби об'єкта, інтенсивності руху та витрат протягом життєвого циклу об'єкта.

б) Зовнішнє середовище:

− фізичне середовище;

− високий рівень інтеграції залізничних систем до навколишнього середовища;

− обмежена можливість для перевірки завершених систем в умовах залізничного транспорту.

в) Умови застосування:

− тиск, що чиниться існуючою інфраструктурою та системами на новостворену систему;

− необхідність підтримки руху поїздів при виконанні завдань під час життєвого циклу

г) Умови експлуатації:

− умови встановлені на залізничних коліях;

− умови технічного обслуговування на залізничних коліях;

− інтеграція існуючих систем та новостворених систем під час введення в експлуатацію та в процесі експлуатації.

д) Категорії відмов:

− вплив відмови на розподілену залізничну систему.

Людський фактор.

Людські чинники можна визначити як вплив на систему характерних особливостей, можливостей та поведінки людини. Дані фактори включають анатомічні, фізіологічні та психологічні сторони людей (табл. 1.4 та рис. 1.5). Поняття при описі людських факторів використовуються для того, щоб дати можливість людям виконувати роботу раціонально та ефективно, з належною увагою до потреб людини у таких питаннях, як здоров'я, безпека та отримання задоволення від роботи [8].

Таблиця 1.4. - Чинники, що впливають на продуктивність людини

Фізичні фактори	Антропометрія	•Основне розміщення у виробничому середовищі
	Умови праці	•Фізичні умови, такі як температура, вологість, освітленість, шум
	Конструкція «людино-машинного інтерфейсу»	•Розташування та розміщення

		•Зручність та простота використання • Якість зворотного зв'язку
Персональні фактори	Індивідуальні	• Стан здоров'я • Емоційна напруга • Вік, стать
	Залежні	• Втома • Навички • Досвід • Мотивація • Техніка безпеки
Організаційні фактори	Фактори, що мають відношення до персоналу	•Планування графіка чергувань • Керівництво • Освіта • Кваліфікація • Соціальні аспекти • Культура безпеки
	Стандартні фактори	Стандарти • Правила та керівні вказівки • Постановка задачі

Безперечно, потенційний вплив людей на надійність та безпеку залізничного об'єкта величезне. Отже, досягнення надійності та безпеки залізничного транспорту вимагає більш суворого контролю за людським фактором протягом усього життєвого циклу системи.

Слід виходити з того, що люди мають здатність позитивно впливати на надійність та безпеку рухомого складу. Для досягнення цієї мети слід визначити спосіб, в який людські чинники можуть впливати на надійність та безпеку залізничного транспорту та керувати ними протягом усього життєвого циклу. Цей аналіз повинен включати можливий вплив людських факторів на надійність та безпеку залізничного транспорту на етапах проектування та розробки системи.

Отримання детального опису факторів людського впливу має включати на розгляд кожен із перерахованих людських факторів, але не обмежуватися цим. Слід зазначити, що перелік, поданий нижче, не є вичерпним і має бути приведений у відповідність з областю та метою застосування.

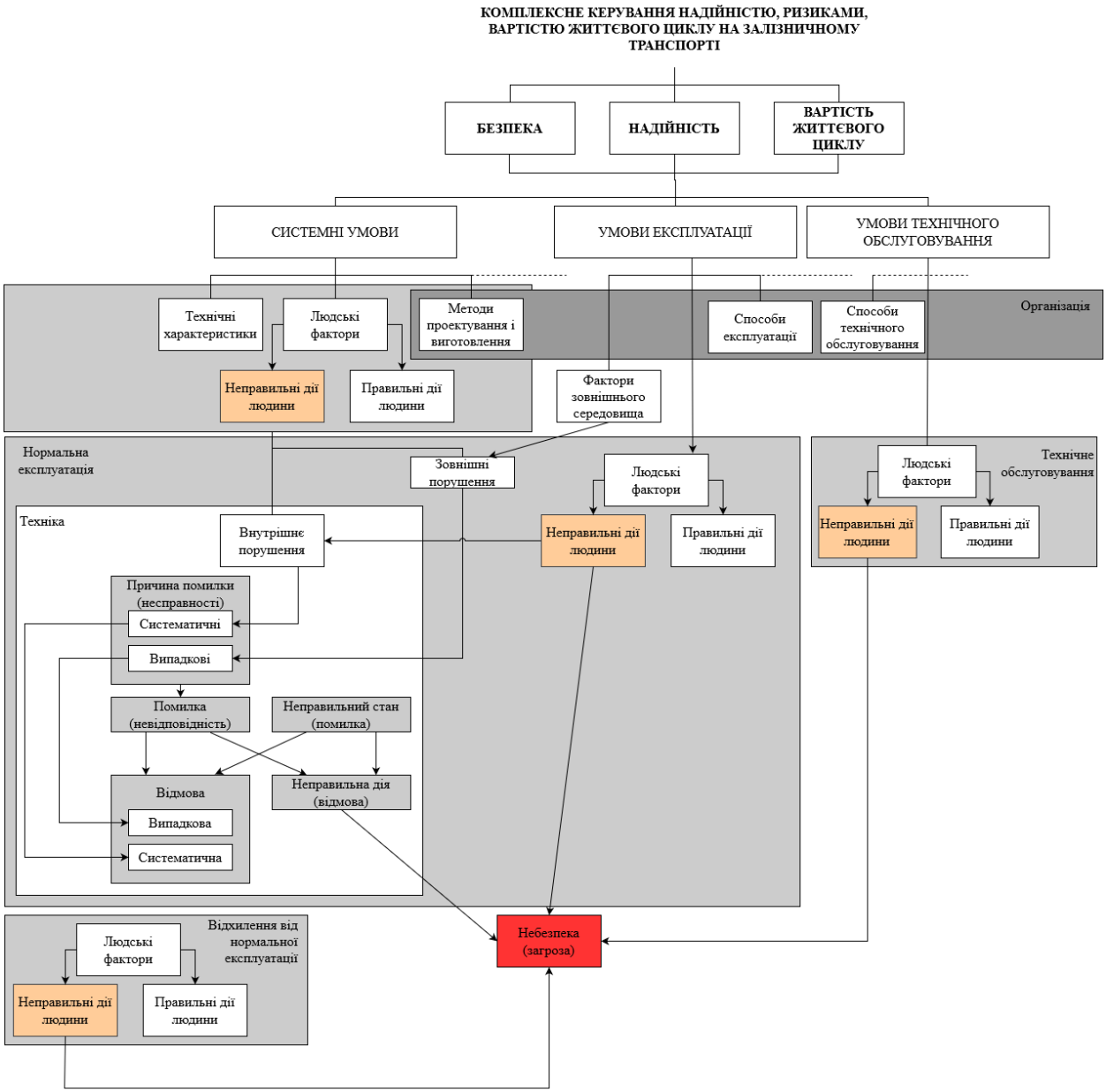

Рис. 1.5 – Вплив технічних та людських факторів на надійність та безпеку залізничного транспорту.

а) Розподіл системних функцій між людиною та машиною.

б) Вплив на продуктивність людини у межах системи:

– інтерфейсу «людина-система»;

– довкілля, включаючи фізичне середовище та ергономічні вимоги;

– робочих моделей людини;

– компетентності людини;

– планування завдань для людини;

– співробітництва між людьми;

− процесу зворотного зв'язку між людьми

− проблем, що виникають при впровадженні нових технологій.

в) Вимоги до системи на підставі:

− компетенції людини;

− підтримки мотивації та прагнень людини;

− зменшення впливу змін у поведінці людини;

− заходів безпеки під час експлуатації;

− часу реакції людини та наявного простору.

г) Вимоги до системи на підставі здатності людини обробляти інформацію, включаючи:

− взаємодія «людина-машина»;

− щільність передачі інформації;

− швидкість передачі інформації;

− якість інформації;

− реакцію людини на нестандартні ситуації;

− навчання людини;

− стимулювання процесу прийняття рішення людиною;

− інші фактори, що входять у навантаження для людини.

д) Вплив на систему факторів інтерфейсу "людина-система", включаючи:

− розробку та застосування інтерфейсу «людина-система»;

− вплив помилки людини;

− вплив умисного порушення правила людиною;

− участь та втручання людини в систему;

− контроль та корекція системи людиною;

− сприйняття ризику людиною;

− участь людини у критичних областях системи;

− здатність людини прогнозувати проблеми в системі.

е) Людські фактори при проектуванні та розробці системи, включаючи:

− компетенцію людини;

− незалежність людини при проектуванні;

− участь людини у процесі верифікації та валідації;

− інтерфейс між людиною та автоматизованими інструментальними засобами;

− дії щодо систематичного запобігання відмовам.

Для отримання детального опису факторів рекомендовано діаграмний метод, наприклад, застосування діаграм причина/наслідок (Діаграма Ішікави— відома як діаграма «риб'ячої кістки»). Приклад найбільш спрощеної діаграми причина/наслідок представлений малюнку 1.6.

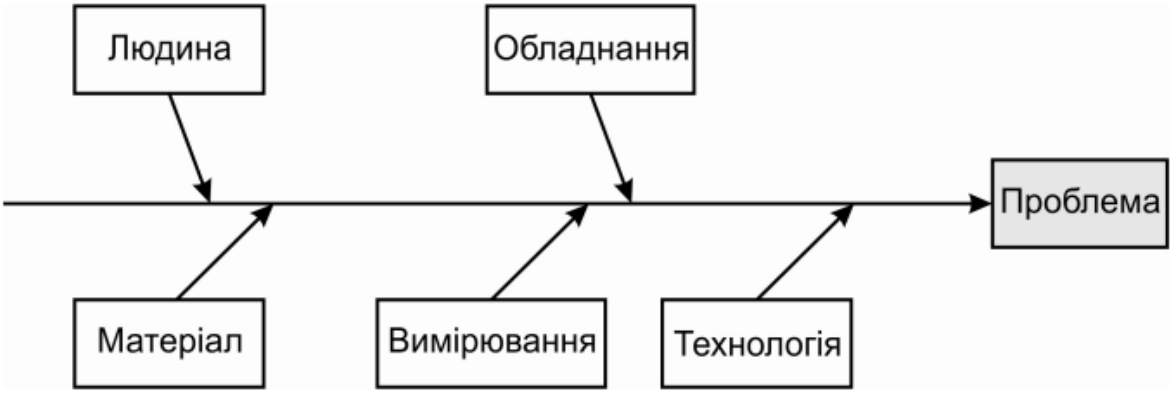

Рис. 1.6. Приклад діаграми причина/наслідок

Можливий вплив будь-якого фактору на надійність і безпеку рухомого складу, що розглядається, повинен оцінюватися з врахуванням рівня даного об'єкта. Така оцінка має містити розгляд впливу кожного фактору на кожному етапі життєвого циклу і має відповідати рівню аналізованого об'єкта. Оцінка має враховувати взаємозв'язки факторів, що впливають. Щодо людських факторів оцінка має також розглядати вплив кожного фактору відповідно інших факторів.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1

Таким чином можна зробити висновки що застосування комплексного управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу рухомого складу дозволить вирішити наступні задачі:

−управління експлуатаційною роботою компанії за допомогою системи показників надійності, виражених в одиницях вимірювання обсягу виконаної роботи кожним підрозділом підприємства;

−прийняття управлінських рішень з експлуатації інфраструктури та рухомого складу підприємства має проводитися на основі оцінки ризиків на всіх етапах життєвого циклу;

−в основу управління безпекою роботи з рухомим складом покладено наступні постулати:

а)абсолютної безпеки не існує – після вживання захисних заходів завжди залишається певний залишковий ризик;

б)безпека досягається шляхом зменшення ризику до допустимого рівня. Залишковий ризик не повинен бути вищим за допустимий рівень;

в) допустимий рівень ризику оцінюється та коригується на всіх етапах життєвого циклу;

− при управлінні економічними ризиками виробничої діяльності підприємства слід керуватися принципом ALARP – настільки низький рівень залишкового ризику, наскільки це розумною мірою можливо, виходячи з ресурсів підприємства;

− щодо ризиків, пов'язаних із життям та здоров'ям людей, слід при впровадженні захисних заходів віддавати їм пріоритет у порівнянні з комерційними інтересами підприємства;

− управління вартістю життєвого циклу має здійснюватися на підставі результатів поточної та інтегральної оцінок експлуатаційних показників надійності та безпеки технічних засобів з урахуванням людського фактору

(його кількісного впливу на надійність та безпеку, а також впровадження системи підготовки та перепідготовки персоналу);

− всі процедури прийняття управлінських та інших рішень в експлуатаційній роботі підприємства на всіх етапах життєвого циклу обладнання мають здійснюватися відповідно до вимог нормативних документів, що розробляються у межах цього напряму;

Оскільки йдеться про нові або змінені підходи до процедур, запровадження таких відразу ж веде до витрат. З іншого боку, з'являються потенційні можливості вдосконалення та економії, що може бути доведено наступним:

1) Цілісний, орієнтований на ризики підхід до розгляду проблем полегшує запровадження нових методів роботи та технологічних нововведень.

2) Послідовне здійснення управління показниками надійності та безпеки знижує ризики у процесі проектування, оскільки дозволяє виявляти проблеми у більш ранні терміни.

3) Завдяки уніфікованій структурованій документації створюється можливість повторного застосування та приймання на основі доказів безпеки виробів різних виробників

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКУ ПРИ РОБОТІ РУХОМОГО СКЛАДУ

Поняття ризику включає два елементи:

− ймовірність виникнення події чи поєднання подій, які ведуть до небезпеки чи частота виникнення таких подій;

− наслідки небезпеки.

Щодо проблеми забезпечення безпеки на залізничному транспорті такою подією може бути погіршення здоров'я або смерть людини, аварія або катастрофа технічної системи або пристрою, забруднення або руйнація екологічної системи, загибель групи людей, матеріальні збитки від небезпек, що реалізувалися, або збільшення витрат на безпеку [6,7].

Кожна небажана подія може виникнути по відношенню до певної жертви – об'єкта ризику (рис. 2.1). Співвідношення об'єктів ризику та небажаних подій дозволяє розрізняти індивідуальний, технічний, екологічний, соціальний та економічний ризики.

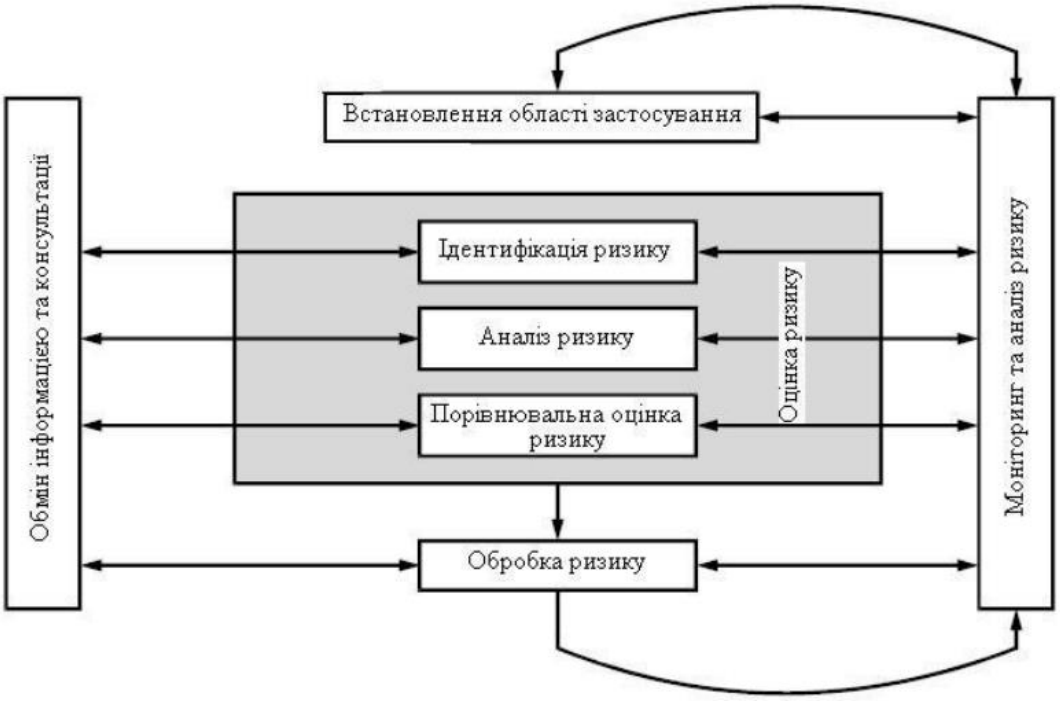

Рис. 2.1. Вхідні дані процесу загальної оцінки ризику

На процес зародження та розвитку ризику впливає різноманіття факторів та умов, характерних для залізничної системи. Можна виділити цілу низку причин ризику:

-відмови в роботі вузлів та обладнання внаслідок їх конструктивних недоліків, поганого технічного виготовлення чи порушення правил технічного обслуговування;

-відхилення від нормальних умов експлуатації; помилки персоналу;

-зовнішні впливи та ін.

Внаслідок можливості виникнення зазначених причин небезпечні промислові об'єкти постійно перебувають у нестійкому стані, яке стосовно безпеки виробництва стає особливо критичним при виникнення аварійних ситуацій на підприємстві [6,7].

Ризик виникає за таких необхідних і достатніх умов:

− існування фактору ризику (джерела небезпеки);

− присутність даного фактору ризику у певній, небезпечній (або шкідливій) для об'єктів впливу дози;

− схильність (чутливість) об'єктів впливу до факторів небезпек.

Ризик є неминучим, супутнім виробничим фактором діяльності. Ризик об'єктивний, для нього характерні несподіванка, раптовість настання, що передбачає прогноз ризику, його аналіз, оцінку та управління – ряд дій щодо недопущення факторів ризику або послаблення впливу небезпеки (рис. 2.2).

Рис.2.2. Структура ризику.

Аналіз ризику.

При розробці проблем ризику та забезпеченні безпеки технічних систем найпильніша увага приділяється системному підходу до обліку та вивчення різноманітних чинників, які впливають на показники ризику, що має назву аналіз ризику.

Аналіз ризику є структурованим процесом, метою якого є визначення як імовірності, і розмірів несприятливих наслідків досліджуваної дії, об'єкта чи системи. Як несприятливі наслідки розглядається шкода, яку завдають людям, майну або навколишньому середовищу.

За допомогою аналізу ризику робляться спроби відповісти на три основні питання:

− що може вийти з ладу (ідентифікація небезпеки);

− з якою ймовірністю це може статися (аналіз частоти);

− які наслідки цієї події (аналіз наслідків).

Аналіз ризику – систематичне використання інформації визначення джерел та кількісної оцінки ризику (рис.2.3.) [14].

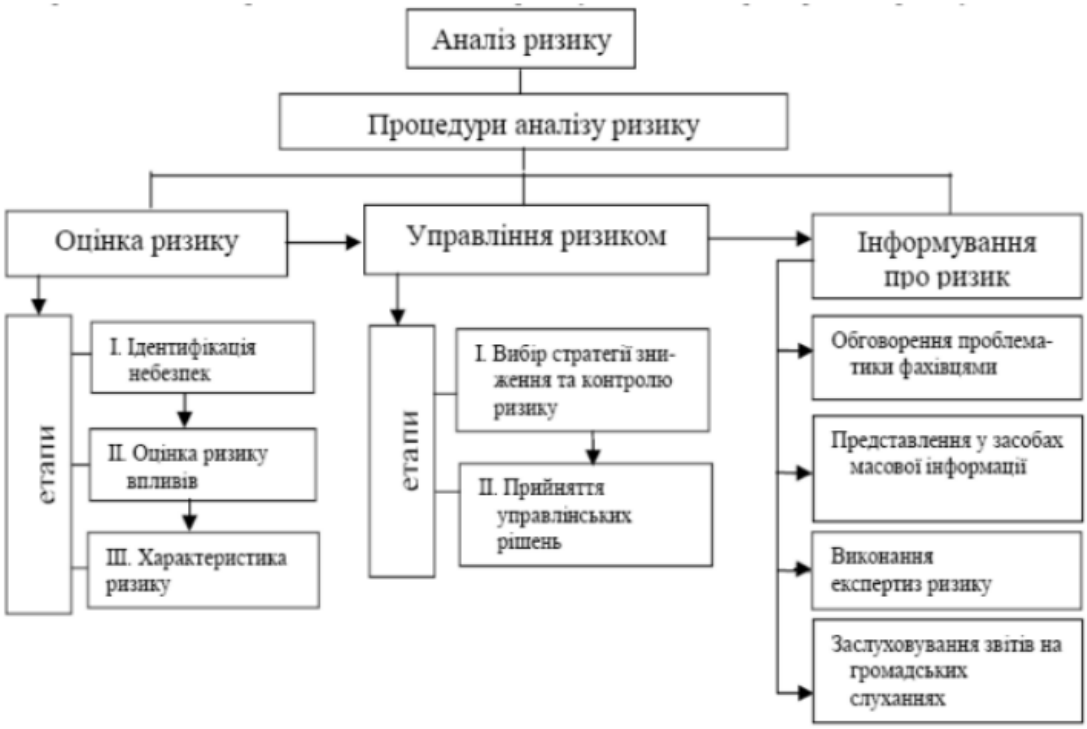

Рис.2.3. Процедури аналізу ризику

Відповідальність адміністративного органу підприємства полягає в наступному:

− навести характеристику системи (незалежно від технічної реалізації),

− ідентифікувати небезпеки, що належать до системи.

Ідентифікація небезпек передбачає систематичний аналіз продукту, процесу, системи чи зобов'язання визначити ті несприятливі умови (небезпеки), які можуть виникнути протягом життєвого циклу. Такі несприятливі умови можуть мати потенційну можливість нанести шкоду людині або навколишньому середовищу.

Систематична ідентифікація небезпек у загальному випадку включає два етапи:

− емпіричний етап (використання отриманого раніше досвіду, наприклад, опитувальних листів);

− творчий етап (профілактичне прогнозування, наприклад, мозкова атака, структуровані дослідження типу "що було б, якщо ...").

Небезпеки залежать від характеристики системи та особливо від кордонів системи, які дозволяють проводити ієрархічне структурування небезпек стосовно систем і підсистем. Це означає також, що ідентифікація небезпек та аналіз причин протягом розробки системи повинні проводитися неодноразово із різною глибиною деталізації.

З метою подальшого забезпечення концентрації зусиль з оцінки ризиків на найбільш значимих небезпеках, необхідно, в міру їх ідентифікації, упорядкувати виходячи з їх можливого ступеня ризику.

Усі ідентифіковані небезпеки та інша суттєва інформація повинні бути зафіксовані у журналі реєстрації небезпек.

Відповідальність адміністративного органу підприємства полягає в наступному:

− провести аналіз наслідків, тобто збитків,

− визначити критерії допустимості ризику,

− встановити допустимі рівні ризику (ДРР), та

− забезпечити допустимість результуючого ризику (стосовно відповідного критерію допустимості ризику).

Єдиною вимогою є те, що результуючі ДРР мають бути отримані з огляду на критерій допустимості ризику. Критерії допустимості ризику повинні бути визначені адміністративним органом підприємства з урахуванням вимог національного законодавства.

Методи аналізу повинні або

− явно оцінювати результуючий (індивідуальний) ризик, або

− отримувати ДРР із порівняння з технічними характеристиками існуючих систем або підтверджених норм технології, або за допомогою статистичних та аналітичних методів, або

− отримувати ДРР з альтернативних якісних підходів у тому випадку, якщо як результат вони визначають перелік небезпек та відповідні ДРР.

Цей підхід пропонує підприємству самостійність у визначенні небезпек та відповідних ДРР на будь-якому рівні, відповідно до їх специфічних потреб.

Контроль рівня ризику.

Контроль рівня ризику охоплює управління виконанням необхідних ДРР та пов'язаних функцій безпеки.

Контроль рівня ризику включає виконання причинного аналізу супроводжуваного деякою кількістю дій, які можуть бути підсумовані в наступному:

− у тому випадку, якщо не визначено ДРР, визначити припущення до безпеки та функції системи залежно від певних небезпек;

− у тому випадку, якщо визначено ДРР, визначити архітектуру системи та розподілити функції системи у межах архітектури (технічного рішення) з метою відповідності вимогам безпеки;

− визначити вимоги повноти безпеки для підсистем;

− сформувати специфікацію вимог безпеки;

− виконати аналіз системи/підсистеми на відповідність вимогам;

− ідентифікувати потенційно нові небезпеки виходячи з проекту системи/підсистеми в процесі проектування та верифікації, або, якщо нові потенційні небезпеки вимагають додаткових функціональних можливостей чи пом'якшення наслідків за межами системи/підсистеми, перенести потенційні небезпека назад для аналізу ризиків з метою подальшого розгляду;

− визначити вимоги до безвідмовності обладнання.

Процес контролю рівня небезпеки представлений на рис.2.4.

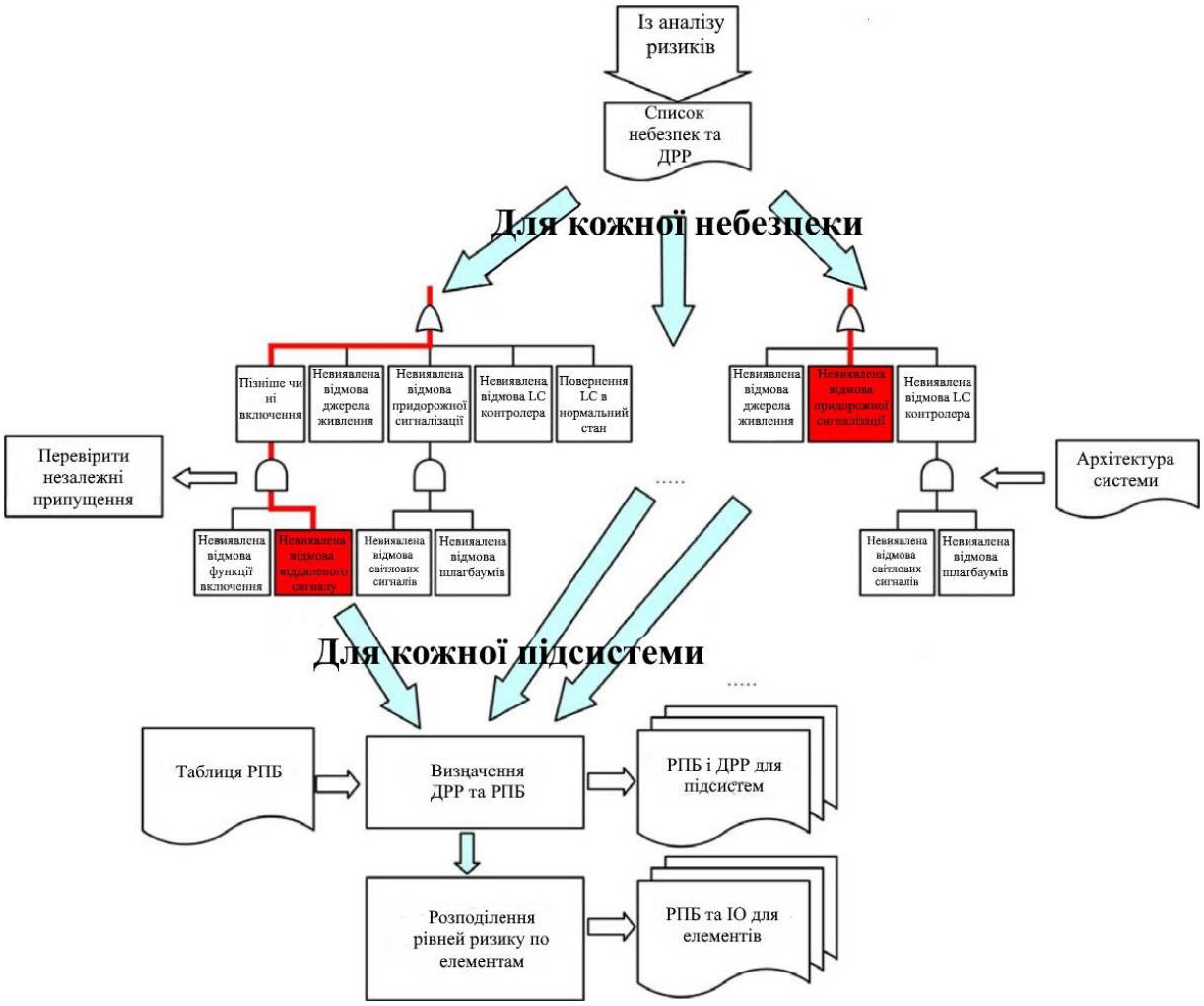

Рис. 2.4. Приклад контролю рівня небезпеки, де ІО (інтенсивність відмов).

Причинно-наслідковий аналіз.

Причинно-наслідковий аналіз складається з двох етапів [7,14].

На першому етапі причинно-наслідкового аналізу, ДРР для кожної небезпеки розподіляється на функціональному рівні (за функціями системи).

Потім ДРР для функції перетворюється на рівень повноти безпеки (РПБ) з допомогою таблиці РПБ.

Підсистема, тобто сукупність обладнання, може виконувати деяку кількість пов'язаних з безпекою функцій, кожна з яких може вимагати різні рівні повноти безпеки. Якщо це так, підсистема повинна задовольняти всім необхідним РПБ. Це може бути досягнуто, якщо кожна функція відповідає найвищому РПБ або якщо може бути надано підтвердження незалежності. В обох випадках має бути виконано аналіз відмови із загальної причини.

На другому етапі причинно-наслідкового аналізу, рівні ризику для підсистем розподіляються, призводячи до інтенсивних відмов обладнання, але на цьому фізичному рівні чи рівні реалізації РПБ залишаються незмінними.

Процес розподілу може бути виконаний будь-яким методом, який надає відповідне відображення комбінаційної логічної схеми, наприклад, блок-схема безвідмовності, дерев несправностей, бінарних діаграм рішень, марківські моделі та ін. У будь-якому випадку, особлива увага має бути приділена у тому випадку, коли незалежність елементів є необхідною. Якщо на першому етапі причинно-наслідкового аналізу необхідна функціональна незалежність (тобто, відмова функцій має бути незалежною по відношенню до систематичних та випадкових несправностей), фізичної незалежності достатньо на другому етапі (тобто відмова підсистем має бути незалежною по відношенню до випадкових несправностей). Припущення, зроблені в процесі причинно-наслідкового аналізу, повинні бути перевірені і можуть призвести до пов'язаних з безпекою правил застосування під час реалізації.

Особлива увага приділяється на практиці, коли використовуються незалежні твердження. Це забезпечує те, що є достатньою – фізична, - функціональна,– від процесу незалежність між підсистемами чи системними функціями. Якщо незалежність не може бути повністю доведено, то відмови з загальної причини повинні бути змодельовані на відповідному рівні деталізації. Крім того має бути доведено, що правила застосування, що мають відношення до безпеки, виконані та перевірені.

Фізична незалежність абсолютно необхідна для того, щоб зробити правдоподібні розрахунки дерева несправностей для випадкових впливів. Таким чином, у будь-якому випадку, аналіз відмови із загальної причини (ВЗП) буде необхідний для прийняття незалежності.

Щодо часу ремонту та відновлення, мається на увазі логістичний час на ремонт після виявлення, фактичний час ремонту (пошук несправності, ремонт, заміна, перевірка), а також час на відновлення обладнання та введення в експлуатацію. Незважаючи на те, що в контексті безвідмовності зазвичай часом виявлення нехтують, у контексті безпеки цей час набуває важливого значення (рис. 2.5).

Рис. 2.5. Інтерпретація часу роботи рухомого складу

Функціональна незалежність означає, що існують не лише систематичні, а й випадкові несправності, які викликають одночасну відмову безлічі функцій обладнання. Таким чином, на цьому рівні буде потрібно ще раз провести аналіз ВЗП.

При застосуванні аналізу дерева несправностей до функцій системи, наприклад *А* та *Б*, який є основним у доказі вимог до повноти безпеки, має бути прийнято до уваги, що використовуючи схеми *І* безпосередньо створюються такі правила застосування, що стосуються безпеки:

− реалізація *А* та *Б* мають бути фізично незалежними;

− безпечний час простою, що визначається часом виявлення та часом заперечення, для кожного елемента має бути оцінено та досягнуто. На рис. 2.6 представлено загальне трактування ВЗП через аналіз дерева несправностей.

Продукти та системи, як правило, з'являються в результаті діяльності, властивою на початку процесів життєвого циклу. Загалом це включає концепцію, технічне завдання, проектування системи, розробку системи, етапи перевірки та підтвердження, які мають істотний вплив на властивості кінцевого продукту. Вважають, що більш високі ступені критичності продукту або системи в навколишньому середовищі застосування вимагають більш надійних і систематичних процесів життєвого циклу Крім того, оскільки за своєю суттю систематичні помилки виникають протягом цих процесів життєвого циклу, ступінь незалежності найчастіше є бажаною.

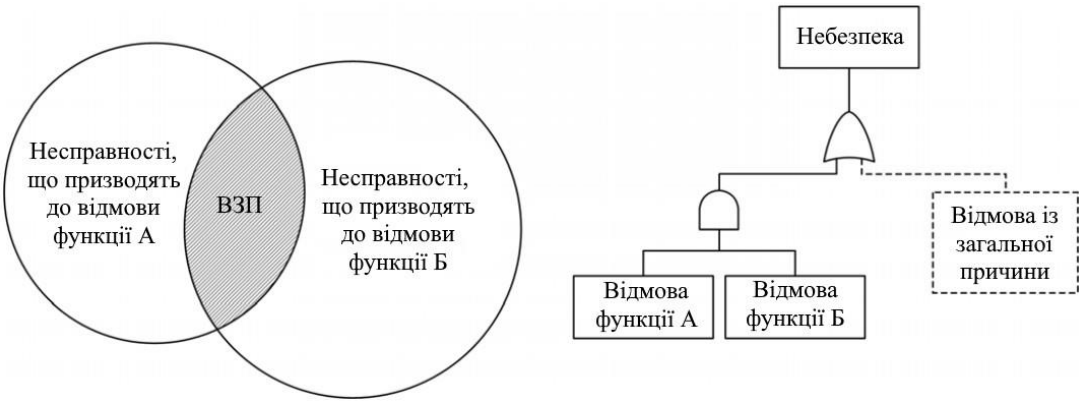

Рис. 2.6. Подання функціональної незалежності за допомогою аналізу дерева несправностей

Аналіз ризику повинен проводитись на різних етапах життєвого циклу об'єкта особою, відповідальною за цей етап, та документуватися. Документація має містити як мінімум [9,10]:

а) методику аналізу;

б) припущення, обмеження та обґрунтування методики;

в) результати ідентифікації небезпек;

г) результати оцінки ризику та рівні їх достовірності;

д) результати компромісних досліджень;

е) дані, їх джерела та рівні достовірності;

ж)посилання.

В таблиці 2.1 у якісних поняттях наведено типові категорії ймовірності або частоти виникнення небезпечної події та опис кожної категорії стосовно

системи – рухомий склад. Застосовувані категорії, їх кількість та їх чисельний масштаб мають бути визначені адміністративним органом підприємства відповідно до застосування.

Таблиця 2.1. Частота виникнення небезпечних подій

Категорія	Опис
Часто	Ймовірність частого виникнення. Постійно буде присутня небезпечна ситуація
Ймовірно	Неодноразове виникнення. Очікується часте виникнення небезпечної ситуації
Випадкова	Ймовірність неодноразового виникнення. Очікується неодноразове виникнення небезпечної ситуації
Рідкісна	Імовірність того, що подія іноді виникатиме протягом життєвого циклу системи. Обґрунтоване очікування виникнення небезпечної ситуації.
Вкрай рідкісна	Імовірність виникнення малоймовірна, але можлива. Можна припустити, що небезпечна ситуація може виникнути у винятковому випадку.
Малоймовірна	Ймовірність виникнення вкрай мала. Можна припустити, що небезпека не виникне.

Для оцінки можливого впливу слід використати аналіз наслідків. В таблиці 2.2 представлені типові рівні тяжкості небезпечної ситуації та наслідків, пов'язаних з кожним таким рівнем для всіх залізничних систем. Кількість застосовуваних рівнів тяжкості та наслідків кожного рівня тяжкості визначаються адміністративним органом підприємства, відповідно використання.

Таблиця 2.2. Рівень тяжкості небезпечних ситуацій

Рівень тяжкості	Наслідок для людей	Наслідок для експлуатації

Катастрофічний	Загиблі внаслідок аварії та/або численні постраждалі	
Критичний	Окремі випадки зі смертельними наслідками та/або серйозно постраждалі	Повна втрата системи
Несуттєвий	Невеликі травми	Тяжке пошкодження системи/систем
Незначний	Можливі незначні травми	Невелике пошкодження системи

Прийнятність ризику має ґрунтуватися на загальноприйнятому принципі. Існує певна кількість принципів, які можна застосовувати[14].

Наприклад:

− «Ризик настільки низький, наскільки це практично можливо» (принцип ALARP);

− «Загалом, принаймні, такий самий» (принцип GAMAB). Повне формулювання цього принципу: «Усі нові керовані транспортні системи мають загалом мати рівень ризику, принаймні, такий самий, як і будь-яка рівнозначна існуюча система».

− Мінімальна ендогенна смертність (принцип MEM)

Як базовий принцип при визначенні ризику рухомого складу підприємства має застосовуватися принцип ALARP.

В таблиці 2.3 дано визначення якісних категорій ризику та дій, що застосовуються щодо кожної категорії. Адміністративний орган підприємства відповідає за встановлення принципу, який необхідно застосовувати, рівнів ризику, що допускаються, та зіставлення цих рівнів за різними категоріями ризику.

Таблиця 2.3. Якісні категорії ризику

Категорія ризику	Дії щодо кожної категорії
Неприпустимий	Повинен бути виключений

Небажаний	Може бути прийнятий як прийнятний у разі неможливості зниження ризику та за погодженням з органом нагляду за безпекою
Допустимий	Прийнятний при належному контролі
Не прийнятий до уваги	Приймаємо з/без згоди

По кожному з видів поданих подій складається окрема матриця у вигляді таблиці. За частоту виникнення небезпечної події приймається кількість небезпечних подій (за видами), що припадають на одиницю виміру експлуатаційної роботи залізничного транспорту підприємства.

Для визначення меж рівнів частоти виникнення небезпечної події використовуються статистичні дані про транспортні події та події, допущені з вини працівників конкретного підрозділу підприємства за певний період, а також дані про відмови технічних засобів, допущених за аналогічний період. За період, що аналізується визначається максимальне значення частоти виникнення небезпечних подій щодо кожного з видів. Отримана область значення від 0 до максимального значення розбивається на 6 рівних інтервалів (часте, ймовірне, випадкове, рідкісне, неймовірне, неправдоподібне), таким чином, встановлюються межі рівнів частоти виникнення небезпечних подій по кожному виду.

Як значення збитків передбачається використовувати статистичні дані за вартістю шкоди від транспортних пригод та подій, допущених з вини працівників конкретного підрозділу за певний період, а також дані щодо величині збитків від відмов технічних засобів, допущених за аналогічний період. визначається максимальне значення шкоди від виникнення небезпечних подій щодо кожного з видів. Отримана область значення від 0 до максимального значення розбивається на 4 рівні інтервали (незначний, несуттєвий, критичний, катастрофічний), таким чином, встановлюються межі рівнів шкоди від виникнення небезпечних подій по кожному виду.

На основі поточної кількості небезпечних подій обчислюється поточне значення їх частоти. Використовуючи дані про величину шкоди, знаходимо категорію ризику (Неприпустимий, небажаний, допустимий, що не приймається до уваги). При потраплянні величини ризику до ступеня «небажано» або «неприпустимо» за допомогою механізму факторного аналізу виявляються основні причини виникнення небезпечних подій та пропонуються відповідні коригувальні дії щодо їх усунення або зниження.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2

На основі проведених в розділі науково-практичних досліджень та підходів до оцінки ризиків функціонування рухомого складу підприємства можна зробити висновок, що Реалізація залізничної системи може призвести до непередбачених або небажаних властивостей, що здатні завдати шкоди людям, особливо якщо система чи технологія є новою. Нові небезпеки можуть виникнути через кілька аспектів:

− нова технологія має величезний потенціал для нових небезпек (недолік досвіду);

− поява прихованих небезпек в існуючих залізничних системах у зв'язку з введенням нової технології (наприклад, аналогових на цифрові технології);

− небезпека нового проекту через відсутність адекватних / відповідної специфікації;

− спеціальні режими роботи в існуючій залізничній системі не можуть як слід узгоджуватися і можуть створити нові небезпеки для операторів, обслуговуючого персоналу чи інших членів персоналу, громадськості тощо;

− помилки проектування можуть створювати нові небезпеки, але вони часто можуть бути пов'язані з вже одного разу ідентифікованими.

Ці аспекти можуть викликати небезпечні ситуації та стани, що вимагають такого ж систематичного розгляду, яке застосовується до вже виявлених небезпек.

Процес ідентифікації, обробки та розгляду нових небезпек, пов'язаних з проектуванням або застосуванням системи по суті, ідентичні етапу аналізу ризику. Після виявлення, небезпеки системного рівня здатні вплинути на загальну продуктивність роботи або заподіяти шкоду людям повинні бути задекларовані постачальником. Залежно від передбачуваних ризиків, це вимагає якісної та кількісної оцінки, з метою прогнозування та угоди про відповідні ДРР для кожного. ДРР повинні бути встановлені для кожної нової небезпеки, що в результаті призведе до поновлення вимог.

РОЗДІЛ 3
ПРОГНОЗУВАННЯ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПОДІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ МАТРИЦІ РИЗИКІВ

Проведений аналіз в 1 та 2 розділах, огляд літературних джерел, дозволяють сформулювати наступне.

При прогнозуванні виникнення небезпечних подій та величини збитків на підставі факторного аналізу по підрозділу (рис.3.1) виявляється вид найбільш небезпечні події з перевищенням допустимого рівня небезпеки. Відповідно до поточної величини експлуатаційних показників визначається частота виникнення небезпечної події з урахуванням вже наявної статистики з цього виду [12,13].

З урахуванням середнього значення шкоди внаслідок цієї події (відповідно до щорічної статистики) визначається зона ризику в матриці (на перетині частоти та величини шкоди). На підставі отриманих даних робиться висновок про необхідність виконання відповідних коригувальних заходів, тобто:

1) у разі потрапляння до зони ризику «небажаний» плануються такі заходи оперативного характеру:

− позачергове навчання персоналу;

− підвищення кваліфікації персоналу

− проведення позапланового технічного обслуговування та ін.

2) у разі потрапляння до зони ризику «неприпустимий» плануються такі заходи стратегічного характеру:

− модернізація або впровадження нових технічних засобів;

− зміна технологічного процесу та ін.

При оцінці діяльності структурного підрозділу по показникам надійності та безпеки (рис. 3.2) фіксується факт виникнення небезпечної події та здійснюється класифікація за видом. Відповідно до поточної величини експлуатаційних показників на момент виникнення події визначається

фактична величина частоти виникнення небезпечні події. З урахуванням отриманої величини частоти виникнення небезпечної події та фактичної величини шкоди по матриці визначається зона ризику по даному виду події.

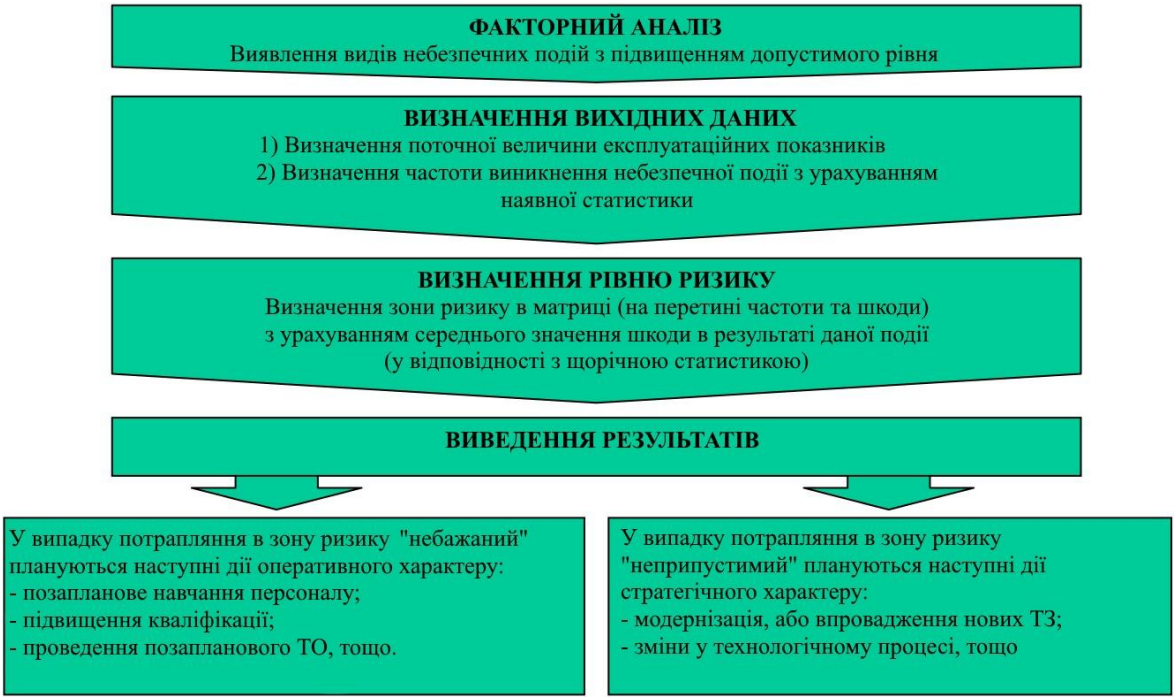

Рис. 3.1. Прогнозування виникнення небезпечних подій

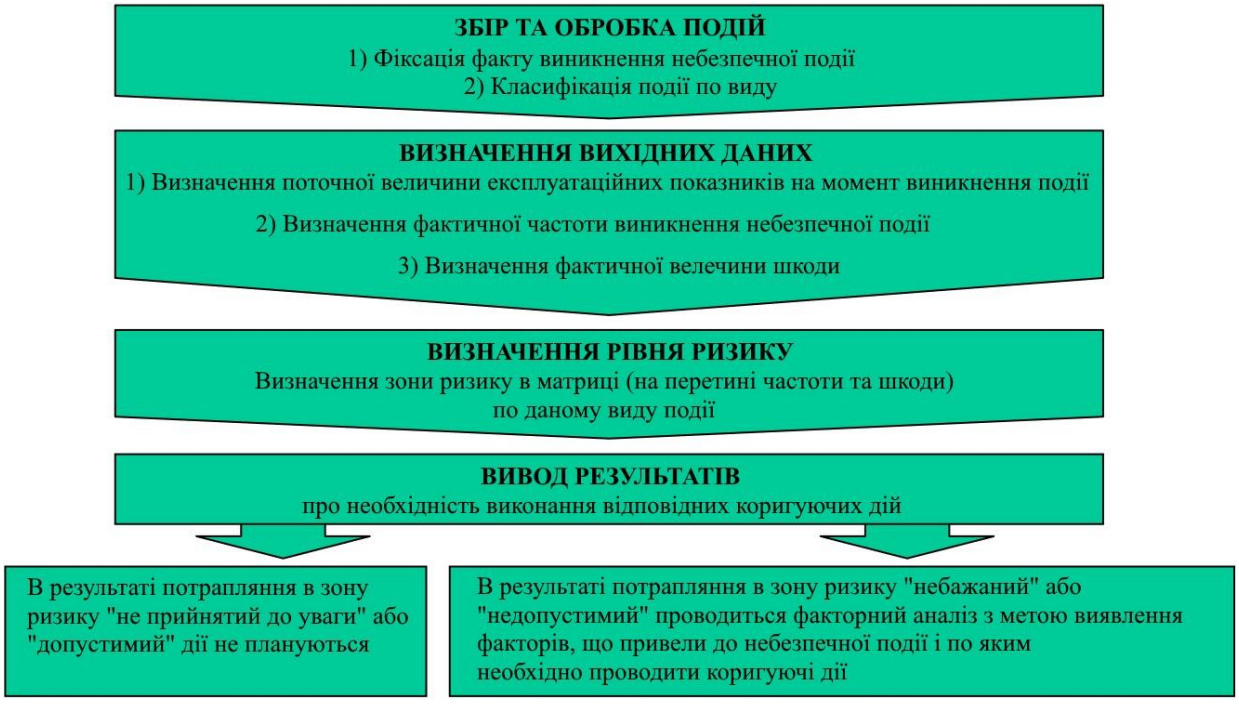

Рис. 3.2. Оцінка поточної діяльності структурного підрозділу

На підставі отриманих даних робиться висновок про необхідність виконання відповідних коригувальних заходів, тобто:

1) у разі потрапляння в зону ризику «не врахований» або «допустимий» жодних заходів не планується;

2) у разі потрапляння в зону ризику «небажаний» чи «неприпустимий» проводиться факторний аналіз з метою виявлення тих факторів, які призвели до небезпечної події та за якими необхідно проводити коригувальні дії.

Після встановлення рівня безпеки та оцінки необхідного зниження ризику на підставі процедури оцінки ризику, можуть бути визначені вимоги до повноти безпеки систем і компонентів [16,17].

Повнота безпеки відноситься до здатності системи пов'язаної з безпекою забезпечувати необхідні функції безпеки. Чим вища повнота безпеки, тим нижче ймовірність того, що вона не зможе виконувати необхідні функції безпеки.

Повнота безпеки може розглядатися як поєднання тих, хто піддається (як правило, пов'язаних з апаратним забезпеченням, тобто випадкові відмови) і тих що не піддаються (як правило, пов'язані з програмним забезпеченням, специфікацією, документацією, процесами тощо) кількісним виміром факторів.

Повнота безпеки складається з двох частин (рис. 3.3):

− повнота при систематичних відмовах;

− повнота при випадкових відмовах.

Повнота при систематичних відмовах є частиною повноти безпеки, що не піддається кількісному визначенню, і відноситься до небезпечних систематичних несправностей (апаратного або програмного забезпечення). Систематичні несправності викликані людськими помилками на різних етапах життєвого циклу системи/підсистеми/обладнання (помилки специфікації; помилки проектування; помилки виробництва; помилки монтажу; помилки експлуатації; помилки технічного обслуговування; помилки модернізації).

Так як неможливо оцінити повноту при систематичних відмовах за допомогою кількісних методів, то використовуються рівні повноти безпеки (РПБ) для угруповання методів, засобів та методик, які, у разі ефективного використання, можна розглядати як належний рівень впевненості в реалізації системи встановленого рівня повноти.

Повнота при випадкових відмовах є частиною повноти безпеки, яка стосується небезпечних випадкових несправностей, зокрема, випадкових несправностей обладнання, які є результатом кінцевої безвідмовності апаратних компонентів [16].

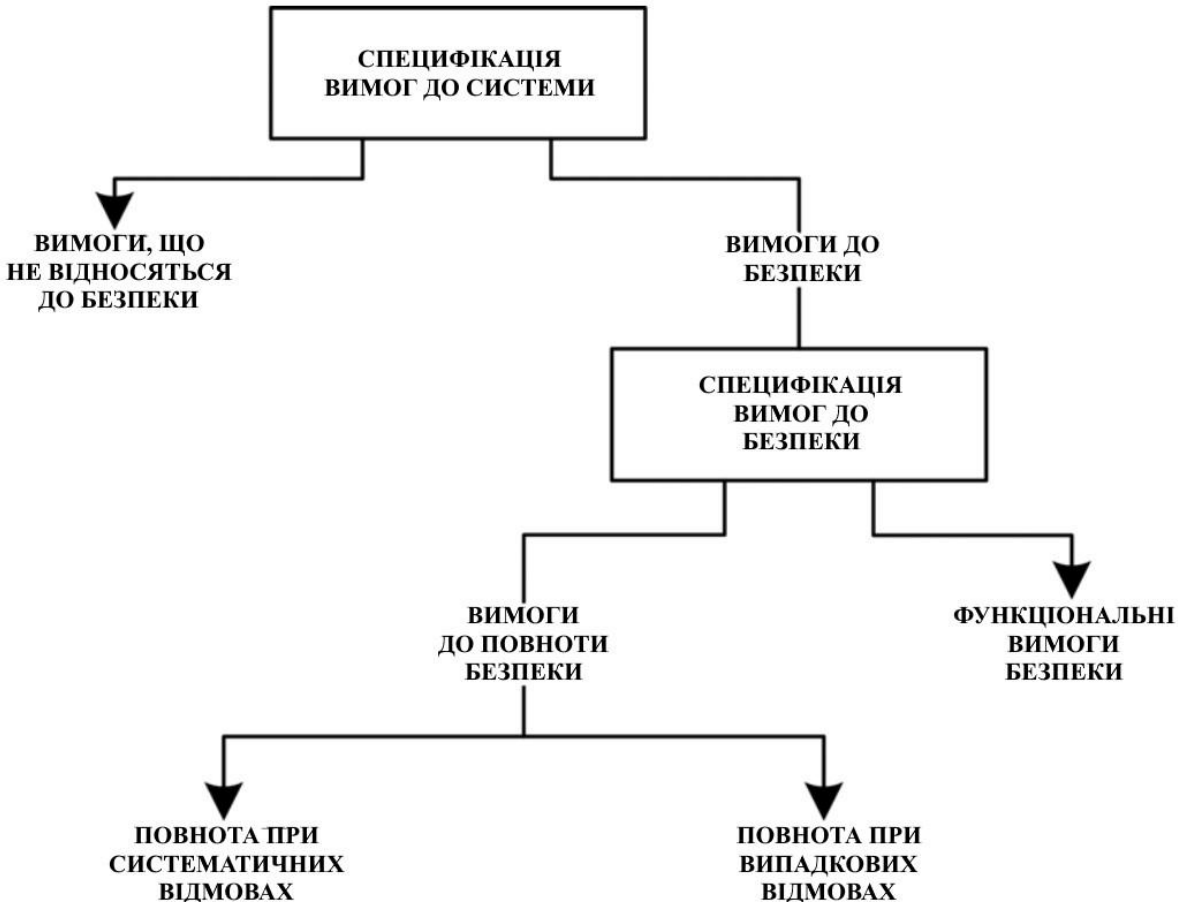

Рис. 3.3. Вимоги до безпеки та повнота безпеки

Зовнішні та системні засоби зниження ризику мають забезпечувати необхідне зменшення ризику, необхідне досягнення системою заданого рівня безпеки. Функції безпеки всередині систем повинні застосовуватись за допомогою архітектури, засобів, методів і технологій, детально визначених у відповідних нормативних документах.

Саме програма із забезпечення функціональної безпеки та програма забезпечення надійності, якщо вони реалізуються ефективно, дають впевненість у здатності закінченої системи досягти відповідності вимогам надійності та безпеки.

Методика визначення вимог до повноти безпеки залізничних систем має систематично застосовуватися як з урахуванням умов експлуатації, так і з проектуванням систем [13].

На основі цього підходу чітко визначено інтерфейс між умовами експлуатації та системою. З погляду безпеки, цей інтерфейс визначено за допомогою переліку небезпек та пов'язаних з ними допустимих рівнів небезпек у рамках системи. Слід зазначити, що мета цього підходу уточнити відповідальність та взаємозв'язок.

З цього взаємозв'язку аналіз діє наступним чином:

− аналіз «знизу вгору» призводить до виявлення можливих наслідків небезпек та пов'язаних ризиків; і

− аналіз «згори донизу» призводить до виявлення причин небезпек.

Глобальний процес полягає в аналізі ризиків та контролі рівня ризику (рис. 3.4). Аналіз ризику призводить до допустимих рівнів ризику, які є вхідними критеріями контролю рівня ризику.

Припустимо, що безпека спирається як на адекватні заходи, щоб уникнути або не допустити несправності (як заходи безпеки проти систематичної відмови), так і адекватні заходи щодо контролю випадкових відмов. Заходи проти обох випадків відмови мають бути збалансовані з метою досягнення оптимальних характеристик безпеки системи. Щоб досягти цього, використовується поняття РПБ. РПБ використовується як засіб узгодження якісних підходів (щоб уникнути систематичних відмов) з кількісним підходом (для контролю випадкових відмов), так як це не є можливим для кількісних систематичних відмов [13, 16-17].

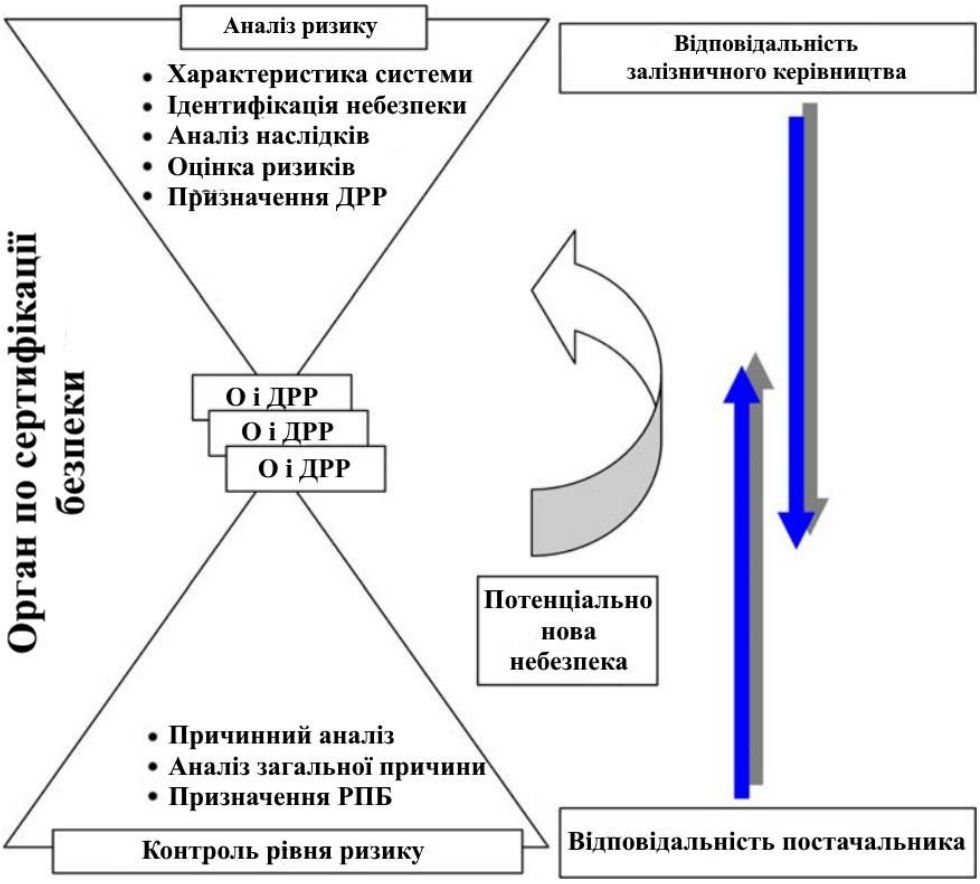

Рис. 3.4. Глобальний огляд процесу.

Цей баланс виражається у вигляді таблиці, що складається з переліку рівнів повноти безпеки 0, 1, 2, 3, 4 та переліку відповідних інтервалів або діапазонів допустимих рівнів небезпеки I_0,..., I_4.

Таблиця РПБ (табл. 3.1) застосовується до пов'язаних з безпекою функцій або підсистем, що реалізують одну або кілька з цих функцій. Маючи такі заходи та методи, необхідні для РПБ, не існує жодних вимог для розгляду систематичних відмов під час демонстрації досягнення ДРР.

Таблиця 3.1. Таблиця РПБ.

Допустимий рівень ризику (ДРР)	Рівень повноти безпеки
$10^{-9} \leq$ ДРР $< 10^{-8}$	4
$10^{-8} \leq$ ДРР $< 10^{-7}$	3
$10^{-7} \leq$ ДРР $< 10^{-6}$	2
$10^{-6} \leq$ ДРР $< 10^{-5}$	1

Функція, що має кількісні вимоги жорсткіші, ніж 10^{-9} год$^{-1}$повинна розглядатися одним із таких способів:

− якщо це можливо – розділити функцію на функціонально незалежні підфункції, ДРР може бути розділений між цими підфункціями та РПБ присвоюється кожній підфункції;

− якщо функція не може бути розділена, повинні бути принаймні виконані методи та засоби, необхідні для РПБ 4, а функція повинна бути використана в поєднанні з іншими технічними або організаційними заходами для забезпечення необхідного ДРР.

Під життєвим циклом об'єкта залізничного транспорту розуміється послідовність етапів, кожен з яких містить свої завдання, протягом всього терміну служби – від початкової концепції до виведення з експлуатації та утилізації. Життєвий цикл зумовлює структуру планування, управління, контролю та перевірки для всіх аспектів об'єкта, включаючи надійність та безпеку, в процесі вдосконалення об'єкта на етапах життєвого циклу, з метою виробництва належного продукту за належною ціною в необхідні часові рамки. Концепція життєвого циклу є основною для успішного впровадження комплексного управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу на залізничному транспорті

Основні завдання на кожному етапі життєвого циклу представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Завдання, що виконуються на етапах життєвого циклу рухомого складу залізничного транспорту

Етап життєвого циклу	Загальні завдання	Завдання надійності	Завдання безпеки
Визначення об'єкта та умов застосування	Визначення профілю призначення об'єкта • Підготовка опису об'єкта • Визначення Стратегій експлуатації та технічного обслуговування • Визначення експлуатаційних	• Оцінка інформації, накопиченої з минулого досвіду в частини надійності • Проведення попереднього аналізу надійності •Вироблення політики забезпечення надійності • Визначення	• Оцінка інформації, накопиченої з минулого досвіду в частини безпеки • Проведення попереднього аналізу небезпечних факторів •Вироблення спільного плану забезпечення функціональною

	умов • Визначення умов проведення технічного обслуговування • Визначення впливу існуючих обмежень у частині інфраструктури	довгострокових експлуатаційних умов та умов проведення технічного обслуговування • Визначення впливу існуючих обмежень інфраструктури на надійність	безпеки •Визначення критеріїв допустимості ризику • Визначення впливу існуючих обмежень інфраструктури на безпека
Аналіз ризику	Аналіз проекту у частини ризику		•Проведення аналізу небезпечних факторів об'єкта та ризику для об'єкта • Ведення журналу реєстрації небезпечних факторів • Проведення оцінки ризику
Вимоги до об'єкту	• Аналіз вимог • Характеристика об'єкта •Характеристика середовища • Опис критеріїв підтвердження та атестації об'єкта • Розробка плану валідації • Встановлення вимог до управління якістю •Реалізація процедури контролю за змінами	• Опис критеріїв надійності • Опис функціональної структури об'єкта • Розробка програми забезпечення надійності • Організація управління надійністю	• Характеристика вимог до безпеки об'єкта • Опис критеріїв атестації об'єкта безпеки • Опис функціональних вимог до безпеки •Організація системи безпеки
Експлуатація та технічне обслуговування	• Тривала експлуатація об'єкту •Проведення поточного технічного обслуговування • Поточне навчання	• Поточне технічне обслуговування, матеріально-технічне постачання з метою забезпечення надійності	•Технічне обслуговування для забезпечення безпеки •Поточний моніторинг показників безпеки та ведення журналу реєстрації небезпечних факторів
Моніторинг	• Збір статистичних даних по експлуатаційним	• Збір, аналіз, оцінка та застосування статистичних даних	• Збір, аналіз, оцінка та застосування статистичних даних

	показниками • Отримання, аналіз та оцінка даних	за показниками надійності	за показниками безпеки
Модифікація та модернизація	• Виконання процедури модифікації та модернізації	•Розгляд можливості модифікації та модернізації для надійності	• Розгляд можливості модифікації та модернізації для безпеки

Цей механізм сприяє забезпеченню всебічного послідовного встановлення завдань на етапах життєвого циклу обладнання, створює інформаційну основу для укладання договору щодо виконання як окремих завдань надійності та безпеки, так і комплексу завдань у процесі централізованого управління. Відповідальність за виконання завдань буде залежати від аналізу системи та внесення відповідних змін в нормативну документацію.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3

Небезпеки, пов'язані з системою визначені та оцінюють з погляду їх потенційних наслідків на етапі аналізу ризику життєвого циклу системи. Ця діяльність призводить (згори донизу) до допустимих рівнів ризику для кожної небезпеки. Тим не менш, розробник може розпочати розробку продуктів широкого застосування але він повинен забезпечити виконання необхідних допустимих рівнів ризику.

Досягнення певного РПБ вимагає дотримання всіх факторів, а саме:

− умови управління якістю,

− умови управління безпекою,

− технічні умови безпеки,

− кількісні цільові показники безпеки.

Таким чином, перш ніж застосовувати принцип РПБ, слід враховувати такі вимоги.

а) Фахівцями з безпеки має бути встановлений відповідний рівень застосування РПБ. Рекомендується використовувати не більше 4 рівнів.

б) РПБ призначений лише одного «елемента», тобто. для автономного обладнання, яке виконує одну або більше простих функцій та яке може бути замінено іншим обладнанням, що виконує таку саму функцію. Як правило, такий елемент часто є обладнанням нижчого рівня, яке може бути замінено під час проведення технічного.

в) Оскільки середовище, в яке буде поміщено виріб, має дуже важливе значення, слід враховувати обсяг сертифікації стандартного виробу щодо РПБ та значення сертифікації в порівнянні з її вимогами до безпеки, щоб встановити, чи всі умови дотримані щодо досліджуваної системи.

г) РПБ належить лише до очікуваного рівня довіри до безпеки виробу. Принцип РПБ не охоплює всіх аспектів системи, тому розгляд тільки РПБ може бути недостатнім (наприклад, погіршені режими роботи або аварійні стани з різними вимогами щодо безпеки).

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ

Ефективність роботи рухомого складу, як системи, визначається як рівень безпеки, безвідмовності, готовності та вартості володіння. Відповідні вимоги щодо безпеки тощо, побічно впливають на вартість життєвого циклу, так як вони визначають допуски та пороги параметрів при проектуванні та технічному обслуговуванні [17,18].

Вартість життєвого циклу визначається як усі витрати, пов'язані з життєвим циклом системи, які включають:

• вартість науково-дослідних робіт та власне розробки;

• вартість виробництва та будівництва;

• вартість експлуатації та техобслуговування;

• вартість виведення з експлуатації системи та утилізації.

Для керування технічним обслуговуванням залізничних активів, моделювання вартості залізничної системи має три основні цілі:

− оцінити вартість робіт з технічного обслуговування/реновації;

− допомогти у виборі кращого варіанту/стратегії технічного обслуговування в термінах економічного повернення при заданому часі та фінансових обмеженнях;

− допомогти у плануванні робіт з технічного обслуговування самим ефективним способом.

Можна відзначити, що більшість існуючих моделей на залізничному транспорті беруть до уваги не всі аспекти, особливо аспекти, пов'язані з ризиком калькуляції вартості життєвого циклу Моделювання вартості порушень графіка руху поїздів, точності прибуття поїзда, екологічні витрати (шум, вібрація), безпекові витрати, все ще знаходиться на ранніх стадіях, яке може мати впливом на рішення з технічного обслуговування та реновації.

Існує потреба розробити моделі вартості за вищезгаданими витратами, щоб запровадити їх у аналіз ВЖЦ. Оскільки ВЖЦ використовується на

кожному етапі процесу ухвалення рішення, необхідна ефективна процедура обчислення ВЖЦ, для ухвалення правильного рішення з технічного обслуговування, реновації та інвестицій.

Прогнозування терміну служби має бути зроблено з великою обережністю, оскільки це визначає точку повторного інвестування системи. Строк служби для аналізу ВЖЦ визначається такими показниками:

− технічний термін служби системи;

− економічний термін служби системи.

При визначенні терміну служби системи повинні бути враховані наступні обставини:

− період часу має бути розглянутий таким чином, що більшість компонентів системи повиненна мати принаймні один повний термін служби.

− надто довгі періоди часу будуть причиною великої невизначеності з погляду відмов та технічного обслуговування та, таким чином, збільшувати сукупний ризик використання активу.

− рішення щодо періоду життя (терміну служби) має бути прийняте при розгляді керівних вказівок та стандартів щодо терміну служби рухомого кладу.

Важко оцінити технічний термін служби системи, тому що він надзвичайно залежить від зовнішніх параметрів (наприклад, обсягу перевезень та тоннажу). Крім того, комбінації компонентів з нижчим терміном служби та компонентів з більш високим терміном служби роблять ще важчим визначення терміну служби системи.

При прийнятті рішень щодо оцінки терміну служби системи можуть бути розглянуті такі кроки:

• Вимірювання стану або профілю експлуатаційних характеристик системи: поточні стани системи мають бути виміряні, а майбутній стан має бути змодельовано з урахуванням часу внаслідок погіршення характеристик та технічного обслуговування системи.

• Вимірювання профілю ризику: Ризик, пов'язаний з погіршенням характеристик та технічним обслуговуванням системи має бути виміряний з погляду витрат і змодельований з урахуванням часу, щоб побачити профіль ризику в життєвому циклі.

• Профіль витрат на технічне обслуговування: поточні витрати на технічне обслуговування системи повинні бути розраховані, а потім змодельовані з урахуванням часу.

Так як залізнична інфраструктура і особливо колії є дорогим активом із тривалим терміном служби, необхідно гарантувати економічну ефективність довгострокового проекту та рішень щодо технічного обслуговування [12, 16].

Стратегія технічного обслуговування (СТО) із найнижчим ВЖЦ розглядається як економічно-ефективне рішення при експлуатації системи. Стратегія технічного обслуговування може бути одним або набором дій щодо технічного обслуговування. Для ефективного рішення щодо стратегії технічного обслуговування, важливо розглянути цілий набір дій щодо технічного обслуговування для обчислень ВЖЦ, оскільки дії технічного обслуговування торкаються один одного.

При розгляді найнижчої ВЖЦ як економічно-ефективного рішення, важливо враховувати числові значення надійності та безпеки, пов'язані з конкретною стратегією технічного обслуговування. Таким чином, без розгляду найнижчої ВЖЦ, як найкращого рішення, необхідний компроміс між цільовими показниками надійності та безпеки та значенням ВЖЦ для того, щоб досягти ефективної стратегії технічного обслуговування.

Аналіз економічної ефективності призводить до кількісних результатів для надання допомоги особі, яка приймає рішення, з урахуванням аналізу ризиків та наданням корисного інструменту прийняття рішення.

Таблиця 4.1 показує обчислення економічної ефективності з величин ВЖЦ різних варіантів. Таким чином, при ухваленні рішення про вибір варіанта технічного обслуговування; необхідно розрахувати економічну ефективність

різних варіантів технічного обслуговування. Чим вища економічна ефективність, тим краще варіант технічного обслуговування.

Таблиця 4.1. – Економічна ефективність варіантів технічне обслуговування

Варіанти технічного обслуговування	Вартість життєвого циклу (ВЖЦ)	Ефективність системи (ЕС)	Економічна ефективність (ЕС/ВЖЦ)
ТО1	ВЖЦ1	$К_{ес1}$	$К_{ес1}$ / ВЖЦ1
ТО2	ВЖЦ2	$К_{ес2}$	$К_{ес2}$ / ВЖЦ2
ТО3	ВЖЦ3	$К_{ес3}$	$К_{ес3}$ / ВЖЦ3

Вартість життєвого циклу технічних засобів, що покращують умови та безпеку праці, визначається підсумовуванням індивідуального відтоку грошових коштів (витрат) на кожному тимчасовому етапі (кроці розрахунку) строку їх використання. Відповідно до цього підходу, додаткова величина інтегрального ефекту від впровадження нових технічних засобів забезпечення безпеки праці визначається за формулою

$$\Delta Э_{инт} = \sum [(C_{бt} - C_{нt}) - \Delta K_t - (Л_{бt} - Л_{нt})] \cdot \eta_t - (K_н - K_б),$$

де $С_{бt}$ – річні експлуатаційні витрати та витрати на технічне обслуговування базової системи безпеки;

$С_{нт}$ – річні експлуатаційні витрати та витрати на технічне обслуговування нової системи безпеки;

$\eta_Т$ – сумарний коефіцієнт дисконтування;

$К_t$ - супутні одноразові витрати, пов'язані з використанням технічних засобів в експлуатацію, тис. грн.;

$Л_{бt}$ - ліквідаційна вартість базової системи безпеки, тис. грн.;

$Л_{нt}$ - ліквідаційна вартість нової системи безпеки, тис. грн.;

t – поточний рік експлуатації;

$К_б$ - капітальні вкладення за базовою системою безпеки;

$К_н$ - капітальні вкладення нової системи безпеки.

Основними методичними підходами щодо оцінки ефективності заходів з охорони праці є підходи на основі наступних показників: інтегральний ефект, віддача капіталу, що вкладається, термін окупності, індекс рентабельності інвестицій; вартість життєвого циклу [18].

Підвищення рівня безпеки руху можливе лише при комплексній взаємодії на всіх ланках перевізного процесу. Розширення використання систем моніторингу технічного стану рухомого складу під час руху дає можливість скоротити затримки поїздів, знизити експлуатаційні витрати на ремонт та технічне обслуговування, зменшити потребу в запасних частинах. Моніторинг технічного стану рухомого складу дозволяє виробити систему періодичного технічного обслуговування та ремонту рухомого складу аналізуючи поточний стан критичних компонентів з відмовою від затратної планово – попереджувальної системи ремонту, яка у свою чергу створює зайвий простій рухомого складу. Підвищення рівня теоретичних знань, практичних навичок співробітників дозволяє уникнути невірних дій у ситуаціях, що вимагають швидкого прийняття рішення, грамотної послідовності дій при виникненні будь-якої нестандартної ситуації, завдяки чому в короткий термін відновлюється нормальний режим роботи залізничного транспорту. Для продовження наміченої стратегії у сфері безпеки руху необхідно шукати нові напрями розвитку, ставити завдання щодо вдосконалення існуючої матеріально-технічної бази, впроваджувати інноваційні проекти, а також підвищувати культуру безпеки руху поїздів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Під час проведення робіт з організації комплексного управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу рухомого складу необхідно передбачити такі основні комплекси завдань:

- розробка та впровадження нормативно-методичного забезпечення комплексного управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу на залізничному транспорті;
- розробка та впровадження інформаційних технологій та інструментальних засобів комплексного управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу на залізничному транспорті.

2. Для аналізу надійності та безпеки необхідно використовувати інформацію про відмови системи для того, щоб розробити розподіли ймовірності того, що система зможе виконати свої основні функції.

Аналіз надійності та безпеки для системи базується на таких елементах:

•База даних надійності та безпеки системи

•Види відмов системи

•Методи та засоби аналізу надійності та безпеки.

3. Використання даних про відмови та технічне обслуговування – важливий фактор в аналізі надійності, безпеки та керуванні системою рухомого складу. Необхідно проводити збір усіх даних, підтримувати всі види аналізу надійності та безпеки, необхідні для функціонування системи та технічного обслуговування.

4. Для визначення необхідних робіт із технічного обслуговування обладнання, необхідно розуміння видів відмов системи та їх причини. Ефективним є використання FMECA методу (аналіз характеру, наслідків та критичності відмов), який діє як інструмент, щоб показати ці механізми відмов.

5. Для аналізу надійності та безпеки можливе використання різних засобів та методів, наприклад, FMEA (аналіз характеру та наслідків відмов), FMECA (аналіз характеру, наслідків та критичності відмов), FTA (аналіз

дерева несправностей), аналіз блок-схеми відмови, CCA (аналіз причин та наслідків), HAZOP.

6. Якісний аналіз надійності та безпеки може допомогти при ефективному плануванні технічного обслуговування обладнання:

• Аналіз безвідмовності: Прогнозує «коли» вжити дій щодо технічного обслуговування залежно від видів відмов системи.

• Аналіз ремонтопридатності: Визначає «які» дії з технічного обслуговування необхідно зробити у разі відмов, що відбуваються в системі і «як» багато часу потрібно витратити, щоб виконати ці дії з технічного обслуговування.

• Аналіз готовності: Прогнозує частоту та тривалість періодів вікон через дії з технічного обслуговування, що виконуються для системи.

• Аналіз безпеки: Оцінює ризик виконання різних дій щодо технічного обслуговування системи з погляду серйозності та вартості.

7. З метою підвищення безпеки при роботі рухомого складу необхідно приділити увагу розробці принципів управління людським фактором на підприємстві за рахунок впровадження стандартів підприємства та методичної документації (методичні вказівки; методичні рекомендації; інструкції;).

8. Розробка та впровадження інформаційних технологій та інструментальних засобів комплексного управління надійністю, ризиками, вартістю життєвого циклу рухомого складу підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 2863-94 Надійність техніки. Програма забезпечення надійності. Загальні вимоги

2. ДСТУ 2864-94 Надійність техніки. Експериментальне оцінювання та контроль надійності. Основні положення.

3. ДСТУ 3942-2000 Надійність техніки. Плани випробувань для контролю середнього наробітку до відмови (на відмову). Частина 2. Дифузійний розподіл (ГОСТ 27.506-2000).

4. Керуванням ризиком. Методи загального оцінювання ризиків : (ДСТУ ISO/IEC 31010:2013, IDT) – [Чинний від 2014-07-01]. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 73 с

5. ДСТУ 3004-95 Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними.

6. ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT).

7. ДСТУ ISO/IEC TS 17021-9:2020 Оцінка відповідності. Вимоги до органів, які здійснюють аудит і сертифікацію систем менеджменту. Частина 9. Вимоги до компетентності персоналу, який здійснює аудит і сертифікацію систем менеджменту (ISO/IEC TS 17021-9:2016, IDT).

8. ДСТУ OHSAS 18002:2015 Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT).

9. ДСТУ EN 614-2:2014 Безпечність машин. Ергономічні принципи проектування. Частина 2. Взаємозв’язок між проектуванням машин і робочих завдань (EN 614-2:2000+A1:2008, IDT).

10. ДСТУ EN 1005-4:2016 Безпечність машин. Фізичні можливості людини. Частина 4. Оцінювання робочих поз і рухів, пов’язаних з машиною (EN 1005-4:2005 + A1:2008, IDT).

11. ДСТУ EN 13977:2019 Залізничний транспорт. Залізничні колії. Вимоги щодо безпеки для переносних машин і візків для будівництва та технічного обслуговування (EN 13977:2011, IDT).
12. ДСТУ EN 14033-3:2019 Залізничний транспорт. Залізничні колії. Машини для будівництва та обслуговування. Частина 3. Загальні вимоги щодо безпеки (EN 14033-3:2017, IDT).
13. ДСТУ EN ISO 12100:2016 Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків (EN ISO 12100:2010, IDT; ISO 12100:2010, IDT).
14. IEC 61882 Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide ISO 22000 Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain
15. 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. : ФОП Панов А. М., 2016. – 385 с.
16. Левицький А. Л. Техніка безпеки при експлуатації локомотивів та моторного рухомого складу / О. Л. Левицький. - М. : Транспорт, 1982. - 96 с.
17. Абракітов В. Е. Курс лекцій «Надійність технічних систем і техногенний ризик» (для студентів 4 курсу денної форми навчання галузь знань 1702 «Цивільна безпека» за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці») / В. Е. Абракітов; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х.: ХНУМГ, 2014. – 66 с.
18. Ястребенецький М. А. Надійність автоматизованих систем управління технологічними процесами / Ястребенецький М. А., Іванова Г. М. - М.: Вища школа, 1989. - 265 с.