Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу

Перспективні напрямки удосконалення функціювання ТРС в умовах воєнного стану

Пояснювальна записка і розрахунки
до кваліфікаційної роботи магістра

МКРМЕ 510.10.01 ПЗ

Розробив: студент групи 221-ЛЛГ-Д24
спеціальності 273. Залізничний
транспорт
Ільченко А.М.
Керівник: проф., д.т.н.
Крашенінін О.С.

Рецензент: проф., д.т.н.
Устенко О.В.

2026

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет механіко-енергетичний
Кафедра експлуатації та ремонту рухомого складу
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Спеціальність: J7 Залізничний транспорт («Локомотиви та локомотивне господарство»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
професор, д-р техн. наук
_____ В.Г. Пузир
(підпис)
«___» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА
Ільченко Андрія Михайловича

1. Тема «Перспективні напрямки удосконалення функціювання ТРС в умовах воєного стану» керівник Крашенінін Олександр Семенович, проф. д.т.н. затверджено розпорядженням по механіко-енергетичному факультету від «24» лютого 2026 року № 8.
2. Строк подання студентом закінченої роботи «31» травня 2026 року.
3. Вихідні дані Методичні вказівки по збору статистичної інформації в локомотивних депо(№471), Керівні накази і розпорядження Укрзалізниці, Правила ремонту локомотивів, технологічні процеси ремонту і діагностування обладнання локомотивів._____
4._1. Досвід процесів реформування залізничної галузі 2. Динаміка зміни стану локомотивного парку за кордоном і в Україні 3 Запровадження сучасних засобів безпеки 4. Адаптація новацій до сучасних умов 5. Запровадження принципів ощадливого виробництва 6 Запровадження сучасних технологій в ремонті локомотивів. 7.Методика визначення терміну заміни рухомого складу 8. Оцінка економічного ефекту. Висновки.
_____
5. Перелік графічного матеріалу_1.Задачі магістерської роботи. 2. Мета магістерської кваліфікаційної роботи. 3. Моделі корпоративного управління. 4. Модель корпоративного управління оператора ДАК України. 5. Системи автоведення поїздів. 6. Діагностування пристроїв безпеки. 7. Інтервальне регулювання руху поїздів. 8. Комплекс безпеки руху 9. Пароакумуляторний локомотив. 10. Проект атомного тепловозу. 11.Вібродіагностика підшипників. 12. Оцінка термінів заміни ТРС. 13.Висновки.
_____
_____

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Техніко-економічне обґрунтування			

7 Дата видачі завдання «15» грудня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу. Формування змісту та етапів роботи.	15.12–22.12	
2	Збирання та обробка статистичної інформації	23.12–12.01	
3	Виконання роботи по розділам дипломного проекту. Аналіз одержаних даних, їх розрахунок та обробка	13.01–20.03	
4	Перевірка виконаних завдань у керівника дипломного проекту, виправлення помилок, виконання робіт по розділам консультантів	21.03–26.03	
5	Робота над оформленням графічної частини, проведення розрахунків та створення на їх підставі графічних матеріалів	27.03–10.04	
6	Перевірка виконаних робіт у керівника проекту, виправлення помилок, чистове виконання розділів дипломного проекту	11.04–18.05	
7	Нормоконтроль, виправлення помилок та підготовка до захисту	19.05–31.05	

Студент _____Ільченко А.М.

(підпис)

Керівник _____Крашенінін О.С.

(підпис)

Зміст

Вступ	6
1. Досвід процесів реформування залізничної галузі	8
1.1 Етапи реформування залізничної галузі в Україні	8
1.2 Досвід реформування залізничної галузі за кордоном	16
1.3 Реалізація процесів реформування залізничної галузі	26
2. Динаміка зміни стану локомотивного парку за кордоном і в Україні	32
3. Запровадження сучасних засобів безпеки	37
3.1 Впровадження системи автоведення поїздів	37
3.2 Використання квадракоптерів для обстеження контактної мережі	43
3.3 Діагностування пристроїв безпеки	46
3.4 Технічні засоби інтервального регулювання рухом	48
3.5 Забезпечення безпеки руху поїздів	55
4. Адаптація новацій до сучасних умов	60
4.1 Пароакумуляторні локомотиви	60
4.2 Реалізація концепції використання атомного реактора на рухомому складі	65
4.3 Газометричні локомотиви	71
5. Запровадження принципів ощадливого виробництва	86
5.1 Ощадливе використання інструменту	92
5.2 Резерви імпортозаміщення	97
5.3 Використання сонячної енергії на залізниці	101

6. Запровадження сучасних технологій в ремонті локомотивів 106
6.1 Вібродіагностування підшипникових вузлів 106
6.2 Новації при обточуванні колісних пар локомотивів 116
7. Методика визначення терміну заміни рухомого складу 124
8. Оцінка економічного ефекту 137
8.1 Коротка характеристика пропонованого рішення 138
8.2 Методика розрахунку економічного ефекту 138
8.3 Розрахунок економічного ефекту 142
Висновки 146
Додатки 147
Список використаних джерел 161

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота містить 14 слайдів презентації, 162 аркуші пояснювальної записки формату А4, що включає 73 рисунки, 10 таблиць, 17 літературних джерел.

В магістерській роботі розглянуто досвід реформування залізничної галузі за кордоном і сформульовано послідовність етапів реформування залізничної галузі в Україні урахуванням закордонного досвіду. Показано, що вітчизняний рухомий склад майже вичерпав свій ресурс і потребує значних фінансових і технологічних ресурсів.

В умовах воєного стану головною задачею підтримки живучості рухомого складу є запровадження сучасних засобів безпеки, в тому числі за рахунок безлюдських технологій. А саме системи автоведення, контролю стану об’єктів інфраструктури за допомогою квадракоптерів, діагностування засобів безпеки, запровадження інтервального регулювання рухом поїздів.

Важливим фактором в забезпеченні ефективності залізничної галузі є найскоріше залучення інновацій, таких як альтернативні джерела енергії для локомотивів.

Безумовною умовою для реалізації цього є перехід до ощадного виробництва і імпортозаміщення. А також використання сучасного діагностичного і ремонтного обладнання.

За результатами дослідження виконано розрахунок економічної ефективності пропозицій.

Мета магістерської роботи полягає в обгрунтуванні напрямків з удосконалення тягового рухомого складу в умовах воєнного стану за рахунок запровадження комплексу технічних і конструктивних рішень.

ABSTRACT

This master's qualification work includes 14 presentation slides, 155 sheets of explanatory notes in A4 format, including 73 figures, 10 tables, 17 references.

The master's thesis examines the experience of reforming the railway industry abroad and formulates a sequence of stages of reforming the railway industry in Ukraine, taking into account foreign experience. It is shown that domestic rolling stock has almost exhausted its resource and requires significant financial and technological resources.

In conditions of martial law, the main task of maintaining the survivability of rolling stock is to introduce modern safety measures, including through unmanned technologies. Namely, automatic guidance systems, monitoring the condition of infrastructure facilities using quadcopters, diagnosing safety measures, and introducing interval regulation of train traffic.

An important factor in ensuring the efficiency of the railway industry is the rapid introduction of innovations, such as alternative energy sources for locomotives.

An indispensable condition for this is the transition to lean production and import substitution. As well as the use of modern diagnostic and repair equipment.

Based on the results of the study, a calculation of the economic efficiency of the proposals was performed.

The purpose of the master's thesis is to substantiate the directions for improving traction rolling stock under martial law conditions by introducing a complex of technical and design solutions.

Вступ

Вже майже чотири роки Україна і її економіка переживає найскладніші події в соїй історії через зовнішню воєнну агресію. І чи не важливішим фактором, що забезпечив живучість української економіки стала потужна і надійна робота залізничної галузі, завдяки якій вдалося забезпчити евакуацію людей в безпечні місця.

Як завжди залізничний транспорт зміг сконцентрувати свої ресурси для виконання державних задач.

На жаль досі зворотньої віддачі від держави залізничний транспорт не очікує в новій мірі. Це позначається в політиці оновлення рухомого складу, підтримки персоналу галузі на фоні застарілої інфраструктури і технологій.

Актуальною задачею для залізничного транспорту в цих умовах є пошук нестандартних рішень і напрямків в рамках досягнутого світового досвіду в створені нового рухомого складу, реформувати структури управління галузю і запроваджені необхідного діагностичного і ремонтного обладнаннядля локомотивних депо /1,2,5/.

В магістерській роботі розглянуто досвід реформування залізничної галузі за кордоном і сформульовано послідовність етапів реформування залізничної галузі в Україні урахуванням закордонного досвіду. Показано, що вітчизняний рухомий склад майже вичерпав свій ресурс і потребує значних фінансових і технологічних ресурсів.

В умовах воєного стану головною задачею підтримки живучості рухомого складу є запровадження сучасних засобів безпеки, в тому числі за рахунок безлюдських технологій. А саме системи автоведення, контролю стану об’єктів інфраструктури за допомогою квадракоптерів, діагностування засобів безпеки, запровадження інтервального регулювання рухом поїздів.

Важливим фактором в забезпеченні ефективності залізничної галузі є найскоріше залучення інновацій, таких як альтернативні джерела енергії для локомотивів.

Безумовною умовою для реалізації цього є перехід до ощадного виробництва і імпортозаміщення. А також використання сучасного діагностичного і ремонтного обладнання /9,10/.

За результатами дослідження виконано розрахунок економічної ефективності пропозицій.

Мета магістерської роботи полягає в обгрунтуванні напрямків з удосконалення тягового рухомого складу в умовах воєнного стану за рахунок запровадження комплексу технічних і конструктивних рішень.

Об’єкт дослідження – локомотивний парк залізниць України.

Предмет дослідження – конструктивні і технологічні рішення з забезпечення ефективності використання локомотивів.

Актульність дослідження полягає в необхідності запровадження сучасних технологій і конструктивних рішень для забезпечення живучості залізничного транспорту в умовах воєнного стану /3,10/.

За результатами досліджень підготовлена стаття до Збірника наукових праць УкрДУЗТ.

1. Досвід процесів реформування залізничної галузі

1.1 Етапи реформування залізничної галузі

За останні роки корпорації стають пануючою організаційно- правовою формою підприємств у промисловості, на базі якої у світі виробляється значна частина всіх товарів і послуг. У розвинених країнах питома вага корпорацій у загальному числі організацій різних форм підприємництва складає близько 10%, саме вони, за оцінками фахівців, забезпечують понад 70% обсягів продаж і до 70% усіх одержуваних доходів /6,7/.

Акціонерні товариства одержали швидкий розвиток в Україні після реалізації стратегічного курсу на ринкову трансформацію економіки, її інтеграцію у світову господарську систему. В Україні нараховується близько 34 тис. акціонерних товариств. У 2006 р. на них було зайнято близько 80% усіх працюючих у промисловості і вироблялося понад 75% випущеної продукції.

Розвиток виробництва вимагає здійснення широкомасштабної інвестиційної діяльності та передбачає високу концентрацію грошових ресурсів, створення сприятливих умов для їх мобілізації. Це обумовлює появу на практиці господарських структур різного ступеня складності та організаційно-правового устрою, адекватних рівню розвитку ринку, в тому числі вимогам ефективного перетікання капіталу в оптимальні, з точки зору доходності сфери. Більш за все цим вимогам відповідають такі системи господарюючих суб’єктів, як корпорації.

Визначення цього терміну зустрічається в багатьох українських та зарубіжних джерелах.

У розвинених країнах акціонерні товариства називаються корпораціями (від латинського corporatio об'єднання). Цей термін (corporation) у перекладі з англійської мови означає групу осіб, яким законодавство дозволяє діяти як єдиній персоні. Відповідно до

американського юридичного трактування, відомого ще з XIX столгття: «Корпорація – це штучне створення, невидиме, невловиме й існуюче тільки законодавчо. Являючись простим породженням закону, вона має тільки ту власність, яка декларована».

Власність представлена частками в капіталі. Корпорація має три відмінні характеристики: 1) відділення власності від управління й обмежена відповідальність, тобто відповідальність власників обмежена її ресурсами, на відміну від товариств чи індивідуальних підприємств, де зберігається необмежена відповідальність власників; 2) здатність укладати контракти і володіти власністю; 3) передане право власності, що забезпечує існування корпораії за межами терміну життя її власників. Акціонери обирають корпоративних директорів, які у свою черту, визначають її політику.

Слід підкреслити, що в міру збільшення кількості учасників, які поєднують свої капітали, ступінь впливу їх на діяльність великої корпорації знижується, а процес прийняття господарських рішень стає подібним до демократичного механізму в політиці. Цей механізм припускає, що кожен дієздатний громадянин одержує можливість особистого впливу на суспільні справи за допомогою процедур голосування.

Розвиток зазначеного процесу і залучення в акціонерні підприємства мільйонів вкладників означає, що корпорації одержують окремі риси квазіпублічних організацій. В Україні це ВАТ «Укртранснафта» 75000 акціонерів, НАК «Нафтогз Україна», ВАТ «Укртелеком», в реєстрі якого налічується понад 120000 акціонерів. Ці організації виходять за межі чисто конкурентної економіки: у них виробництво й інвестиції вже не підкоряються диктату ринкових цін, а діяльність здійснюється на основі планомірного розвитку.

Ця тенденція, відзначена в класичній роботі А. Берлі і Г. Минза "The Modern Corporation and Private Property" (1933 р.), пізніше знайшла розвиток у роботах Р. Лернера, Л. Гітмана, Дж. Гелбрейта і деяких інших зарубіжних дослідників. Зокрема, як підкреслює Дж. Гелбрейт, сучасні корпорації,

володіючи величезними розмірами і накопиченим капіталом, прагнуть уже не стільки до ризикованої максимізації прибутку, скільки до забезпечення визначеного мінімального (хоча і не обов'язково низького) рівня доходів, здатного заспокоїти власників і кредиторів, а також до надійного, передбачуваного і стійкого його зростання шляхом здійснення контролю за навколишнім господарським середовищем.

Поняття «корпорація» звичайно означає форму організації великомасштабного виробництва промислової продукції та послуг. Найбільш загальне «універсальне» визначення міститься в термінологічному словнику Д. Розенберга. Відповідно до словника, корпорація – це організація, що поставила перед собою певні цілі, діє на суспільне благо, має певні права, є юридичною особою, діє на постійній основі і несе обмежену відповідальність. Відповідно до іншого, настільки ж загального трактування цього поняття, корпорація – це об’єднання фізичних і юридичних осіб та капіталів для здійснення соціально корисної діяльності. Становлення й розвиток індустріального сектора історично було і залишається нерозривно пов'язаним з функціонуванням виробничих конгломератів в окремій галузі чи сфері.

Класична корпоративна структура припускає чітке розмежування власності та управління, протиставляючи найманих працівників власникам компанії. Проте не слід вважати, що класична індустріальна корпорація протягом багатьох десятиліть являла собою щось застигле. Навпаки, з розвитком суспільного виробництва і переходом до інших ціннісних установок вона змінювала звичні форми й удосконалювала свою внутрішню структуру.

Більшість як зарубіжних, так і вітчизняних авторів помилково прямо зв'язують зміну відносин власності зі зростанням ефективності господарювання.

Слід зазначити, і це підтверджує досвід України по реформуванню, що зміна форми власності не вирішує проблеми ефективності господарювання.

Процеси реформування в Україні можна розділити на три періоди, пов’язані зі зміною форм власності:

– 1992-1994 рр. – реформування державних підприємств, на яких приватизація у більшості випадків здійснювалася неконкурентними засобами: шляхом оренди чи викупу трудовим колективом;

– 1995-1998 рр. – період масової приватизації, що здійснювалася переважно за приватизаційні майнові і компенсаційні сертифікати і була спрямована на залучення більшості населення до створення акціонерних товариств (в більшості закритих);

– з 1999 року – почалась грошова приватизація, створення відкритих акціонерних товариств, активізувалися механізми перерозподілу власності на акціонерний капітал з подальшою його реструктуризацією. Зміна пріоритетів на останньому етапі змушує по-новому відноситися до основних категоріальних понять і концептуальних проблем процесу змін форм власності (Рисунок 1.1).

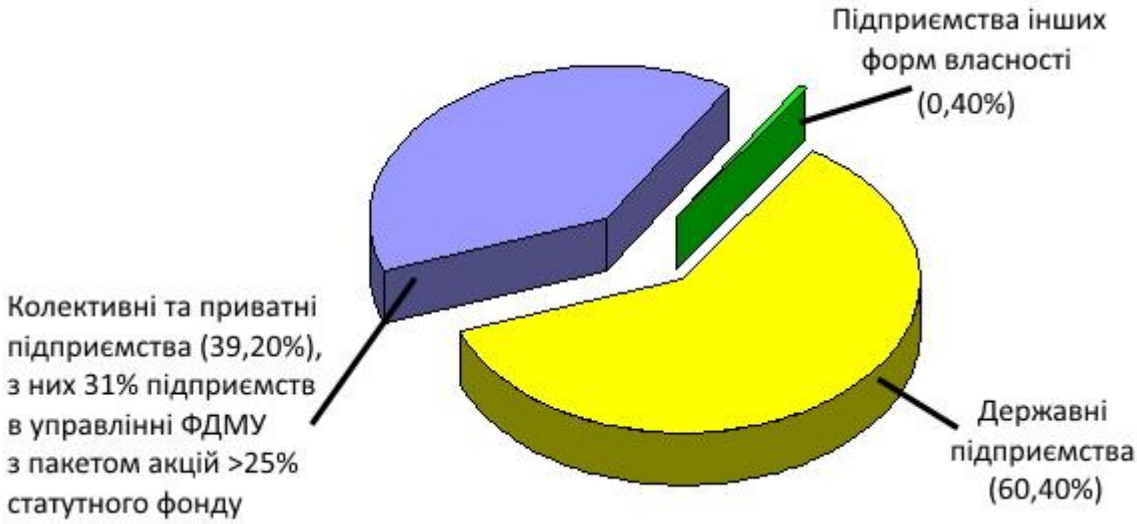


Рисунок 1.1 Підприємства України за формами власності

В 2006 р. процеси акціонування та корпоратизації складні і суперечливі, їх ефективність незначна. Разом з тим щодо критеріїв оцінки ефективності процесів зміни форм власності у зарубіжній і вітчизняній літературі немає однозначної думки. Більшість економістів безумовно

схиляються до думки, що в ринковій економіці немає місця державному монополізму.

У цілому приватизованими підприємствами за 2006 рік отримано чистий прибуток у розмірі понад 1830 млн. гри. (79,6% загальної суми чистого прибутку, отриманого всіма підприємствами України), ними вироблено продукції на 78343,4 млн. грн,, що складало 58,3% загального об'єму виробництва. На реформованих підприємствах у 2006 р. було зайнято 3,3 млн. працівників, що становило 24,1% працюючих по найму на підприємствах, в установах і організаціях (крім тих, що віднесені до малих).

Необхідно відзначити, що корпорації здобувають свої капіталоутворювальні ознаки за рахунок розширення можливостей залучення зовнішніх позикових джерел фінансування бізнесу у формі банківських кредитів, додаткового випуску акцій та облігацій через ринок цінних паперів корпорації, мають можливість об’єднати в загальний фонд фінансові ресурси значної кількості окремих осіб.

Крім того, виникнення промислових акціонерних підприємств створює новий об'єкт позикового капіталу, що є важливою передумовою розвитку великих банківських структур, оскільки кредитні організації, навіть володіючи достатніми ресурсами, не можуть самостійно організувати реалізацію великих інвестиційних проектів.

Одним із найважливіших напрямів подальшого розвитку підприємства є реформування, результатом якої є створення акціонерного товариства-корпорації.

Реформування як економічна категорія та процес на практиці з явилась разом із трансформацією економіки держави на етапі становлення ринкових відносин. Цей процес містить в собі широкий спектр різноманітних перетворень (безліч структурних змін) на макро- та мікроекономічному рівні.

Реформування, на нашу думку, на макрорівні – це політика уряду щодо трансформації структури всієї економіки держави та механізмів управління нею, на мікрорівні – процес трансформації господарюючого суб’єкта шляхом

його акціонування з метою підвищення ефективності, залучення інвестицій, виконання юридичних та соціальних зобов'язань.

Розглянуті питання певного мірою стосуються реформування залізничного транспорту. Держава може впливати на розвиток залізничного транспорту та безпосередньо проводити свою політику через корпоративне регулювання діяльності операторів в частині державного фінансування інфраструктури, санації фінансів залізниць та списання боргів, а також передачі регіональній владі частки бюджетних коштів для компенсації ДАК збитків від місцевих та регіональних пасажирських перевезень. З цих позицій набуває особливої актуальності розробка та впровадження методів корпоративного управління сучасною компанією в процесі реформування, акціонування та після створення ДАК.

Компанії, в яких є високі стандарти корпоративного управління і які їх дотримуються, як правило, мають більш широкий доступ до капіталу по відношенню до корпорацій, які управляються неналежним чином та мають фінансові труднощі. Ринки цінних паперів, на яких діють жорсткі вимоги до системи корпоративного управління, здатні знижувати інвестиційні ризики. Як правило, такі ринки приваблюють більше інвесторів, готових надати капітал за розумною ціною, та виявляються більш ефективними завдяки тому, що поєднують власників капіталів та підприємців, потребуючих зовнішніх фінансових ресурсів.

Ключовим фактором підвищення економічної ефективності корпорацій є корпоративне управління. Корпоративне управління враховує досвід декількох століть. Так, в шекспірівському «Венеціанському купці» ми бачимо турботу торговця, який доручає своє майно - кораблі та товари - іншим особам (тобто відділяє власність від контролю за нею). А повноцінна теорія корпоративного управління стала формуватися лише в 80-ті роки минулого століття. Аналізуючи еволюцію розвитку корпоративного управління, особливості сучасної епохи і двох попередніх, вчені дійшли висновку, що в XIX ст. двигуном економічного розвитку було

підприємництво, у XX ст. - менеджмент, а у XXI ст. ця функція переходить до корпоративного управління.

Зараз у розвинених країнах уже чітко визначені основи системи відносин між головними діючими особами корпоративного спектаклю (акціонерами, менеджерами, директорами, кредиторами, співробітниками, постачальниками, покупцями, державними чиновниками, жителями місцевих громад, членами громадських організацій і рухів). Така система створюється для вирішення трьох основних задач корпорації: 1) забезпечення її максимальної ефективності, 2) залучення інвестицій, 3) виконання юридичних і соціальних зобов'язань.

Корпоративний менеджмент (corporate management) і корпоративне управління (corporate governance) – не те саме. Перший термін має на увазі діяльність професійних фахівців у ході проведення ділових операцій. Іншими словами, менеджмент зосереджений на механізмах ведення бізнесу. Друге поняття набагато ширше: воно означає взаємодію безлічі осіб та організацій, що мають відношення до самих різних аспектів функціонування фірми.

Корпоративне управління знаходиться на більш високому рівні керівництва компанією, ніж менеджмент. Перетинання функцій корпоративного управління і менеджменту має місце тільки при розробці стратегії розвитку компанії.

Таким чином, ключовим фактором підвищення економічної ефективності корпорації є корпоративне управління. Слід зазначити, що сьогодні відсутнє загальноприйняте визначення «корпоративного управління».

На нашу думку, корпоративне управління слід визначити так:

- по-перше – це процес, який регламентує баланс між економічними та соціальними цілями, між індивідуальними і державними інтересами;
- по-друге – це механізм, за допомогою якого формуються цілі компанії, визначаються засоби їх досягнення й контроль над її діяльністю;

- по-третє – це система відносин між інвесторами - власниками компанії, його менеджерами, керівництвом, наглядовою радою та іншими зацікавленими особами.

У квітні 1999 року у спеціальному документі Організацією економічного співробітництва і розвитку (вона поєднує 29 країн з розвиненою ринковою економікою) було сформульовано таке визначення корпоративного управління: «Корпоративне управління відноситься до внутрішніх засобів забезпечення діяльності корпорації і контролю над ним. Одним із ключових моментів для підвищення економічної ефективності є корпоративне управління, що включає комплекс відносин між керівництвом (менеджментом, адміністрацією) компаній, її радою директорів (наглядовою радою), акціонерами й іншими зацікавленими особами (стейкхолдерами).

Корпоративне управління також визначає механізми, за допомогою яких формуються цілі компанії, визначаються засоби їх досягнення і контролю над її діяльністю. Там же були детально описані п’ять головних принципів належного корпоративного управління:

1. Права акціонерів (система корпоративного управління повинна захистити права власників акцій).

2. Рівне відношення до акціонерів (система корпоративного управління повинна забезпечити рівне відношення до всіх власників акцій, включаючи дрібних та іноземних акціонерів).

3. Роль зацікавлених осіб в управлінні корпорацією (система корпоративного управління повинна визнавати установлені законом права зацікавлених осіб і заохочувати активне співробітництво між компанією й усіма зацікавленими особами з метою збільшення суспільного багатства, створення нових робочих місць і досягнення фінансової стійкості корпоративного сектора).

4. Розкриття інформації і прозорість (система корпоративного управління повинна забезпечувати своєчасне розкриття інформації про всі суттєві аспекти функціонування корпорації, включаючи відомості про

фінансове положення, результати діяльності, склад власників і структуру управління).

5. Обов'язки наглядової ради директорів (рада директорів забезпечує стратегічне управління бізнесом, ефективний контроль над роботою менеджерів і зобов'язана звітувати перед акціонерами і компанією в цілому).

Зовсім коротко базові поняття корпоративного управління можна сформулювати у такий спосіб:

- справедливість (принципи 1 і 2),
- відповідальність (принцип 3),
- прозорість (принцип 4),
- підзвітність (принцип 5).

1.2 Досвід реформування залізничної галузі закордоном

У розвинених країнах використовуються дві основні моделі корпоративного управління. Англо-американська (ринкова) діє у Великобританії, США, а також у Австралії, Індії, Ірландії, Новій Зеландії, Канаді, ПАР. Німецька модель (модель контролю) характерна для самої Німеччини, деяких інших країн континентальної Європи, а також для Японії. Іноді японську модель виокремлюють як самостійну /11,12,13,16/.

За останні роки з'явилася так звана підприємницька модель. Ця модель здійснюється в умовах корпоративного середовища, для якого характерні високий ступінь роздробленості акціонерної власності, висока емісійна активність, розвинений ринок прямих інвестицій, наявність великих і активних інституціональних інвесторів. Формально внутрішні механізми корпоративного управління підприємницької моделі створені правильно, але вони не працюють ефективно через те, що зовнішні механізми корпоративного управління не дисциплінують поведінку акціонерів, менеджерів, трудовий колектив, не стимулюють зростання акціонерного капіталу.

На рисунках 1.2 – 1.5 подано моделі корпоративного управління (англо-американська, німецька, японська). Моделі корпоративного управління можна розглядати в різних аспектах (ділова культура, способи фінансування та інші). Основні характеристики діючих моделей корпоративного управління та проектної моделі наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Характеристики моделей корпоративного управління

Складові	Англо-американська	Німецька	Японська	Підприє-мницька	Проектна для оператора телекомунікацій
Система соціальних цінностей	Індивідуалізм, свобода вибору	Соціальна взаємодія і згода	Взаємодія та довіра	-	Свобода вибору
Роль трудових колективів	пасивна	активна	активна сопричетніс	екстремальне реагування	активна
Основний спосіб фінансування	фондовий ринок	банки	банки	-	банки
Горизонт інвестування	короткий	довгий	довгий	-	короткий
Вартість капіталу	висока	середня	низька	-	середня
Ринок капіталу	високо-ліквідний	ліквідний	відносно-ліквідний	неліквідний	неліквідний
Основна економічна одиниця	компанія	холдінг	фінансово-промислова група	-	акціонерна компанія - корпорація
Оплата менеджменту	висока	середня	низька	-	низька
Структура акціонерного капіталу	дисперсний	істотно сконцен-трований	сконцентро ваний	-	істотно сконцентрований

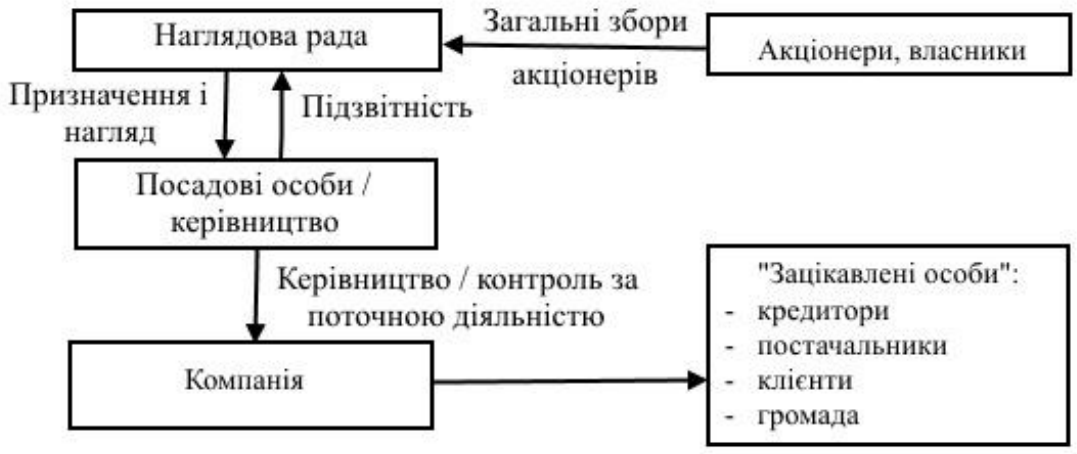


Рисунок 1.2 Англо-американська модель корпоративного управління

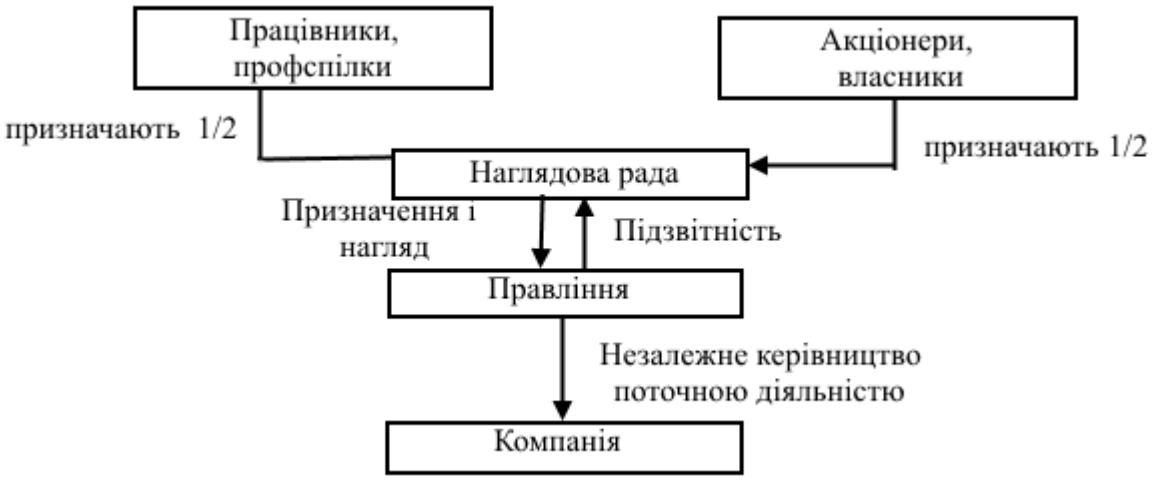


Рисунок 1.3 Німецька модель корпоративного управління

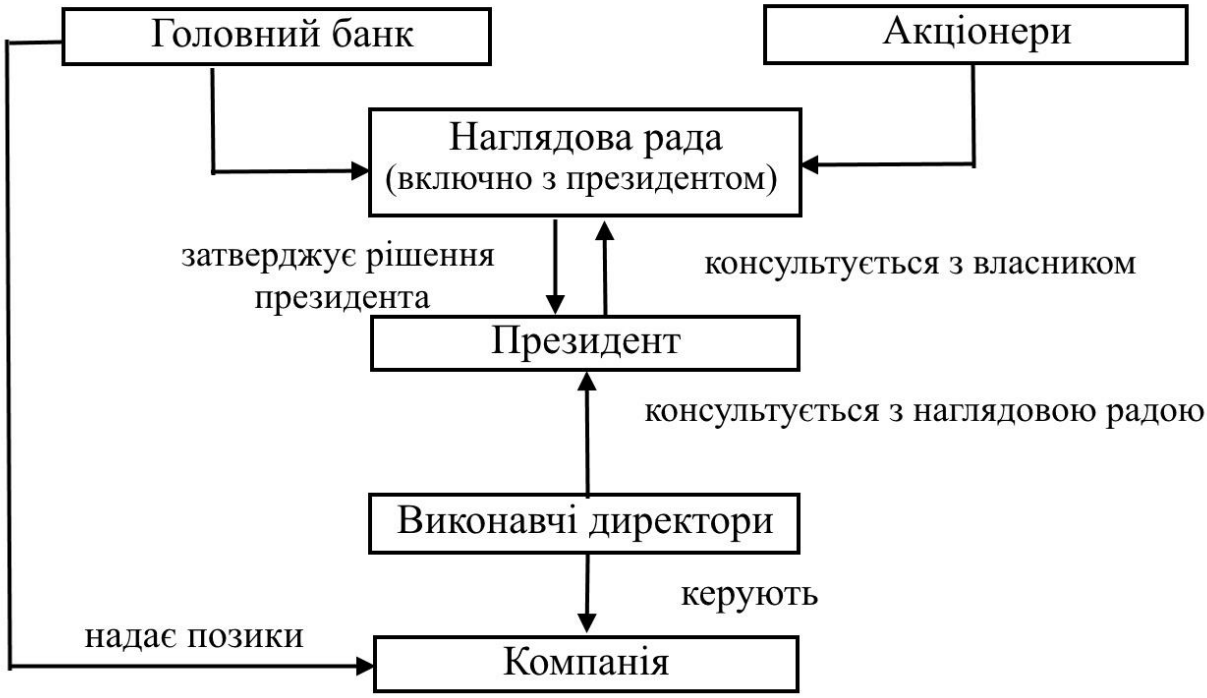


Рисунок 1.4 Японська модель корпоративного управління

В Україні розроблено проект кодексу корпоративного управління, в якому знайшли відображення сучасна англо-американська та німецька моделі. Основні складові української моделі, які вимальовуються із досвіду ринкових перетворень, наведено на рисунку 1.5.

В Україні на національному рівні фактично не існує моделі корпоративного управління.

Сучасна модель корпоративного управління повинна враховувати особливості економічного розвитку держави, регіону, окремої компанії і бути адаптивною до ринку, який стрімко розвивається.

В процесі реформування залізничного транспорту та створення ДАК може бути запропонована модель корпоративного управління, яка враховує діючі правові, економічні та політичні умови України (рисунок 1.5).

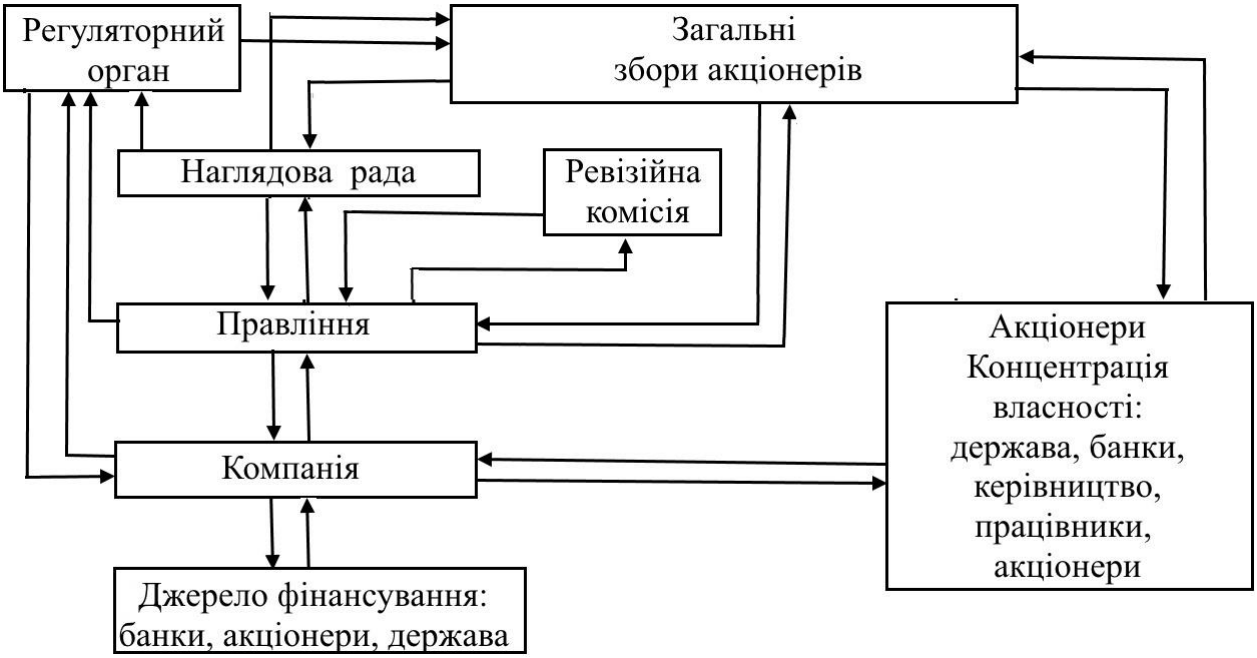


Рисунок 1.5 Модель корпоративного управління оператора ДАК

Таким чином, корпоративне управління можна сформулювати як вибраний компанією спосіб самоуправління, що забезпечує справедливий і рівноправний розподіл результатів діяльності між усіма акціонерами, а також іншими «фінансово зацікавленими особами», тобто кредиторами. Поняття „корпоративне управління”, на нашу думку, це комплекс правил і стимулів, завдяки яким акціонери проводять контроль над керівництвом компанії та впливають на менеджмент з метою максимізації прибутку та вартості компанії. Результативне корпоративне управління є важливим елементом ринкової економіки. Акціонери та інші фінансово зацікавлені особи повинні

мати доступ до необхідної інформації та можливість контролювати керівництво компанії в частині використання її активів.

Рівень корпоративного управління вимірюється його рейтингом, який на міжнародному рівні установила компанія «Стандарт єнд Пурд», і показує, як практика корпоративного управління даної компанії відповідає кодексам і принципам кращих зразків практики в даній області. Компанія ще в 1998 р. розробила методологію аналізу та рейтингу стандартів корпоративного управління, згідно з якою рейтинг корпоративного управління (РКУ) вимірюється від РКУ-10 (найвищий бал) до РКУ-1 (нижчий бал). На жаль, РКУ в Україні не вимірювався. Згодом цю методику доцільно буде застосувати в ДАК.

Реформування залізниць світу триває і залучає все більше країн. Обсяги реформування постійно зростають. Кількість країн, що беруть участь у цьому процесі, наближається до 60, а загальна сума реалізованих програм становить понад 170 млрд. дол. Розвинені країни Західної Європи вже мають міцні корпорації або групи і проводять політику з придбання акцій інших національних операторів та компаній на світовому ринку, діючи у партнерстві між собою або з провідними світовими компаніями. За результатами проведення реформування залізничного транспорту та операторів, держави можна поділити на ті, що пройшли реформування успішно, і ті, що закінчили цей процес останнім часом і результати ще не визначились, і на ті, що знаходяться у цьому процесі. Це залежить від таких причин:

перша – залізничний транспорт в різних країнах перебуває на неоднакових стадіях свого життєвого циклу. І якщо залізниці США, Канади, Японії перебувають на підйомі, то залізниці країн-членів ЄС – на застиглій стадії, а залізниці країн Східної Європи і СНД – на стадії застою. В країнах Європи, а також США, Канаді і Японії в останнє десятиріччя спостерігається зменшення попиту на транспортні послуги залізниць. Питома вага перевезень залізницями зменшується, а якість обслуговування зростає повільніше, ніж

на інших видах транспорту. Продовження експлуатації суспільно значимих пасажирських ліній потребує дотацій держави і, як правило, досить суттєвих;

друга – реструктуризація світових залізниць набрала широкомасштабного і незворотного характеру. Мета всіх цих перетворень – збереження позицій залізничного транспорту як великого перевізника пасажирів та вантажів;

третя – при реформуванні залізниць використовуються різноманітні форми: акціонування, приватизація, зміна статусу, укрупнення, розукрупнення, створення спільних компаній та ін. Основою всіх перетворень є лібералізація залізниць в кожній країні;

четверта – в усіх країнах, де ведеться реформування залізниць визначаються три форми власності:

- державна (муніципальна);
- пайова з участю держави та приватного капіталу;
- приватна.

При державній формі власності держава виконує дві функції: виступає в ролі власника залізниць і їх клієнта. При цьому механізмом, який регулює питання співробітництва держави і залізниці, слугує контракт-план. Контракт-план – це угода між власником державного підприємства і його адміністрацією, що встановлює виробничі завдання, виділені ресурси, делеговані повноваження або тільки принципи компенсації затрат на виконання підприємством збиткових перевезень.

При пайовій та приватній формах власності власник і клієнт залізниці вступають в економіко-правові відносини, які регулюються в кожному конкретному випадку по-своєму.

Залізничний транспорт України є однією з базових галузей економіки. Стабільне та ефективне функціонування залізничного транспорту є необхідною умовою для забезпечення обороноздатності, національної безпеки і цілісності держави, підвищення рівня життя населення.

Реформування залізничного транспоргу України провадиться з метою задоволення зростаючих потреб національної економіки і населення в перевезеннях, підвищення їх якості та зменшення вартості транспортної складової в ціні продукції.

Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 р. №651-Р схвалена Концепція Державної програми реформування залізничного транспорту України, яка передбачає:

– підвищення ефективності діяльності галузі шляхом забезпечення безпеки функціонування і доступності ринку послуг залізниць для всіх суб'єктів господарювання;

– створення умов для рівного доступу до користування послугами об'єктів інфраструктури залізничного транспорту та додатковими послугами;

– удосконалення системи управління залізничним транспортом;

– створення сприятливих умов для залучення інвестицій, необхідних для оновлення та модернізації виробничо-технічної бази залізниць;

– інтеграцію залізничного транспорту України до європейської і світової транспортних систем, створення організаційно-правових, економічних і техніко-технологічних передумов для запровадження принципів європейської транспортної політики;

– забезпечення прозорості фінансової діяльності залізничного транспорту.

Зважаючи на прагнення України до інтеграції в європейську та світову транспортні системи, має сенс розглянути досвід країн Європи в реформуванні залізничного транспорту.

У зв'язку з приєднанням нових країн до ЄС у 2006 р., а також враховуючи те, що є ще багато кандидатів на майбутнє членство в Союзі (зокрема, країни Східної Європи), відбувається реформування державних залізниць за вимогами директив ЄС 2001/12, 2001/13 і 2001/14.

Така адаптація є законною підставою для набуття членства в ЄС, але слід зауважити, що ця ситуація означає необхідність зробити суттєві

пояснення щодо моделі управління залізницею і, власне, відокремлення двох секторів у традиційній організаційній структурі: управління інфраструктурою та управління перевізним процесом. Це розділення, яке вперше було визначено в директиві 91/440/Е40, стало важливим кроком уперед. Воно змушує залізницю запроваджувати нові правила й принципи управління задля організації цих специфічних сфер діяльності, визначення відповідних вимог до власного майна, власних розрахунків, тобто власних фінансових показників.

Відділення функцій управління інфраструктурою від експлуатаційних є ключовим моментом стратегії Європейської комісії з реструктуризації залізничного транспорту в країнах членах ЄС, посилення ринкової орієнтації і відкриття національних мереж залізниць для конкуренції. До того ж цей захід, на думку комісії, повинен допомогти посиленню прозорості у фінансових питаннях, а саме гарантувати спрямування бюджетних коштів тільки на розвиток інфраструктури і підтримку соціально необхідних перевезень, наприклад пасажирських, в приміських і регіональних сполученнях. Кошти з державних джерел не повинні використовуватися для субсидування національних перевізників або придушення конкуренції.

За останні 15 років підготовлені пакети документів з питань дерегулювання залізниць. Досвід показує, що реалізація принципу відділення інфраструктури виявилася найскладнішим моментом. За згаданий період законодавчі тлумачення терміну «відділення інфраструктури» істотно змінилися.

Оригінальна концепція спочатку обумовлювала розділення рахунків залізничних компаній, тобто ведення обліку витрат на інфраструктуру незалежно від витрат на експлуатацію. Тоді ж прозвучала вимога про допуск конкуренції між національними залізницями і деякими операторами, що отримують право рівного доступу до інфраструктури за недискримінаційну плату.

З часом перелік ринків, відкритих для конкуренції, розширювався. Відповідні директиви ЄС вимагали, щоб функції контролю над інфраструктурою були передані агентству, не пов'язаному з якими-небудь компаніями-операторами, і щоб режимом доступу управляла (або принаймні спостерігала за ним) незалежна адміністрація.

З часом концепція недискримінації визнана недостатньо коректною, оскільки економічні і політичні аспекти можуть знаходитися в конфлікті. Предметом дискусії є така ситуація, коли уряд використовує режим доступу або фінансової підтримки для дискримінації сторонніх, крім національної компанії, перевізників. Проте цінова дискримінація в сенсі використання готовності і здатності оператора платити за послугу в цілях компенсації фіксованих інфраструктурних витрат представляє фундаментальний інструмент ціноутворення на залізницях.

Уряди багатьох країн віддали перевагу шляху інституційного розділення функцій шляхом створення органу, що керує інфраструктурою, незалежно від компаній-операторів може визначати пріоритети політики доступу, порядок і розмір плати (під наглядом уряду), а також займатися розробкою графіка руху і оперативним регулюванням руху потягів.

Уряд Німеччини відокремив національних провайдерів інфраструктури від операторів-перевізників, які всі увійшли до складу єдиного холдингу. У Франції і Фінляндії також створені незалежні адміністрації інфраструктури, які зобов'язані на контрактних умовах передати деякі (спочатку передбачалося, що всі) експлуатаційні функції національним компаніям-операторам. В Угорщині реалізований інший варіант функції управління перевезеннями і інфраструктурою залишилися у веденні національних залізниць, але створено незалежне агентство по встановленню пріоритетів доступу і плати за нього.

У багатьох країнах держава залишається власником інфраструктури залізниць і управляє її використанням. Тільки Великобританія і Естонія зробили спроби приватизувати інфраструктуру. У ряді країн зберігається

деякий контроль за пасажирськими перевезеннями на національному або місцевому рівні у вигляді концесій або контрактів з фіксованим терміном як з національними, так і з приватними операторами. Вантажні перевезення дерегульовані більшою мірою, ніж пасажирські. З'явилося декілька приватних компаній, які виконують перевезення з перетином меж, користуючись правами відкритого доступу. В більшості випадків національні залізниці продовжують виконувати перевезення в міждержавних сполученнях в рамках угод про кооперацію, але німецька вантажна компанія Каііїоп поглинула операторів вантажних перевезень залізниць Нідерландів, Данії та Італії.

За час тривалого процесу вирішення питань реформування було визначено три структурні моделі, рийнятні для країн-кандидатів у члени ЄС:

1. *Модель розділення* (інституційне розділення операторів інфраструктури і підприємств, що здійснюють залізничні перевезення).

Піонером такої моделі є Швеція: кожну сферу діяльності залізниці там здійснює самостійна юридична особа з відокремленими балансом, звітністю і відповідальністю за результати діяльності.

Цю модель, з відповідною національною адаптацією, використано в скандинавських країнах, Великій Британії, Іспанії, Португалії, Франції та Г олландії.

2. *Інтеграційна модель*. Сфери діяльності (крім управління інфраструктурою та надання перевізних послуг) це незалежні з точки зору управління одна від одної структури, які мають окремі рахунки та окремий баланс.

Відповідні організаційні структури не є самостійними юридичними особами. Інтегроване підприємство в цьому випадку є єдиною юридичною особою. Ця модель працює в Бельгії та Люксембурзі. До 1997 р. вона діяла у Франції.

3. *Холдингова модель* (трансформація в холдинг) є результатом поєднання двох перших моделей.

У цьому випадку юридично незалежні суб'єкти діяльності мають свободу дій, але їхні стратегії визначаються організаційною структурою управління холдингом. Цей шлях пройшла Німеччина, а згодом сюди долучились Італія, Австрія та Греція.

Спеціалісти вважають цю модель останньою стадією удосконалення інтеграційної моделі. Але є інша думка, в якій спеціалісти вбачають початок нового розвитку, що в подальшому має привести до моделі розділення.

Таким чином, країни-кандидати на членство в ЄС мають три можливості реструктуризації залізниць, аби виконати вимоги ЄС. Навряд чи можливий четвертий шлях. Хоча у будь-якому випадку не виключаються специфічні національні адаптації залізниць до організаційно-правової структури суб'єкта діяльності.

Нові країни-члени ЄС мають керуватися базовими характеристиками власних залізниць і вибирати ту модель, яка найкраще відображає ці характеристики та мету їх діяльності.

1.3 Реалізація процесів реформування залізничної галузі

Залізниці України належать до великих залізничних мереж з довжиною понад 22000 км, з площею обслуговування 604 тис. км та густотою населення 79,1 чол/км. На нашу думку, при реформуванні залізниць України слід враховувати свою специфіку, свої умови роботи, економіки і політики та досвід інших держав /6,7/.

Саме тому за результатами порівняльного аналізу, передбачених законодавством організаційно-правових форм господарювання (асоціація, корпорація, концерн, державна акціонерна компанія, холдингова компанія тощо) в Концепції Державної програми реформування залізничного транспорту найбільш прийнятною формою організації діяльності підприємств залізничного транспорту є корпоративна, із створенням на базі

Укрзалізниці залізниць, підприємств, установ та організацій галузі державної акціонерної компанії, 100 % акцій якої належатимуть державі.

Результати досліджень показують, що реорганізація та приватизація у більшості, країн світу здійснювалась у декілька етапів, протягом 10-12 років. Компанії, які були реорганізовані, а потім акціоновані першими, мали високу вартість під час продажу їхніх акцій. Однак не тільки факт черговості вплинув на вартість акцій компанії, дані компанії є найбільш розвиненими як у технологічному, так і у структурному плані та міжнародному напрямі.

Аналіз системи підготовки реформування компаній Східної Європи показує, що «піонери» продавали акції, користуючись поширеною методикою здійснення фінансових операцій на фондовому ринку. При цьому кошти, що надходили від цього, залишились у компанії та йшли на їх реорганізацію, технічне оснащення і розвиток. Компанії Східної Європи, які реформувались пізніше, насамперед фокусували коло своїх інтересів на появі стратегічного інвестора, у ролі якого в більшості випадків виступали колишні європейські монополісти. Крім того, на їх реформування впливали відсутність або неадекватний розвиток в цих країнах економічно-правових відносин, які формувались на ринкових засадах, а також недосконаліть та непідготовленість механізму управління й організації в середині компанії.

Досвід показує, що процес підготовки до реформування у різних країнах світу характеризується наявністю таких етапів:

– підготовка та формування законодавчої бази;

– розробка прозорого механізму реорганізації;

– чітке проведення інвентаризації активів підприємств, які були задіяні в процесі реформування;

– формування статутних фондів;

– акціонування національного оператора;

– підготовка залізниць до реструктуризації компанії;

– продаж першого пакету акцій інвестору;

– лібералізація транспортного ринку країни;

– стратегічна та структурна переорієнтація компанії відповідно до вимог нових власників з одночасним збереженням профілю;

– перерозподіл власності та поява нових інвесторів (етапи повторної продажі пакетів акцій);

– досягнення фінансової стабільності;

– реєстрація акцій компанії на фондовій біржі (Нью-Йоркській, Лондонській, німецькій) відповідно до вимог Комісії з цінних паперів та фондових бірж цих країн.

До особливостей реформування слід віднести:

– час початку реформування та його тривалість;

– дотримання послідовності етапів реформування;

– джерела надходжень інвестицій (кошти від продажу акцій залишалися в компанії і йшли на її розвиток і реорганізацію);

– кількість промислових інвесторів;

– розподіл отриманих від продажу акцій коштів за напрямами та обсягом;

– стан технологічного розвитку;

– обсяг міжнародної діяльності.

Взагалі, особливості процесу реформування не можна розглядати як позитивні або негативні фактори. Вивчення особливостей їх впливу на результати потребує оцінки, насамперед для тих країн, де реформування тільки починається. Цілком зрозуміло, що «піонери» реформування поряд з усіма труднощами знаходились у більш сприятливих умовах, тому що мали можливість сподіватись на отримання як внутрішніх, так і зовнішніх інвестицій. Досвід акціонування енергетичних компаній України, а також Укртелекому показує, що залучити іноземний капітал дуже складно.

Більшість так званих «вільних» коштів вже використано, більш-менш «надійні» оператори реформовані, тобто залишились ті, що знаходяться у зонах великого ризику. Реформування, як уже відзначалось, має певні закономірності, без яких воно не може здійснюватися, їх дотримання

потребує часу, а штучне скорочення терміну призводить до негативних наслідків. Слід також зазначити, що на результати реформування впливає стан технологічного розвитку оператора, оскільки від цього залежать як його вартість, так і привабливість для інвесторів, можливість міжнародної діяльності, оскільки збільшується інтерес до оператора з боку його іноземних клієнтів.

З усього вищезазначеного можна зробити висновок про те, що для створення сприятливих умов щодо реформування залізничного транспорту найпривабливішим на даний час є проведення реформування цього сектора економіки, головна умова реалізації якого міститься у створенні ДАК. Аналізуючи приклади проведення реформування, можна зазначити декілька аспектів, що позитивно впливають на появу інвесторів:

1. створення нормативно-правової бази щодо реформування оператора, захисту інвесторів, регулювання лібералізованого ринку транспортних послуг; встановлення взаємовідносин між операторами, владою, регулюючими органами;

2. діяльність фондового ринку та його регулювання, присутність інституту професійних учасників і фінансових гарантів, бо від цього залежить ефективність емісії та продажу цінних паперів, поява великих і малих інвесторів;

3. наявність корпоративних відносин, організаційної структури, більш-менш відповідної до вже існуючих у розвинених транспортних корпораціях, бо саме вони можуть стати потенційними великими інвесторами, тому що така аналогічність позитивно впливає на прийняття рішення про здійснення капіталовкладень.

Реформування залізниць України, відповідно до Концепції, передбачалося здійснити протягом десяти років з виділенням трьох основних етапів.

На першому етапі (2006-2008 рр.) мали бути сформовані законодавчі основи та проведені організаційні заходи щодо розмежування державних та

господарських функцій. Законодавчі акти, що регламентують діяльність залізничного транспорту, необхідно привести у відповідність до чинного законодавства України. Зокрема, мали бути прийняті Закон України Про особливості реформування (корпоратизації) підприємств залізничного транспорту", внесені зміни та доповнення до Закону України "Про залізничний транспорт" та цілого ряду інших законодавчих актів (всього понад 10).

Головним підсумком першого етапу структурної реформи було створення ДАК "Українські залізниці".

На другому етапі реформування (2008-2010 рр.) проводилося організаційне розмежування природно-монопольного і конкурентних видів діяльності залізниць шляхом виділення з них у безпосереднє підпорядкування компанії структурних підрозділів, що здійснюють вантажні та пасажирські перевезення, ремонт локомотивів, вагонів, колій, об’єктів і споруд тощо; створювалися умови для поступового скорочення перехресного субсидування пасажирських перевезень за рахунок вантажних; розроблялися організаційно-правові основи для розвитку конкуренції.

На третьому етапі реформування (2010-2015 рр.) здійснювалося повне розмежування управління інфраструктурою і перевезеннями, для чого передбачалося: роздержавлення непрофільної діяльності, лібералізація тарифної системи у конкурентних видах діяльності, завершується створення фінансово-економічної моделі, яка чітко розмежовує і забезпечує прозорість фінансових потоків за видами діяльності.

В останні роки корпорації стають пануючою організаційно-правовою формою підприємств у промисловості, на базі якої у світі виробляється велика частина всіх товарів і послуг. У розвинених країнах питома вага корпорацій у загальному числі організацій різних форм підприємництва складає близько 10%, саме вони, за оцінками фахівців, забезпечують понад 70% обсягів продаж і до 70% усіх одержуваних доходів. Корпоративна модель реформування залізничного транспорту повинна забезпечити

органічне поєднання централізованого управління галуззю з ринковим механізмом господарювання, що відповідає принципам, визначеним Законом України «Про управління об'єктами державної власності».

Директивами Ради Європейського співтовариства визначено, що «інфраструктура залізниць включає залізничні колії, інженерні споруди, контактну мережу, пристрої сигналізації і телекомунікацій, захисні лісонасадження, платформи, будівлі та інші об’єкти, що забезпечують виконання основної діяльності залізничного транспорту, а саме надання послуг з перевезення».

2. Динаміка зміни стану локомотивного парку за кордоном і в Україні

Несвоєчасне і повільне оновлення ТРС в Україні призвело до вкрай незадовільного технічного стану ТРС і прогресуючого його погіршення.

В якості виходу із такого стану та для технічного переоснащення парку ТРС, згідно з концепцією функціонування та розвитку локомотивного господарства Укрзалізниці, сформуловано такі кроки /1,6,7 /.

Для маневрових тепловозів:

– у зв'язку з достатньою кількістю в інвентарному парку залізниць України маневрових тепловозів зупинити закупку маневрових тепловозів ТЕМ103;

– комплексно модернізувати тепловози серій ЧМЕ3 новим силовим обладнанням та сучасними системами безпеки і керування з подовженням терміну служби на 30 років.

Для магістральних вантажних тепловозів:

– з метою оптимізації серійності визначити наступні основні серії тепловозного парку залізниць України: М62, 2М62 і 2ТЕ116;

– поступово замінити тепловози серії 2ТЕ10 на тепловози серії 2ТЕ116 після проведення їм комплексної модернізації та подовження терміну служби на 20 років;

– комплексно модернізувати тепловози серій М62 та 2М62 сучасним силовим обладнанням та системами безпеки і керування з подовженням терміну служби на 30 років.

Для магістральних пасажирських тепловозів:

– проводити оновлення парку шляхом закупівлі пасажирських магістральних тепловозів серії ТЕП150;

– модернізувати тепловози серії ТЕП70 з подовженням терміну служби на 20 років.

Для магістральних вантажних електровозів змінного струму:

– продовжити поступову заміну електровозів серії ВЛ80 на електровози серії 2ЕЛ5;

– у зв’язку з низькою надійністю призупинити закупку магістральних електровозів ДЕ1 з метою заміни електровозів ВЛ8, які відпрацювали подовжений термін служби і по своєму технічному стану підлягають списанню із інвентарного парку;

– визначити основною серією вантажних електровозів постійного струму електровози 2ЕЛ4;

– визначити основною серією вантажних електровозів постійного струму на Придніпровській залізниці електровози ВЛ11М6;

– передати 20 електровозів ВЛ11 із Львівської на Придніпровську залізницю після проведення їм капітального ремонту.

Для магістральних пасажирських електровозів постійного струму:

– модернізувати електровози серії ЧС2 із заміною рам візків та кузовів, а також замінити електровози цієї серії, що відпрацювали подовжений термін служби, шляхом поетапної закупівлі нових.

Для магістральних пасажирських електровозів змінного струму:

– завершити модернізацію електровозів серії ЧС4 із заміною рам візків та кузовів;

– з метою заміни електровозів серії ВЛ60, які відпрацювали подовжений термін служби і за своїм технічним станом підлягають виключенню з інвентарного парку провести модернізацію 10 електровозів ВЛ80;

– після усунення конструкційних недоліків електровозів ДС3, розглянути можливість їх придбання.

Для магістральних електровозів подвійного живлення:

– з метою забезпечення потреб залізниць України розпочати роботи з організації спільного виробництва з одним із провідних виробників електровозів подвійного живлення на підприємствах України, при цьому до 40 % повинні становити саме вітчизняні комплектуючі.

Слід зазначити, що в розвинених державах світу за цей же період часу змінилося вже 2-3 покоління тягового рухомого складу. Більшість рухомого складу, що експлуатується на залізницях України в даний час, за якісними показниками і конструкцією значно гірший від сучасного закордонного. В порівнянні з ними має більш високі витрати на утримання при експлуатації. Відсутність сучасних мікропроцесорних систем управління та діагностики, асинхронного тягового приводу, сучасних систем охолодження тягових електричних машин та рекуперації енергії знижує його ефективність на 20-30% в порівнянні з закордонними зразками.

Таким чином, пріоритетом повинно стати не лише придбання необхідної кількості одиниць рухомого складу переважно нового покоління, що відповідає європейським технічним нормам щодо залізничного транспорту, а і наданню можливості приватним компаніям вийти на ринок перевезень (надати необхідні ліцензії, доступ до залізних колій та мереж тощо). Умови оплати за використання інфраструктури мають бути однаковими для всіх перевізників, включаючи і Укрзалізницю.

В сучасних умовах інтеграції України в Європейський союз актуальним посилає питання щодо реформування транспортної вітчизняної системи, зокрема, і української залізниці. Згідно із прийнятим Кабінетом Міністрів України від 30 травня 2018 року розпорядження «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року» українську транспортну систему очікують серйозні зміни / /. Щодо вітчизняних залізниць передбачалися такі заходи: лібералізація ринку залізничних перевезень на основі рівноправного доступу до залізничної інфраструктури та справедливої конкуренції між перевізниками; нормативно-правове забезпечення функціонування ринку залізничних перевезень; запровадження механізму допуску до ринку залізничних перевезень перевізників різних форма власності; структурна реформа Акціонерного товариства «Укрзалізниця», що передбачає фінансове та організаційне розділення оператора інфраструктури та перевізника.

На сьогодні єдиним оператором, перевізником та природним монополістом на ринку залізничних перевезень в Україні є Акціонерне товариство «Українська залізниця», власником якого є Кабінет Міністрів України.

Незважаючи на наявність розробленої стратегії, в діяльності АТ «Укрзалізниця» постають такі проблеми: неефективне управління, значне зношення основних фондів, нераціональні витрати матеріально-технічних та фінансових фондів, низький рівень кваліфікації працівників та незадовільна якість послуг залізничних перевезень, повільне реагування на виникаючі проблеми і реалізацію заходів щодо їх подолання.

Корисним досвідом для вітчизняного залізничного транспорту є практика європейських країн при реформуванні залізничного транспорту. При реформуванні залізничного транспорту в Україні дуже важливим є державна підтримка та регулювання вітчизняного транспортного комплексу, що має передбачати: адресне державне фінансування проектів залізничного транспорту; бюджетне субсидіювання пасажирського комплексу; тарифне регулювання перевезень; розвиток спільного фінансування перевезень з місцевими бюджетами тощо.

Середній вік тепловозів в Європейському союзі перевищує 30 років. Однак в експлуатації перебуває багато тепловозів, з терміном експлуатації у віці понад 45 років (Таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Віковий стан тепловозів у країнах Європейського союзу

Країна	Вимірювач	<1960	1960-1969	1970-1979	1980-1989	>1900	Разом
Австрія	од.	3	179	157	1	59	399
	%	1	45	39	0	15	-----
Бельгія	од.	99	347	90	0	0	536
	%	18	65	17	0	0	-----
Іспанія	од.	12	141	95	76	135	459
	%	3	31	21	17	29	-----
Франція	од.	441	1478	617	302	134	2972
	%	15	50	21	10	5	-----
Швейцарія	од.	143	201	0	109	185	638
	%	12	32	0	17	28	-----
Чехія	од.	13	356	771	350	77	1567
	%	1	23	49	22	5	-----

У зв'язку з моральним і фізичним зносом локомотивного парку приймаються зусилля для збереження конкурентоспроможності на ринку перевезень шляхом оновлення свого локомотивного парку.

3. Запровадження сучасних засобів безпеки

3.1 Впровадження системи автоведення поїздів

Розглянемо досвід впровадження системи автоведення поїздів за кордоном. Так на магістральній лінії лондонської залізничної мережі «Thameslink» планується використовувати систему автоматичного управління рухом поїздів (АТО) разом з Європейською системою керування рухом поїздів ETCS. Магістральна лінія з'єднує північні і південні лінії ділянкою довжиною 8 км у центрі міста. Компанія-Оператор залізничної інфраструктури «Network Rail» (NR) докладно проробила ланцюжок поставок, щоб з'ясувати, як АТО може допомогти скорегувати інтервали руху разом з ETCS 2-го рівня.

Рівні автоматизації системи (Goa) за технологією Міжнародного союзу громадського транспорту (UITP) визначають ступінь автоматизації відповідно до виконуваних функцій, закріплених у системі керування рухом поїздів. Виділяють наступні п'ять рівнів:

- Goa 0: ручне керування без автоматичної системи забезпечення безпеки руху поїздів;
- Goa 1: ручне керування з автоматичною системою забезпечення безпеки руху поїздів;
- Goa 2: напівавтоматичне керування рухом поїздів (STO);
- Goa 3: автоматичне керування рухом поїздів (DT0);
- Goa 4: дистанційне керування рухом поїздів (UTO).

Метрополітен функціонує на рівні Goa 2 уже більш 40 років. Рівень Goa 4 використовується в 40 країнах світу на більш ніж 70 лініях метро.

Дослідження показало, що використання АТО може збільшити пропускну здатність і зменшити споживання енергії на магістральній лінії. Згодом групою користувачів ERTMS була розробила концепція

функціонування системи на рівні Goa 2-4, що, у свою чергу, привело до розвитку технічних стандартів Goa 2.

Іншим ключовим етапом впровадження системи АТО був 4-річний проект « Система керування рухом поїздів нового покоління» (NGTC). Проект був створений для вивчення загальних рис і відмінностей між ETCS і системою керування рухом поїздів по радіоканалу (CBTC), щоб забезпечити технічну взаємодія двох систем і використання загального стандарту міського залізничного транспорту для АТО і автоматичної системи забезпечення безпеки руху поїздів (АТР). В 2017 р. проект NGTC був закінчений, однак з'ясувалося, що використання АТР неможливе: тільки основні положення АТО можуть бути використані на магістральних лініях і міських залізницях.

Залізниці Німеччини (DB) разом з компанією «Siemens» впроваджують систему автоведення на міській залізниці Гамбургу.

Система автоведення, що відповідає майбутньому європейському стандарту, буде працювати разом з європейською системою керування рухом поїздів ETCS рівня 2. При русі поїзда по ділянці машиніст буде перебувати в кабіні, виконуючи контрольні функції і втручаючись у керування поїздом при виникненні збоїв або позаштатних ситуацій. При подачі поїздів з колій відстою передбачений повністю автоматизований режим без наявності машиністів на локомотиві.

У випадку успішної реалізації цього пілотного проекту планується розгорнути систему автоведення на всій мережі міської залізниці Гамбургу, що зажадає впровадження на ній системи ETCS.

Комітет із транспорту регіону Штутгарта одноголосно погодив пакет заходів щодо розвитку міської і приміської залізниці «S-Bahn». У рамках пілотного проекту передбачено впровадити на розташованому в центрі міста загальної ділянці ліній «S-Bahn» європейську систему керування рухом поїздів ETCS рівня 2, системи цифрової централізації і систему автоведення

поїздів з рівнем автоматизації Goa2. Впровадження ETCS рівня 2 передбачене також на прилягаючих ділянках.

Уведення перерахованих систем в експлуатацію планувалося в 2025 р. після завершення проекту «Stuttgart 21», що передбачало масштабну перебудову залізничної мережі в центрі Штутгарта. Цю систему планується впровадити на всій мережі «S-Bahn».

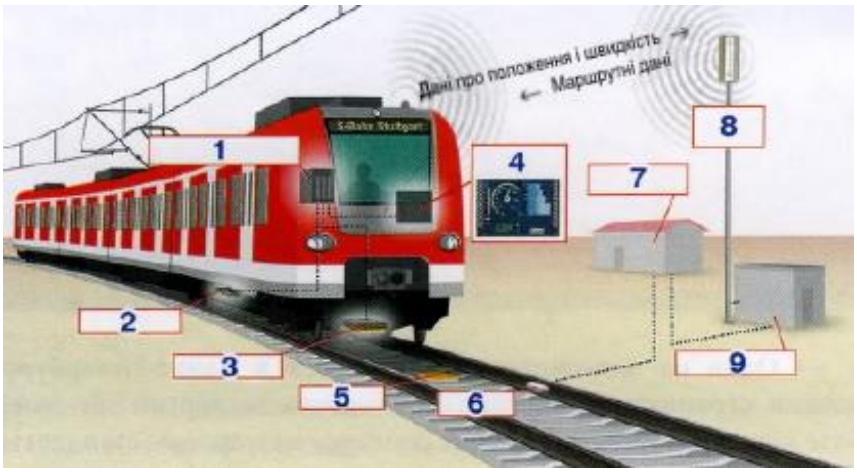


Рисунок 3.1 Система автоведення на міській залізниці Штутгарта

1. Безпечний бортовий комп'ютер EVC. 2. Датчик прискорення. 3. Модуль передачі BTM. 4. Користувацький інтерфейс машиніста DMI. 5. Прийомовідповідач. 6. Лічильник осей. 7. Сигнальна будка. 8. Антена GSM-R. 9. Радіобудка

У Китаї система АТО була впроваджена на міжміських ділянках Дунгуань – Хойчжоу і Чжаоцин – Фошань із використанням спільної розробки компаній «Alstom» і «Casco». АТО разом з системою CTCS 2-го рівня використовується для поїзда CRH6 зі швидкостями до 200 км/год.

В 2018 р. компанія «Thales» (Франція), що є провідним розробником радіосистем контролю руху поїздів (CBTC), представила сьоме покоління системи керування рухом поїздів «Seltrac».

Оверлейна модульна архітектура системи полегшує і робить економічно вигідним її розгортання і запровадження в дію, дозволяючи

використовувати змішаний режим експлуатації, а також забезпечує можливість поступового перехід до функціональності більш високого рівня, включаючи керування поїздами без машиністів. «Seltrac G7» має розширений набір функцій, який дозволяє операторам пасажирських перевезень ефективно управляти збільшенням парку рухомого складу, створювати нові маршрути, реконфігурувати мережу при позаштатних ситуаціях і тому подібне.

«Seltrac G7» може працювати з будь-яким типом телекомунікаційних систем, включаючи LTE нового покоління, що робить її більш надійної в роботі. Як і всі попередні покоління системи, G7 може бути розгорнута і без необхідності в дублюючій системі виявлення, що скорочує витрати на впровадження і експлуатацію.

Розробки компанії «Thales» в області керування безпілотним рейковим транспортом стали глобальним еталоном. Вони встановлені в 40 містах світу на 86 лініях метро, що перевозять більш 3 млрд пасажирів у рік. Завдяки розробці сьомого покоління системи «Seltrac» компанія «Thales» зробила великий крок для підтримки цифрової трансформації міських залізничних операторів, пропонуючи їм розв'язок, який містить у собі новітні технології й прокладає шлях для масової організації пасажирських перевезень безпілотними поїздами.



Рисунок 3.2 Система керування рухом поїздів «Seltrac»

Залізнична компанія «East Japan Railway» (JR East) проводить випробування системи автоведення поїздів на кільцевій лінії Яманоте в Токіо. Ціль випробувань полягає у вивченні можливості перехід до поїздів без машиністів на борту в міських і приміських пасажирських залізничних перевезеннях.

Перші випробування з використанням 11-вагонного електропоїзда серії J-TREC E235 пройшли після закінчення пасажирського руху і продовжилися протягом двох ночей. Під час випробувань у кабіні машиніста і у вагонах поїзда перебував персонал для моніторингу ситуації.

Компанія «JR East» розраховує, що повністю автоматичне керування поїздами без машиністів на борту дозволить розв'язати проблему нестачі персоналу через майбутній вихід на пенсію значного числа працівників, а також буде сприяти скороченню експлуатаційних витрат на збиткових малодіяльних лініях.

Впровадження системи повністю автоматичного керування планується поетапно. Спочатку на борту буде перебувати персонал, який має можливість втрутитися в керування поїздом при виникненні аварійної ситуації. У довгостроковій перспективі стануть повністю безпілотними.

Гірничо-добувна компанія «Rio Tinto» відзвітувалася про успішне завершення проекту «Autohaul» і перехід на автоматичний режим 90 % великовагових поїздів, що виконують перевезення залізної руди в порти на західному узбережжі Австралії.

Проект «Autohaul» виконувався протягом 10 років і передбачав впровадження режиму повної автоматизації керування великоваговими поїздами масою до 34 тис. т, що обертаються на мережі довжиною 1700 км. Ця мережа з'єднує 16 рудників у регіоні Пілбара (штат Західна Австралія) із чотирма портовими терміналами. Кожний поїзд довжиною 2,4 км обертається між рудником і портом у середньому за 40 годин (включаючи час на навантаження і вивантаження), долаючи відстань близько 800 км.



Рисунок 3.3 Великоваговий поїзд компанії «Rio Tinto», керований на автоведенні диспетчером із центру в Перте

У проекті загальною вартістю 940 млн дол. США брала участь компанія «Ansaldo STS» (входить до складу «Hitachi Rail»), яка спроектувала і виготовила систему автоведення з рівнем автоматизації Goa4, що працює поверх європейської системи керування рухом поїздів ETCS рівня 2. Бортові комп'ютери були поставлені німецькою компанією «Kontron».

Керування рухом поїздів здійснюється з диспетчерського центру в Перте, розташованого на відстані 1500 км від Пилбара. Відеокамери, установлені уздовж залізничних ліній, дозволяють диспетчерам контролювати рух поїздів і ситуацію на переїздах, які додатково обладнані засобами виявлення перешкод. Бортовий комп'ютер управляє поїздом, використовуючи Зе-Карту і надає у реальному часі інформацію від бортових камер і розподілених уздовж складу датчиків. Він здатний працювати незалежно від диспетчерського центру. Усього на мережі використовується 200 тепловозів.

Перехід до автоведенню дозволив виключити зупинки поїздів у колії проходження для зміни локомотивних бригад (раніше протягом доби доводилося із цією метою зупиняти кожний поїзд три рази). Крім того, автоматичне керування дозволяє заощаджувати енергію на тягу поїздів і підвищує безпеку роботи залізничної мережі.

Впровадженню систем автоведення рухомого складу в експлуатацію на магістральних залізницях перешкоджають високий ступінь складності змішаного руху поїздів різних категорій, а також необхідність забезпечити експлуатаційну сумісність. При цьому на магістральних лініях необхідно розробити системи розпізнавання перешкод на коліях і технологій реагування на такі перешкоди.

Впровадження систем автоведення вимагає також уваги до різних аспектів сучасних цифрових технологій – від забезпечення безперервного обміну інформацією між поїздом і інфраструктурою до точного позиціонування поїздів і обліку вимог кібербезпеки.

3.2 Використання квадракоптерів для обстеження контактної мережі

Аналіз застосовуваних способів експлуатаційного контролю показує, що багато які з них трудомісткі, тривалі, вимагають участі спеціально навченого персоналу для настроювання устаткування. Крім того, їх застосовують або під навантаженням, або після відключення високовольтної лінії (ВЛ)/12/.

Так, при використанні для діагностики контактної мережі інфрачервоних і ультрафіолетових камер потрібні спеціальні настроювання, що враховують кліматичні фактори, час доби, перетинання зі струмопровідними елементами, навантаження у ВЛ, дальність між об'єктом дослідження, що випромінює, і камерою.

Устаткування і лінії обстежать із різних положень, що вимагає значних витрат часу на визначення дефекту. Дані прилади застосовують тільки для ВЛ, що перебувають під напругою. У випадку аварійної ситуації при відключенні ділянки електропостачання прилади не завжди можуть визначити причину і місце замикання на землю.

Завдяки створенню сучасних мікропроцесорних обладнань, широкому застосуванню систем контролю глобального часу, використанню

високошвидкісних систем передачі інформації з різних фізичних каналів зв'язку стало можливим застосовувати різноманітні способи обстеження ВЛ і контактної мережі. Розглянемо деякі з них.

Ряд виробників систем діагностики пропонує вмонтувати в ізолятори сигнальне обладнання, доповнивши їх такою властивістю, як самодіагностика. Дана розробка дозволить безупинно контролювати діелектричні властивості ізолятора. У якості сигнального обладнання пропонується використовувати пасивну RFID- мітку.

(RFID (англ. Radio Frequency Identification, радіочастотна ідентифікація) – спосіб автоматичного розпізнавання об'єктів, у якому за допомогою радіосигналів зчитуються або записуються дані, що зберігаються в так званих транспондерах, або Rfid-Мітках. Будь-яка Rfid-Система складається зі зчитувального пристрою – зчитувача, рідера або інтерро-гатора і транспондера).

Стан мітки визначається зондувальним радіочастотним сигналом зчитувача, обробляється і передається за допомогою його програмного забезпечення в організацію, що експлуатує ВЛ. У зчитувачі є функціональна кнопка «Відображати все», «Відображення не знайдені» і «Відображення знайдені», що прискорює й спрощує пошук міток, закріплених на ізоляторі, і їх стан. Це необхідно для ухвалення рішення про подальшу експлуатацію ізолятора.

Пропонується діагностувати ізолятор по заданих параметрах струму уставки. Їм може бути струм витоку або струм пробою, який визначається параметрами ліній електропередач. Таким чином, сама причина втрати діелектричних властивостей – проходження струму пробою через ізолятор – є визначальним чинником спрацьовування сигнального обладнання.

Вибір пасивної Rfid-мітки, як сигнального обладнання, заснований на широкому спектрі її можливостей. У кожної Rfid-мітки є унікальний код, який дозволяє наділити ізолятор із самодіагностикою деяким інтелектом.

Завдяки коду мітки можна одержати інформацію про виробника, номер партії, що випускається, даті виготовлення, технічних параметрах ізолятора.

У базу даних по коду мітки можна внести відомості про складування і про перевізника, про час і місце установки, про причини і час відмов контрольованої ВЛ, про терміни технічного обслуговування ізоляторів і ряду інформації, що необхідна для визначення ризику відмов при експлуатації передавальних ліній.

Ряд дослідних кліматичних і експлуатаційних випробувань показали здатність Rfid-Мітки витримувати коливання температури і вологості, працездатність при забрудненій поверхні і впливу електричних розрядів.

Безконтактне зчитування і одночасна ідентифікація декількох міток дозволяють мінімізувати час експлуатаційного контролю ВЛ і убезпечити обслуговуючий персонал від впливу електричного струму при пересуванні уздовж траси. Зчитування мітки можна здійснювати при включеній і відключеній лінії, незалежно від часу доби і метеорологічних умов.

Повітряний моніторинг ліній електропередач за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) дозволяє найбільш ефективно оцінювати технічний стан дротів і ізоляторів, виявляти в будь-який час доби акти несанкціонованої діяльності сторонніх осіб і транспортних засобів в охоронних зонах, передавати в режимі реального часу якісні дані про дефекти дротів при аварійному відключенні.

Моніторинг ліній електропередач із безпілотних апаратів уже використовують великі компанії. Унікальні дані, отримані з борту БПЛА, дозволяють фахівцям мережної інфраструктури оцінювати і прогнозувати вплив природних факторів на ВЛ, визначати дефекти, відхилення дротів і ізоляції від припустимих норм, обстежувати нові маршрути передавальних ліній і прилягаючі до них території /17/.

Одним з обмежень використання Rfid-Технологій у даних умовах залишається обмежена дальність зчитування. Переносний зчитувач можна використовувати під час топографічного експлуатаційного контролю ВЛ

оперативною бригадою, його можна встановити на автомобіль або електровоз. Однак найбільш ефективним для наближення зчитувача до Rfid-мітці доцільно встановлювати зчитувач на БПЛА вертолітного типу. Це створює умови для інноваційного рішення – використовувати безконтактний аеромобільний радіочастотний контроль ізоляції повітряних ліній.

Аерофотознімання БПЛА можна використовувати для створення ортофотопланів (фотографічних планів місцевості на точній геодезичній опорі, отриманих шляхом аерофотознімання) і моделей траси, детального огляду з подальшою оцінкою стану устаткування, для автоматичної або ручної обробки даних зйомки.

Безпілотні літальні апарати вертолітного типу дозволяють максимально наблизитися до об'єкта дослідження, тим самим підвищуючи надійність зчитування пасивної Rfid-Мітки. При ідентифікації місця розташування ізолятора із самодіагностикою за допомогою коду Rfid-Мітки можна задавати необхідні координати при дослідженні стану ізолятора. Задані координати пропонується використовувати при формуванні літного завдання БПЛА для одержання достовірного результату експлуатаційного контролю.

Обльоти на БПЛА по заданих координатах полегшать експлуатаційний контроль елементів ВЛ у важкодоступних ділянках. Безпілотні апарати мобільні, маневрені, здатні передавати отриману інформацію на великі відстані. При цьому знижується ризик влучення оперативного персоналу під небезпечну напругу, мінімізується час експлуатаційного контролю.

3.3 Діагностування пристроїв безпеки

Залізниці мають досвід переходу до роботи на локомотиві в одну особа. Час показав, що при реалізації даного переходу на машиніста збільшується навантаження за контролем працездатності локомотива, у тому числі і за роботою обладнання безпеки (ОБ). Протягом поїздки накопичується утома, і

машиніст може не побачити короткочасний збій у роботі ОБ, який зафіксує тільки технік-розшифровувач при розшифруванні файлу поїздки. Однак кількість таких збоїв зчасом збільшується, що може привести вже до відмови.

Для рішення даної проблеми запропоновано проект роботи із предиктивною діагностикою ОБ у процесі експлуатації /12,13,16/.

Предиктивна діагностика – це автоматична безперервна діагностика і аналіз роботи обладнань безпеки в процесі експлуатації з видачею ремонтному персоналу даних про наявність збоїв і помилок у роботі конкретного обладнання або блоку, а також рекомендації з їхнього усунення.

– Застосування даної діагностики дозволить мінімізувати збої і відмови в роботі обладнання безпеки.

Якщо фіксується збій у роботі ОБ у колії проходження, машиніст робить запис у бортовий журнал форми ТУ-152, але при цьому дана інформація неповна, і ремонтний персонал по такій інформації не завжди може визначити причину порушення в роботі даного обладнання на локомотиві. Більше того уточнююча інформація про збій з розшифрування файлу поїздки приходить за досить тривалий час.

Установити, які роботи були виконані на локомотиві при позаплановому виді ремонту, не представляється можливою. Крім того, відсутній контроль над виконанням технології обслуговування ОБ ремонтним персоналом при планових видах ремонту локомотива.

Реалізація предиктивної діагностики обладнання безпеки в процесі експлуатації представлена на рисунку 3.4. Дані від локомотивних ОБ передаються через Can-Інтерфейс в обладнання збору і аналізу з наступною передачею ремонтному персоналу даних про наявність збоїв і помилок у роботі конкретного обладнання або блоку, а також рекомендації з їхнього усунення. Передача даних можлива по захищеному бездротовому каналу на персональні комп'ютери (робочі місця) і мобільного обладнання причетних співробітників.

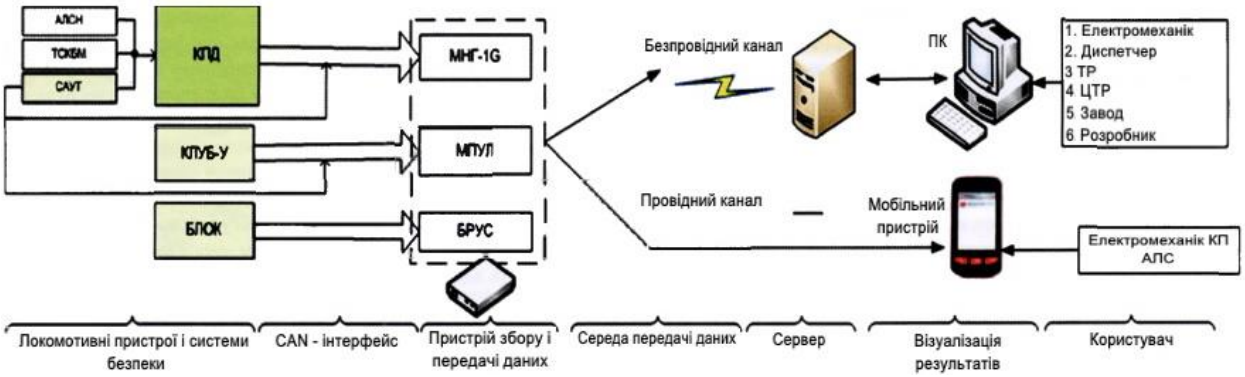


Рисунок 3.4 Реалізація предиктивної діагностики ОБ в процесі експлуатації

У результаті створення такого обладнання збору і аналізу діагностики буде виконуватися:

– формування інформації про фактичні версії програмного забезпечення гнізд і модулів ОБ, що перебувають на локомотиві;

– визначення причин порушень у роботі ОБ;

– одержання даних, що підтверджують працездатність ОБ після проведення планових видів ремонту або після усунення порушень у їхній роботі;

– скорочення непланових видів ремонту з вини роботи ОБ.

Створення перспективної моделі технічного обслуговування дозволить перейти на ремонт ОБ за технічним станом.

3.4 Технічні засоби інтервального регулювання рухом

Інтервальне регулювання руху поїздів, - це забезпечення попутного проходження поїздів у правильному і неправильному напрямках, що виключається системами безпеки перевищення припустимої швидкості і проїзду заборонних сигналів.

Протягом історії розвитку залізничного транспорту системи інтервального регулювання руху поїздів удосконалювалися, пройшовши від жезлових систем, систем напівавтоматичного блокування до систем

автоблокування із застосуванням автоматичної локомотивної сигналізації. Технічними засобами інтервального регулювання руху поїздів традиційно були системи автоматичного блокування і, в окремих випадках, напівавтоматичного блокування (Рисунок 3.5).



Рисунок 3.5. Система автоматичного блокування

Інтервальне регулювання руху поїздів на сучасному етапі – це технологія, що забезпечує можливість пропуску потоку поїздів з мінімальним інтервалом між поїздами як у правильному, так і неправильному напрямках, з можливістю відповідної обробки складів на кінцевих станціях конкретного полігона. Істотною відмінністю інтервального регулювання руху поїздів на сучасному етапі є те, що регулювання руху (швидкості) поїзда здійснюється не на границі блок-дільниці, а на координаті «хвоста», що йде поперед поїзда, з мінімально припустимим міжпоїзним інтервалом, який розраховується з обліком реальних гальмових характеристик обох поїздів.

Поява супутникових навігаційних систем, цифрового радіоканалу передачі даних і високоточних мікропроцесорних обчислювальних комплексів дозволяє реалізувати систему інтервального регулювання на більш високому технічному рівні (Рисунок 3.6).

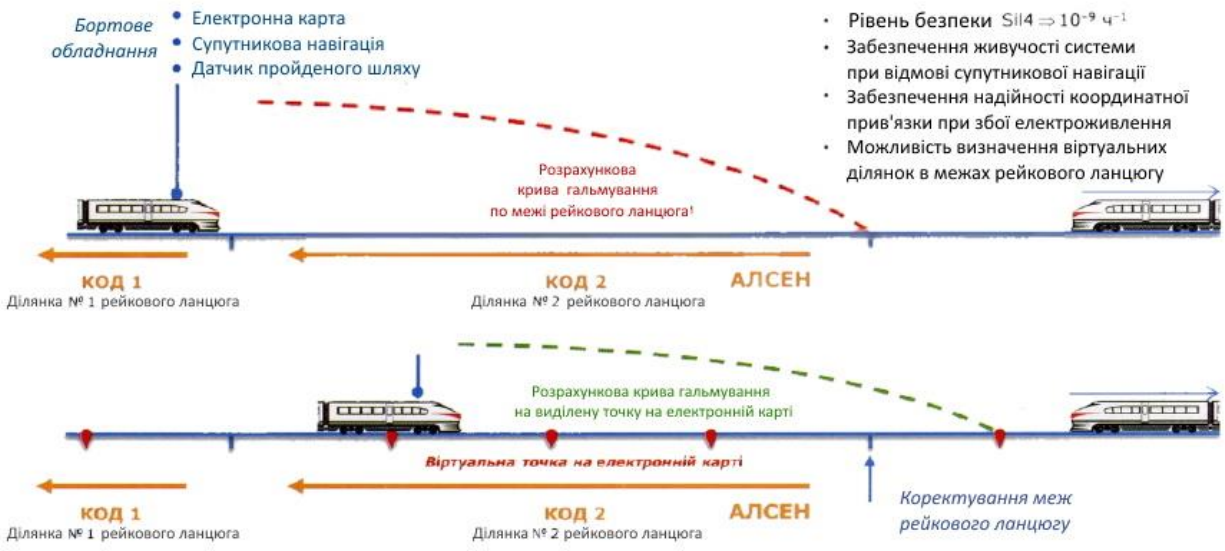


Рисунок 3.6. Інтервальне регулювання руху поїздів

Інтервальне регулювання руху поїздів відіграє найважливішу роль при здійсненні залізничних перевезень, забезпечуючи безпеку руху і визначаючи пропускну здатність ділянки. Тому вдосконалювання методів і алгоритмів керування в системах інтервального регулювання руху дозволяє підвищити безпеку руху поїздів і збільшити пропускну здатність. У ряді випадків модернізація системи інтервального регулювання руху поїздів може дати ефект, порівнянний з будівництвом додаткової колії.

Ключовим елементом при перехід до керування потоками поїздів повинне стати інтервальное регулювання нового покоління. Перехід від світлофорної сигналізації до безсвітлофорної, а також використання цифрового радіоканалу як додаткового елемента керування дозволить забезпечити необхідний мінімальний інтервал попутного проходження.

Впровадження систем інтервального регулювання руху поїздів без світлофорів із застосуванням супутникової навігації і цифрового радіоканалу є основним напрямком наукових досліджень у галузі залізничного транспорту (Рисунок 3.7).



Рисунок 3.7. Перспективи і реалізація розвитку бортової системи керування і забезпечення безпеки руху.

На сьогоднішній момент завдання інтервального регулювання як комплексна система вирішується поетапно, враховуючи наступні варіанти.

1) Необхідно повністю оснастити рухомий склад сучасними приладами безпеки КЛУБ-В, БЛОК або САУТ варіанта ЦМ. У ПТЕ обмежена швидкість проходження жовтого сигналу конкретною цифрою – 60 км/год. по правильному і 50 км/год. по неправильному напрямках руху. При наявності розрахункових кривих гальмування, що гарантують безпеку, дане значення слід привласнювати у вигляді змінної складової під безпечною кривою службового гальмування, яка фактично розраховується локомотивними приладами безпеки, виходячи з інформації про довжину поперед лежачої блок-дільниці, ухилу, маси поїзда і ефективності гальмових засобів. Усі ці параметри при наявності електронної карти на локомотиві і заданих кривих гальмування з урахуванням вимог безпеки дотримуються тільки в приладах нового покоління.

Підтвердженням можливості реалізації такої технології є проведені випробування варіанта руху поїздів з підвищенням швидкості руху на жовтий сигнал світлофора за методикою випробувань. При роботі в цих режимах була підтверджена повна гарантія безпеки.

Таким чином, наявність приладів безпеки нового покоління на локомотиві дозволяє не тільки створити умови для можливості скорочення захисних ділянок на інфраструктурі, але і підвищити швидкість руху на жовтий сигнал світлофора. У зв'язку із цим даний варіант застосування інтервального регулювання руху на перегоні дозволяє підвищити швидкість руху і збільшити кількість поїздів на діючій інфраструктурі шляхом заміни бортових обладнань безпеки.

2) Даний варіант інтервального регулювання руху поїздів пов'язаний з тим, що при зближенні поїздів на мінімальний інтервал попутного проходження виникає проблема в локомотивної бригади поїзда, що йде спереду. Наявність на локомотиві обладнань автоведення знімає низку питань, але найбільш ефективним методом при цьому є можливість організації зв'язку по радіоканалу між першим і другим локомотивами. У цьому випадку на карті системи автоведення видний локомотив, що йде спереду, його швидкість забезпечується не тільки гарантією безпеки по приладах, але і можливістю стійкого рішення водіння поїзда, що йде позаду в режимі виключення додаткового навантаження на локомотивну бригаду.

Реалізація такої технології вимагає наявності на локомотивах сучасних систем безпеки з електронною картою і додаткових систем автоведення, здатних працювати по цифровому радіоканалу, у якості яких уже сьогодні можуть бути використані типові системи ІСАВП-РТ.

Обмежувальний фактор – зона дії цифровому радіозв'язку на ділянці з поїздами, що послідовно йдуть. У якості каналу цифровому радіозв'язку може бути використаний тільки канал 160 мГц, оскільки на нього є дозвіл частот цифрових модемів, що випускаються цілим рядом підприємств. Можливість застосування цього модему на більш довгих ділянках теоретично розглянута і доведена, але практично можливість повинна бути досліджена і підтверджена на реальних ділянках роботи локомотивів, оскільки вплив на цифровий радіозв'язок можуть виявляти і додаткові фактори, у тому числі наявність перешкод.

Додатково проводяться дослідницькі роботи з визначення можливості використання як резервного каналу діапазону 2 мГц. Він широко розповсюджений у поїзного диспетчерського зв'язку, що забезпечить резервування каналу передачі інформації і може виявитися найбільш сильним фактором для наступного тиражування, оскільки наявність частоти 2 мГц не є обмеженням на всій мережі залізниць.

3) Третій варіант інтервального регулювання передбачає можливість організації послідовного руху поїздів з наявністю зв'язку між поїздами через центр керування радіозасобами. У якості такого технологічного рішення, що має прийнятне ціноутворення, слід розглядати систему DMR (Digitalmobileradio), яка застосовується на мережі залізниць, але відсутність модемів у цих технічних рішеннях на локомотивах фактично зводить нанівець ефективність такого заходу.

Перевагою такої технології є стійкість цифрового радіозв'язку на всій ділянці. Цифровий захист цієї системи включає в останніх варіантах наявність і кіберзахищеності системних рішень.

У цьому випадку стійкість радіозв'язку і переданої інформації між локомотивами або із центру на локомотив є достатньою і необхідною для організації інтервального регулювання. По даних каналах буде можливість передачі оперативної інформації на локомотиви щодо обмеження швидкості, екстрених зупинках та ін. (Рисунок 3.8).

Така технологія дозволяє розглядати варіант погоджених дій на перегонах і станціях. Як приклад необхідності роботи зі станційних колій за такою технологією слід уважати можливість кодування всіх бокових колій, а не тільки обладнаних рейковими колами, що значно поліпшує технологію роботи руху по станційних коліях. Крім того, найбільш складним на сьогоднішній день варіантом є неможливість відправлення поїздів з бокових колій на зайняту ділянку видалення.

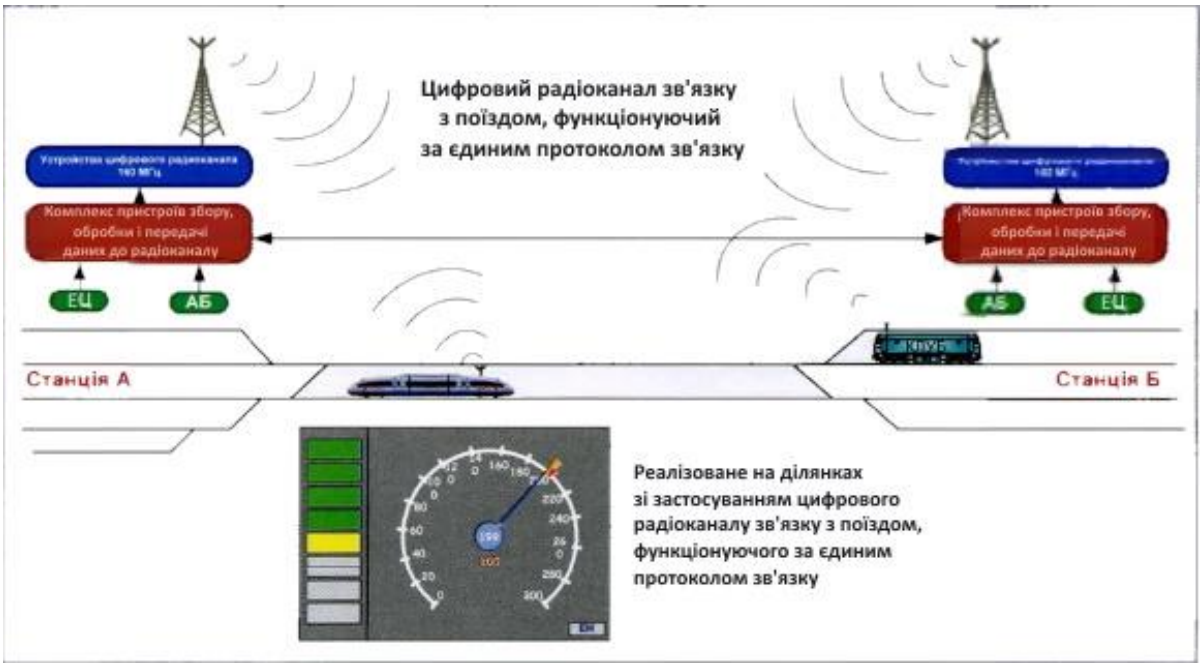


Рисунок 3.8. Передача даних по радіоканалу 160 мГц на перегонах і станціях для організації багатозначної АЛС

При наявності цифрового радіоканалу і можливості передачі на конкретний локомотив сигналу відправлення це завдання виконується, обмежуючи припустиму швидкість і довжину маршруту до одержання сигналу на ділянці видалення, а також скорочуючи інтервали між поїздами, що фактично реалізує динамічна ділянка видалення як нове технологічне завдання.

4) Останній варіант інтервального регулювання руху поїздів полягає в мінімізації попутного проходження поїздів на основі нового покоління автоматичного блокування, яке застосовує безсвітлофорну сигналізацію з рухомою блок-дільницею з можливістю реалізації рухомої ділянки і на головних коліях станції. Головні колії станції і автоблокування стають єдиними комплексами керування.

Технічно і технологічно вони відповідають стратегії переходу на локомотивну сигналізацію як єдиний засіб регулювання в правильному і неправильному напрямках, що дозволяє забезпечити мінімальний інтервал

попутного проходження поїздів без використання радіоканалів (Рисунок 3.9).

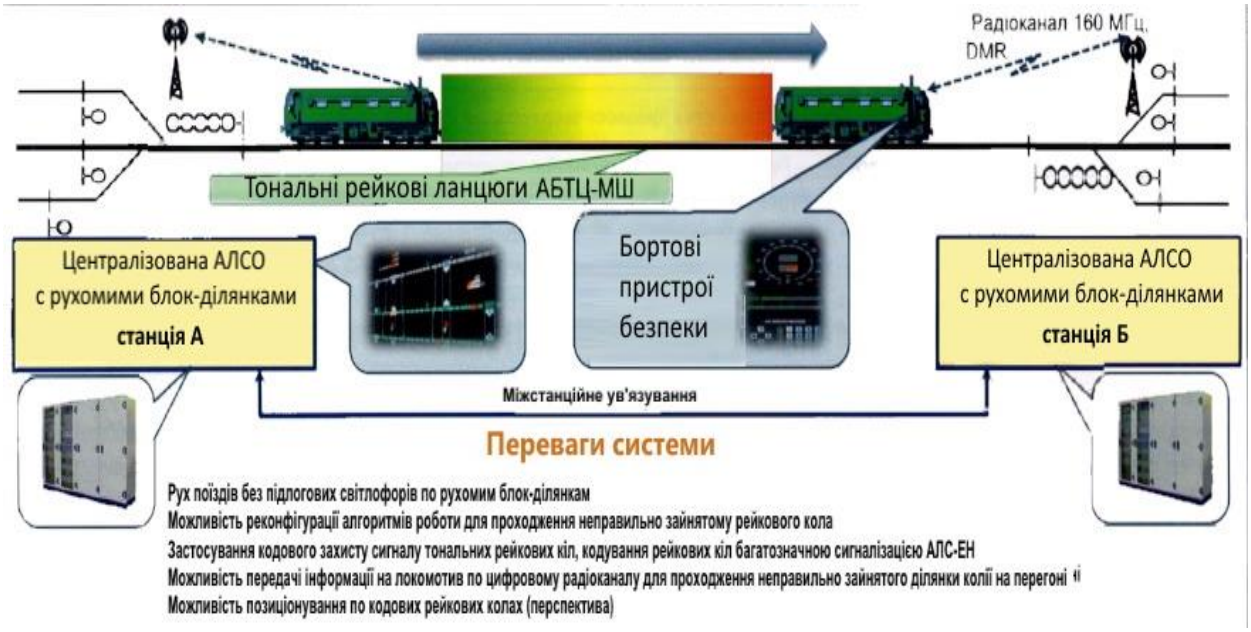


Рисунок 3.9. Інтервальне регулювання руху поїздів без прохідних світлофорів з рухомими блок-дільницями

Інтервальне регулювання на великих полігонах додатково повинне бути змодельоване з урахуванням можливості приймання цих поїздів на обмежуючих станціях по кількості бокових колій, за технологією обробки складів на технічних станціях, що буде також пов'язане з автоматизацією процесів і з розрахунками необхідного часу обробки з появою більшого потоку поїздів, чим це планувалося раніше.

3.5 Забезпечення безпеки руху поїздів

Попередження аварійності і забезпечення безпеки руху залізничного транспорту, у першу чергу, реалізуються локомотивною бригадою (Рисунок 3.10). Тому розробка і впровадження обладнань, що допомогає машиністові у веденні поїзда, є одним із ключових напрямків комплексних заходів щодо автоматизації процесів керування рухом поїздів.



Рисунок 3.10. Фактори, що впливають на безпеку руху поїздів

Раніше це були світлові і звукові пристрої попередження, потім – пристрої контролю швидкості і передачі інформації з колії на локомотив. Сьогодні – це комплекс додаткового обладнання безпеки, що забезпечує поряд із зазначеними функціями не тільки контроль дій локомотивної бригади, але і виявлення перешкод на колії прямування поїзда.

Усі ці розробки спрямовано на рішення однієї з найбільш актуальних транспортних проблем – виключення впливу «людського фактора», питома вага якого серед різних причин транспортних подій перевищує 90%.

Поняття «людський фактор» традиційно асоціюється з людиною як моментом нестабільності (ризику) відносно питання безпеки. Тому його мінімізація і повне виключення лежать, у тому числі, в основі глобальних понять « Цифрова залізниця» і «Цифрова трансформація і технології майбутнього в залізничній галузі» /16/.

Першим і досить істотним прикладом цифрової трансформації є проект «Цифрова сортувальна станція». У рамках цього проекту підтверджені необхідні компетенції в області технічного зору, штучного інтелекту, технологій високошвидкісної і захищеної передачі даних, рішень по кібербезпеці, оптимізації високопродуктивних обчислень. Завдяки цьому отриманий досвід безпілотного водіння маневрових локомотивів (Рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 Станція з вікна кабини безпілотного локомотива

Запуск безпілотного руху в жодному разі не приведе до скасування професії машиніста – з появою безпілотних технологій зміниться лише її функціонал.

Тобто машиніст, у цьому випадку машиніст-оператор, є комунікаційною ланкою, що зв'язують програмноапаратні комплекси одноразового контролю над декількома локомотивами з інтелектуальними технологіями системи керування рухом і інфраструктурою. Тут система допомоги машиністові-операторові реалізована за допомогою передачі на пульт дистанційного керування інформації від блоку виявлення перешкод, що включає комплекс відеокамер, засобів дистанційного зондування маршруту проходження згенерованими лазерними імпульсами (Lidar) і обладнання контролю теплового (інфрачервоного) випромінювання навколишніх об'єктів (тепловізор). Зовнішні відеокамери орієнтовані для виявлення можливих перешкод, що виникають на колії проходження локомотива, на відстанях до 1,5 км. Lidar, у свою чергу, спрацьовує на дистанції до 200 м, а тепловізор забезпечує функції технічного зору при несприятливих погодних умовах.

Але керування локомотивом без участі машиніста в цей час не передбачене на законодавчому рівні.

Поки ця робота перебуває в досить активній фазі, сучасні наукові і технічні новації дозволили зробити значний крок у розвитку інтелектуальних систем, завдяки чому на залізничний ринок виходять компанії, що реалізують науково-виробничий і технологічний потенціал підприємств, що пропонують, допомогу машиністові.

У загальній вигліді це досить інноваційні рішення, побудовані на потенціалі штучного інтелекту і які забезпечують розпізнавання об'єктів залізничної інфраструктури, людей, вагонів, різного роду перешкод на колії проходження локомотива (Рисунок 3.12).



Рисунок 3.12. Можливості програмно-апаратного комплексу допомоги машиністові локомотива

Однак слід зазначити, що розроблювачі тотожних за своїми функціями систем акцентують увагу на внутрішній реєстрації отриманого відеопотоку, без можливого алгоритмічного вв'язування і синхронізації з обладнаннями забезпечення безпеки руху і системами керування локомотивом. При цьому для виключення «людського фактора» необхідно, щоб комплексні системи мали не тільки функції інформування, але і при проходженні контрольних точок (знак номера стрілки, залізничний світлофор, тупикова призма, кілометровий стовп або спеціальна мітка), а також при русі на заборонний

сигнал світлофора або виявленні людей і перешкод, не тільки визначали б відстань до них, але і ухвалювали б інтелектуальне рішення про можливість подальшого безпечного руху, гальмування або екстреної зупинки.

Але впровадження інновацій, що впливають на безпеку руху, припускає певні ризики, мінімізація яких досяжна за умови попередньої експертної оцінки перспектив використання і допуску пропонованих інноваційних продуктів на інфраструктуру фахівцями науково-галузевого комплексу і експлуатуючих організацій.

Для можливої інтеграції з локомотивними обладнаннями безпеки новітніх технологій контролю психофізіологічного стану машиніста по фіксації положення голови, напрямку погляду і міміці особи були притягнуті розроблювачі і виробники впроваджуваних на локомотиви систем.

Пропонуються складні високотехнологічні рішення, націлені на відстеження стану машиніста під час ведення поїзда і виявлення факторів відволікання уваги, граничному ступеня утоми і сонливості. Однак на відміну від конкурентних розробок, пропонується прототип системи, який працює за безконтактним принципом, легко адаптується під користувачів з різними фізіологічними особливостями і може бути повністю інтегрований у локомотивні мікропроцесорні системи забезпечення безпеки руху.

4. Адаптація новацій до сучасних умов

4.1 Пароакумуляторні локомотиви

Протягом багатьох років на різних підприємствах залізничного транспорту застосовувалася особлива група локомотивів, що мали різну назву, але однаковий принцип дії. Наприклад, безполум'яний, безтопочний, безвогневий, беспожежний паровий або пневматичний (повітряний) локомотив.

При створенні такої техніки використаний циклічний принцип екіпірування локомотивів повітрям або парою високого тиску. Вони мають деякі переваги перед звичайними локомотивами, наприклад, паровозами, що полягають у низької вартості конструкції, чистоті і повній відсутності ризиків загоряння або вибуху котла. З іншого боку, мінусами цього принципу є необхідність зовнішнього, стаціонарного джерела пари для поповнення казана локомотива, і через цей обмежений пробіг самого локомотива.

Головною умовою використання таких локомотивів є доступність і дешевина джерел пару. Будь-яке підприємство або завод, у якого є стаціонарний котел і мережа, може використовувати цей тяговий засіб для виконання всієї маневрово-вивозної роботи на під'їзних або тракційних коліях.

Безтопочні маневрові локомотиви стали особливо популярними в Німеччині і зараз знайшли друге життя.

Необхідно враховувати, що маневрово-технологічні локомотиви від 70 до 90 % робочого часу перебувають у режимі технологічного простою. У випадку використання ДВС – це холостий хід для підтримки необхідного температурного режиму системи охолодження і функціонування допоміжного устаткування. Важливим аспектом є відповідність екологічним вимогам, оскільки багато містоутворюючих підприємств перебувають у межі населених пунктів.

Безтопочний локомотив зовні подібний до звичайного паровоза, але не має топки і трубчастого котла. Весь простір займає резервуар з гарною, добротною теплоізоляцією, відомий як паровий котел-акумулятор. Цей котел заповнюється перегрітою водою під тиском від стаціонарного котла підприємства. Парова машина модернізована під заднє розташування циліндрів у районі кабіни машиніста і працює як звичайний паровий двигун з використанням пари високого тиску, що концентрується в сухопарнику над водою в котлі- акумуляторі.

У робочому процесі використаний метод поділу пари і води при температурі насичення. У водній частині акумулюється енергія, яка при зниженні тиску витрачається на часткове перетворення води в пару. Це явище відоме як миттєве скипання і випаровування води. Після зниження тиску до мінімального корисного значення (або поки не закінчиться вода) необхідно повторити цикл підзарядки.

Створений проект пароакумуляторного локомотива (ПАЛ) із силою тяги в 90 кН (9 т). Машина не має потреби в паливі, а використовує технологічну пару, що одержується від стаціонарних котлів підприємства.

Якщо в американських локомотивів цього типу циліндри традиційно попереду, то в європейських безполум'яних паровозів циліндри розташовані позаду під кабіною. При створенні ПАЛ-9П комплексно враховувався як виробничий, так і експлуатаційний досвід розповсюдженої раніше моделі танк-паровоза 9П. З доробкою і досить невеликими змінами при проектуванні використані екіпажна частина і парова машина. Котел з топкою «замінені» котлом-пароакумулятором або паронакопичувачем, що представляють собою герметичний циліндричний резервуар діаметром в 2 м з високим ступенем термоізоляції.

Схема локомотива ПАЛ-9П представлена на рисунку 4.1.

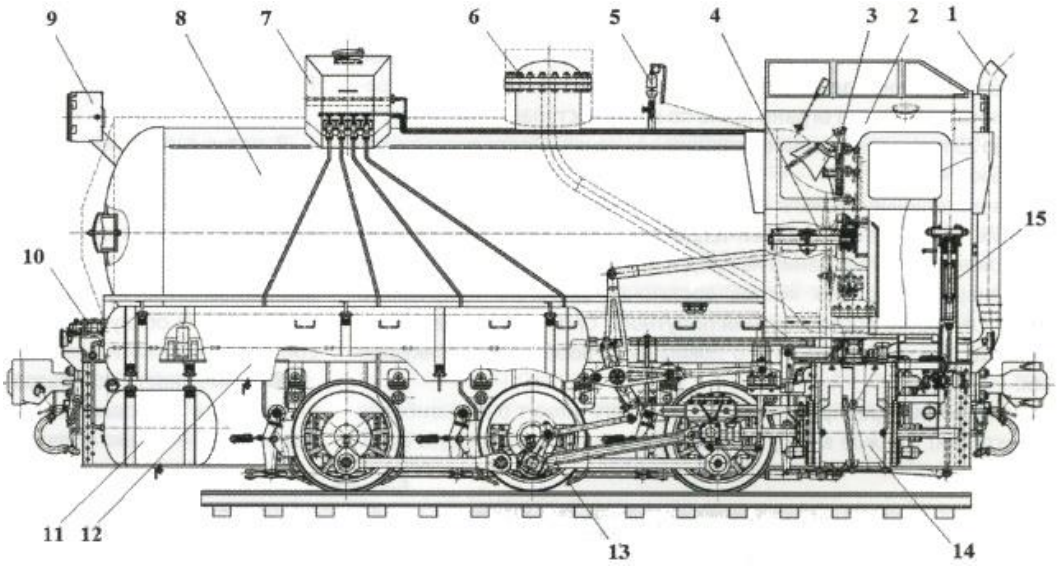


Рисунок 4.1. Схема локомотива ПАЛ-9П:

1 – паровипускна труба; 2 – кабіна (будка); 3 – регулятор; 4 – привод реверсу; 5 – паровий свисток; 6 — сухопарник; 7 – пісочниця; 8 – котел-пароакумулятор; 9 – прожектор; 10 – екіпірувальний патрубок; 11 – запасний резервуар; 12 – головний резервуар; 13 – рушійний механізм; 14 – паровий циліндр; 15 – ручне гальмо

Безтопочні паровози не вимагають складного і витратного обслуговування, що особливо важливо в умовах воєнних дій. Основне обслуговування полягає у своєчасному обточуванні бандажів колісних пар. За умовами підприємств локомотив може обслуговуватися одним машиністом.

Головним недоліком пароакумуляторних локомотивів був обмежений радіус дії.

Робочий процес і тяглово-теплотехнічні особливості експлуатації розглянутого локомотива наступні.

Перед початком експлуатації обладнують місце для екіпірувальної колії, уздовж якої розміщують парозарядні колонки, що приєднані паропроводом до мережі підприємства.

Котел-резервуар ПАЛ-9П на 60 - 80 % наповнюють підігрітою водою, а потім через екіпірувальний патрубок локомотива подають пару тиском до 2

мПа (20 кгс/см^2). Процес завершується, коли вода досягне температури насиченої пари, а тиск у пароакумуляторі досягне тиску заряджаючої пари. Якщо з па роакумулятора відібрати частину пари (із сухопарника – за допомогою пароразрядної труби) у парову машину, то тиск впаде, вода виявиться перегрітою, закипить і віддасть наступну порцію пари (до вирівнювання тиску в пароакумуляторі з тиском насичення при даній температурі води). Тобто, у міру зниження тиску з 20 кгс/см^2 до мінімального значення вода в котліі через сховану теплоту паротворення перетворюється в пару протягом 6 - 12 год. залежно від навантаження і режимів експлуатації.

Відомі випадки, коли при тиску в казані в 1 кгс/см^2 локомотив ще міг самостійно переміщуватися. На повну зарядку котла витрачається 20 - 30 хв., а на підготовку холодного локомотива – 1,2 - 1,3 години.

Паспортна витрата пари локомотивом ПАЛ-9П на 1 т·км постійна і становить не більш 0,37 кг. При цьому втрат пари на режимах технологічного простою, а також вибігу і гальмування немає. Виходячи із цієї витрати пари, виконана робота оцінюється приблизно в 6000 т·км на одній парозарядці.

Особливість пароакумуляторного локомотива - це відсутність обмежень по котлу, яка властива традиційним паровозам, тобто на тяговій характеристиці немає гіперболічної кривої (сила тяги не падає зі збільшенням швидкості). Приміром, у традиційного паровоза обмеження по котлу наступає при швидкості від 15 до 25 км/год., у тепловозів обмеження по потужності дизеля – від 5 до 25 км/год.

Порівняльні розрахунки показали, що пароакумуляторний локомотив ПАЛ-9П економічніший тепловозу ТГМ4 більш, ніж в 12 разів за умови використання на підприємстві в якості палива для стаціонарних парових котлів досить дорогого природного газу. У випадку ж використання попутної, непридатної пари ефективність пароакумуляторного локомотива взагалі поза конкуренцією.

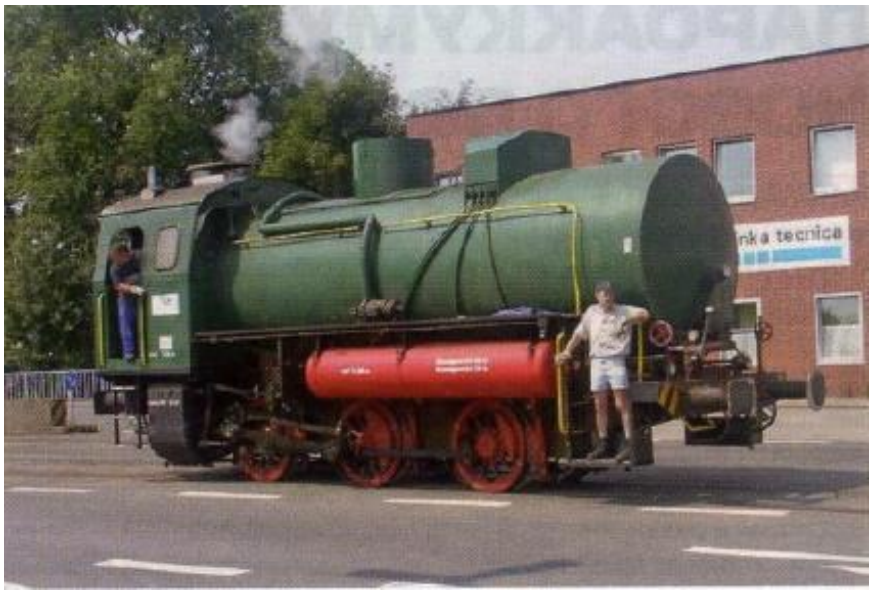


Рисунок 4.2. Загальний вигляд пароакумуляторного локомотива ПАЛ-9П

Такий вид тяги може бути найбільш ефективнийним на підприємствах, де сам продукт являється джерелом енергії і який можна застосувати для руху локомотива. У першу чергу – коксохімічне і металургійне виробництво, нафтоперегінні і хімічні підприємства, де тільки відмова від однієї статті витрат «витрати на дизельне паливо» відразу дасть досить значний економічний ефект.

Маневрові і технологічні локомотиви звичайно працюють тільки близько 10 - 30 % загального робочого часу. Сучасний паровий акумулятор з гарною ізоляцією може зберігати тиск протягом багатьох годин, що значно знижує експлуатаційні витрати ПАЛ-9П у порівнянні з тепловозами, дизель яких працює на холостому ходу, а це непродуктивні втрати від 8 - 22 % від загальної витрати палива.

Пароакумуляторні локомотиви повністю безпечні в експлуатації, зриви котла виключено, тому що, якщо закінчуються пара і вода, локомотив просто перестає рухатися. Ці локомотиви можуть обслуговуватися менш кваліфікованим персоналом, що не вимагають високої кваліфікації машиніста паровоза.

Термін експлуатації машини становить 50 - 60 років. «Життєвий цикл» ПАЛ-9П у сім разів дешевший «життєвого циклу» тепловоза ТГМ4 і у дванадцять разів – тепловоза ЧМЕЗ.

– В результаті використання пароакумуляторних локомотивів можливе досягнення наступних позитивних результатів:

– у порівнянні з тепловозами, що працюють на дизельному паливі, ПАЛ-9П дозволяє заощадити дизельне паливо в кількості 0,75 - 1,0 т за добу на одну машину, при одночасному зниженні ремонтних витрат на 90 %;

– ПАЛ-9П обслуговується одним машиністом без помічника з відповідним зниженням витрат на зарплату;

– можливість використання на різних підприємствах з підвищеними вимогами по вибухо- і пожежобезпеці, тому що вихлоп – тільки водяна пара.

4.2 Реалізація концепції використання атомного реактора на рухомому складі

25 грудня 1946 р. відбувся пуск реактора Ф-1 (перший фізичний реактор). У результаті його експлуатації була отримана безліч даних для подальших досліджень. На рисунку 4.3 представлена схема ядерного реактора.

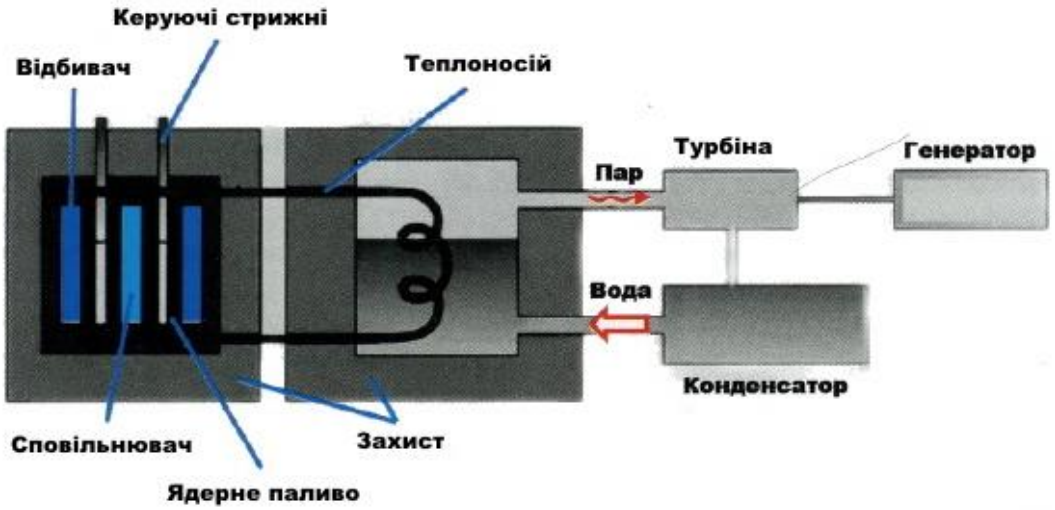


Рисунок 4.3. Схема ядерного реактора

З цього часу передові держави не припиняють роботи з розширення області застосування самого енергоємного джерела в історії людства.

Велика кількість країн почала дослідження ядерної енергетики і будівництва атомних електро станцій (АЕС). Відбувалося накопичення досвіду, удосконалювалися технології, розроблялися нові реактори, збільшувалася потужність електростанцій, створювалися міжнародні організації з контролю над дослідженнями і розробками безпечного використання цивільних ядерних програм. У процесі дослідницьких вишукувань учені створили кілька модифікацій енергетичних ядерних реакторів, які класифікуються відповідно до застосовуваних у них конструкторськими рішеннями.

Однієї з найбільш влучних галузей розвитку став проект водне-водяного енергетичного реактора (ВВЕР). За поширеністю – це основа світової ядерної енергетики. Усю другу половину XX століття йшло планомірне нарощування продуктивності реакторів. До завершення сторіччя еволюція убік росту потужності підійшла до технологічної межі, що стало однієї із причин зниження інтересу до даної тематики.

Після тривалого періоду стагнації плани з розвитку ядерної індустрії багатьох держав починають переглядатися на користь активізації будівництва АЕС.

Не тільки в галузі електропостачання велися роботи з можливості використання атомної енергії. Наступним логічним кроком була установка реактора на транспорт усіх видів. Найбільш удалим прикладом служить просування атомних технологій на морські кораблі.

Залізниця також була зацікавлена в застосуванні нового виду передової тяги. Перспективи введення в перевізний процес атомовозів, за припущеннями вчених, давали б серйозні переваги. З 1950 по 2011 рр. були зроблені спроби створення транспортного засобу з ядерною енергетичною установкою.

Відмічалася доцільність використання поїзда з атомним реактором (рисунок 4.4). Його передбачалося експлуатувати у важкодоступних регіонах півночі, пустель і інших важкодоступних кутках країни.

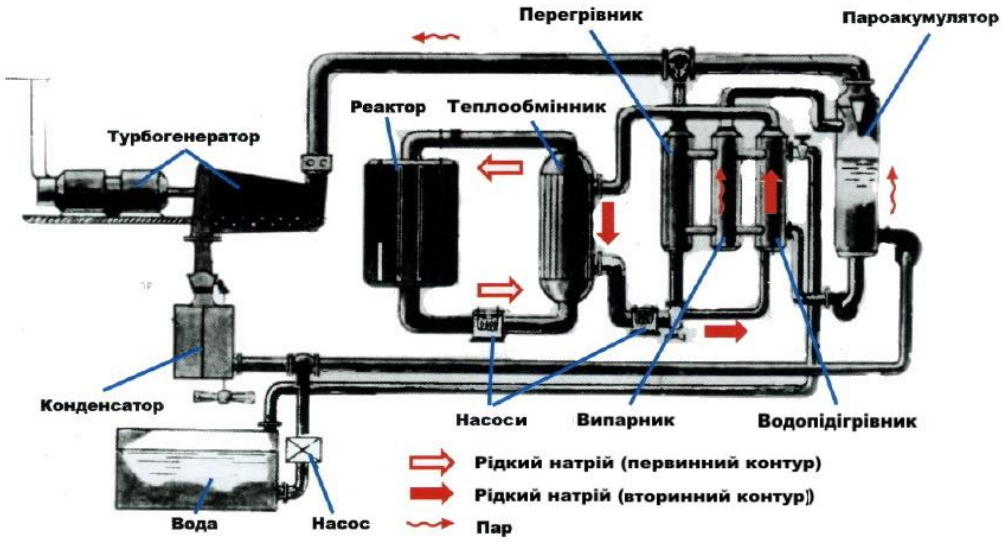


Рисунок 4.4. Схема силової установки на атомному локомотиві

Теплоносієм реактора повинен був служити рідкий натрій, а паливом двопроцентний збагачений уран. Маса всієї машини склала б 450 т, що за своїми масогабаритними показникам не відповідає пропонованим вимогам перевезення на залізницях.

Повернення до тематики атомовоза відбувся чверть століття через. Серцем локомотива став реактор на швидких нейтронах БОР-60, що видавав 60 мВт теплової потужності. За базу був узятий тепловоз 2ТЕ116, між першою і другою секціями якого встановлювалася третя, з реактором на борту. Але криза ядерної енергопромисловості не дозволила приступити до повномасштабних випробувань.

Концепт поїзда з атомною силовою установкою БОР-60 знову побачив світ в 2011 р. Показати досвідчений состав з 11 вагонів планувалося в липні того ж року. Але на сьогоднішній день цей проект тільки очікує свого виходу у світ. Факторами, що сповільнили хід робіт, з'явилися складність забезпечення потрібного рівня безпеки, труднощі конструювання, вагомі

економічні витрати. Стало ясно: впровадження атомної тяги на залізниці вимагає інших технологій.

На основі відпрацьованих технічних рішень, які себе добре зарекомендували, ідуть пошуки нових шляхів розвитку. З початку XXI століття активно проробляється напрямок міні-АЕС. Його фундаментом є малий модульний реактор (ММР). Невеликі розміри і потужність ММР дають ряд як позитивних, так і негативних особливостей. До переваг такого виду установок ставляться: незначна займана площа, гнучкість конструкції, широкий діапазон вироблюваної потужності, транспортабельність, більш тривалий термін роботи на одному завантаженні палива, скорочення обслуговуючого персоналу. Електростанція будується і збирається на заводі-виготовлювачі, потім перевозиться, установлюється і уводиться в експлуатацію на будь-якому підготовленому полігоні.

Концептуально передбачається використання як майданчику декількох вагонів з установкою на кожному по окремому технологічному модулю. До складу рухомої атомної електростанції ввійдуть залізнична цистерна і три платформи: перша з реакторним блоком малої потужності, друга з парогенератором, турбіною, електрогенератором і насосами, третя – з радіаторами (рисунок 4.5).

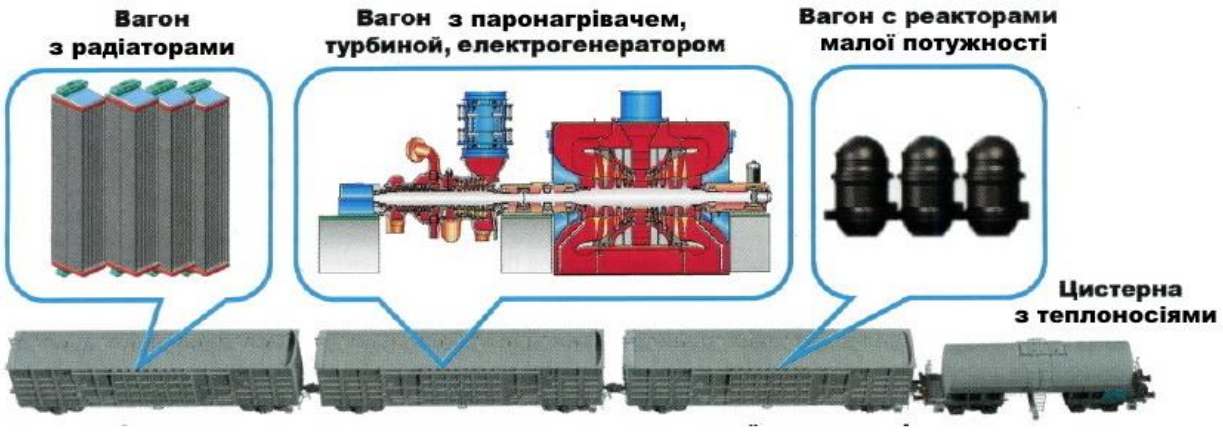


Рисунок 4.5. Концепція рухомої атомної електростанції

Сама складна і коштовна частина задуму – ММР. Пропонується виконати його за схемою реактора двоконтурного циклу на теплових нейтронах з легким теплоносієм (одна з різновидів ВВЕР). Принцип роботи такий: внутрішній контур забирає тепло від тепловиділяючих складань і передає його через теплообмінник у зовнішній.

Перегріта вода другого контуру попадає в парогенератор, переходить зі стану рідини в газоподібне і приводить в обертання турбіну. Відпрацьована пара конденсується і направляється назад у робочий контур, замикаючи цикл.

Розміщення трьох малих реакторів у робочім положенні на одній залізничній платформі створить можливість резервування. У випадку відмови за незначних причин одного із блоків два, що залишилися, замінять його.

Вироблення електроенергії – завдання генератора, що приводиться в обертання турбіною, що працює у зв'язуванні з парогенератором. Парогенератори і турбіни встановлюють горизонтально. На залізничному транспорті таке розташування устаткування єдино можливе.

Додати компактність системі охолодження можна, виконавши її на основі радіаторів. При продуктивності реактора 50 мВт і ККД 33 % знадобиться 50 радіаторних блоків. Вони легко містяться у вагоні.

Завдяки дослідницьким роботам і кропіткій праці вчених і фахівців у різних галузях науки і техніки з'явилися можливості підвищити безпеку ядерних об'єктів. Був удосконалений традиційний спосіб зниження потоку нейтронів. Він забезпечується спуском в активну зону керуючих стрижнів. У випадку провалля електроживлення відключаться утримуючі електромагніти, а керуючі стрижні впадуть під власною вагою, не дозволивши реактору вийти в неприпустимий режим. При відключенні насосів оперативно заглушений реактор вимагає охолодження до повної зупинки. Залізнична цистерна, що розташована поруч, ідеально підходить для цього. Її об’єм води достатній для зняття зайвого тепла.

У малій атомній енергетиці, як доповнення для підвищення надійності, знайшли застосування системи пасивного протиаварійного захисту. Такі вузли позбавлені громіздких механічних і електричних приводів. Принцип їх роботи заснований на зміні фізичного стану компонентів різних деталей конструкції. Приведення в дію такого обладнання не залежить від показань вимірювальних приладів або безперебійної роботи мікропроцесорів. З їхньою допомогою вдалося вивести показники безпеки на новий рівень, недосяжний раніше.

Неймовірний прогрес електроніки дав засобу вилученого контролю всіх технологічних процесів. Наслідком стало зменшення впливу людського фактора на цикл виробництва і звело імовірність невірних дій практично до нуля.

Недорогий, але ефективним радіаційним захистом для перевезених ядерних систем може служити розфасований пісок. Контейнери з ним виставляються рядами навколо ММР. Періодично проводиться заміна матеріалу, що відробив, на новий. Утилізація стане на порядки дешевше, а збиток навколишньому середовищу зведеться до мінімуму.

Розуміння першорядної важливості забезпечення безпеки далося нелегко. Помилки минулого були враховані, і вжиті безпрецедентні заходи з запобігання аварійних ситуацій.

Величезні відстані – причина великих капіталовкладень у мережі ліній електропередачі. Постачання пальним локомотивів займає чималу частину трафіка, збільшує терміни транспортування вантажів і ускладнює логістику. Усе це не сприяє зниженню тарифів і підвищенню конкурентоспроможності залізничного транспорту. Використання викопного палива і поставка енергії з розташованих удалині від транспортних артерій електростанцій вичерпали можливість інтенсивного розвитку.

Генеруючих потужностей явно недостатньо для істотного приросту перевезених вантажів. Буде потрібно введення нових. Старі методи самі по собі не знизять працезатрати на тонну перевезеного вантажу. Компактні

атомні установки здатні розв'язати завдання росту зі зниженням витрат. Висока автономність мобільного атомного комплексу дозволить використовувати його у віддалених малонаселених районах.

Мобільна АЕС відразу виставляється на коротку колію і починає виробництво енергії. Скорочення термінів уведення в експлуатацію знову прокладених колій принесе якнайшвидше одержання прибутку.

До приєднання нових перегонів до стаціонарної мережі електропостачання міні-АЕС дасть досить потужності для переміщення вантажних складів електровозами. Обсяг перевезених вантажів по новій залізниці зробить використання атомної енергії більш економічною, чим дає споживання інших енергоносіїв.

Безпосереднє вироблення реактором тепла обходиться в три рази дешевше, чим електростанцією. Постачання їм не тільки станцій і тимчасових селищ будівельників, але і постійних населених пунктів внесе вагомий вклад у заселення багатих природними ресурсами територій.

Впровадження ядерних технологій на залізниці – не якась перспективна ідея, а життєва необхідність. Використання мобільних джерел живлення на залізничному ходу суттєво розширює перспективи застосування атомної електроенергетики.

4.3 Газометричні локомотиви

Від діяльності структурних підрозділів залізниць утворюються такі види парникових газів, як діоксид вуглецю (C_{02}), який викидається в атмосферне повітря від спалювання палива при експлуатації локомотивів.

Важливим напрямком зниження викидів парникових газів є відновлення тягового рухомого складу – закупівля локомотивів з поліпшеними показниками по екологічних параметрах і витраті паливно-енергетичних ресурсів. Розглянемо досвід з заміни застарілого тягового рухомого складу в деяких країнах.

Так масова заміна морально застарілих магістральних електровозів серії ВЛ80 на сучасні електровози (ЗЕС5К с поосним регулюванням сили тяги) приводить до збільшення питомого повернення електроенергії від застосування рекуперативного гальмування в 2,7 рази. Електровози з асинхронним тяговим приводом, впровадження яких з кожним роком буде зростати, дає ще більшу частку рекуперації в порівнянні з колекторними електровозами (ВЛ80Р і ЗЕС5К) і скорочує енергоспоживання локомотивів.

Найбільший ефект у підвищенні екологічності тягового рухомого складу можна досягнути від впровадження перспективних локомотивів, що працюють на альтернативних видах палива, і від продовження програми електрифікації залізниць із заміною тепловозів на електровози. У Дирекції тяги формується потреба в закупівлі магістральних і маневрових локомотивах до 2030 р., у тому числі, що використовують альтернативні види палива (рисунок 4.6).



Рисунок 4.6. . Напрямки розробки локомотивів на альтернативних джерелах палива

Розробляються проекти з переведення на газодизельний цикл самих масових серій тепловозів, що експлуатуються: маневрових ТЕМ18ДМ і магістральних 2ТЕ116У.

Після створення головних зразків тепловозів на їхній базі будуть створюватися газотепловози.

Передбачено розробку і поставку модифікації тепловоза 2ТЕ35А, що працює на зрідженому природному газі (рисунок 4.7).



Рисунок 4.7. Перспективні газомоторні локомотиви

Крім того розробляється декілька модифікацій магістральних локомотивів, у тому числі з газодизельною силовою установкою (ЗТЕ3ОГ), що працює на зрідженому природному газі (рисунок 4.8).



Рисунок 4.8. Перспективні газомоторні локомотиви

Для роботи з пасажирськими складом на вокзалах міст створюється контактно-акумуляторний 4-осний електровоз ЕМКА2 з гібридною силовою установкою на базі літій-іонних акумуляторних батарей і асинхронним тяговим приводом (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9. Контактно-акумуляторний маневровий тепловоз ЕМКА2

Необхідно відзначити, що розрахунки техніко-економічного обґрунтування екологічно чистих локомотивів показує невисокий економічний ефект. Почасти це пов'язане з відсутністю в даний момент можливості визначення екологічної і соціальної ефективності даних локомотивів, а також високою вартістю генеруючого електроенергію устаткування.

Проте, зі збільшенням обсягів закупівлі локомотивів на альтернативних видах палива ефективність такого тягового рухомого складу буде зростати.

Є розуміння, що екологічні вимоги будуть посилюватися, і є необхідність впроваджувати сучасний екологічно чистий тяговий рухомий склад у великих обсягах.

Почалася розробка маневрового газотепловоза ТЕМ19 (рисунок 4.10), що працює по газовому циклу на зрідженому природному газі (ЗПГ).



Рисунок 4.10 Маневровий газотепловоз ТЕМ19

Газотепловоз ТЕМ19 призначений для виконання маневрової роботи на залізничних коліях колії 1520 мм у районах з помірним кліматом (виконання В, категорія 1) при температурі навколишнього середовища від -50° до 4°0 С (від 223° до 313 °К).

Маневровий тепловоз ТЕМ19 з газопоршневою силовою установкою – односекційний локомотив, що працює на ЗПГ, з електричною передачею змінно-постійного струму. Устаткування тепловоза змонтоване на головній рамі, яка встановлена на два безщелепні тривісні візки.

Як і більшість тепловозів останнього покоління, ТЕМ19 спроектований за модульним принципом із застосуванням системного інтегрованого комплекту встаткування. Такий принцип компонування забезпечує:

– реалізацію прогресивних науково-технічних розробок: багатофункціональної мікропроцесорної системи керування, регулювання і діагностики, регульованих електроприводів допоміжного устаткування;

– можливість подальшого вдосконалювання його технико-економічних показників шляхом застосування комплектуючих вузлів і агрегатів нового покоління в міру їх розробки і освоєння виробництва;

– максимальне використання конструктивних і технологічних можливостей зниження вартості життєвого циклу локомотива.

Кузов тепловоза капотного типу, що складається із чотирьох основних частин: передній капот (над системою охолодження), середній капот (над силовою установкою), кабіна машиніста, задній капот (над високовольтною камерою). Усі капоти кузова виконані у вигляді знімної конструкції, установлюваної на раму тепловоза. Конструктивно машина складається з основних блоків, зазначених на рисунку 4.11.

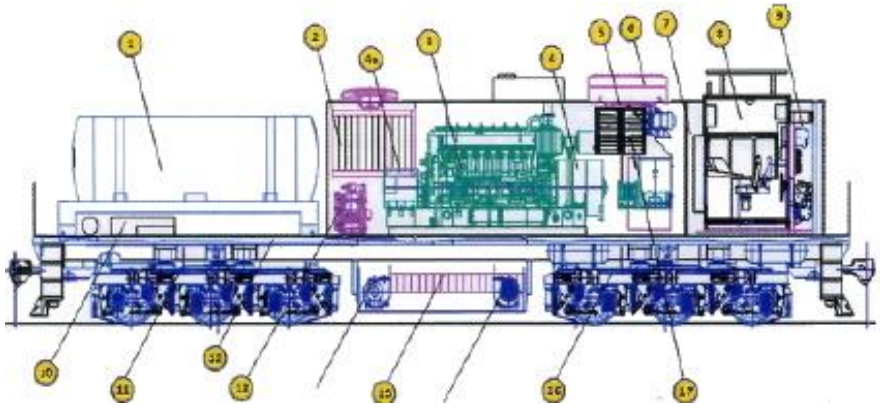


Рисунок 4.11. Компонування основного устаткування на маневровому газопоршневому тепловозі ТЕМ19:

1 – бортова кріогенна ємність; 2 – система охолодження двигуна; 3 – газопоршневий двигун; 4 – тяговий генератор; 4а – допоміжний генератор; 5 – випрямний модуль; 6 – блок електродинамічного гальма; 7 – апаратний відсік; 8 – кабіна машиніста; 9 – високовольтна камера; 10 – система газоподачі; 11 – передній візок; 12 – несуча рама тепловоза; 13 – компресорний агрегат АКВ-3,2; 14 – вентилятори ТЕД; 15 – ящик акумуляторної батареї; 16 – задній візок; 17 – фільтри грубого очищення

Спочатку планувалося встановити на локомотив двигун виробництва Caterpillar, але через його високу вартість було ухвалене рішення використовувати вітчизняну продукцію. За основу був прийнятий

газопоршневий двигун 8ГЧН21/26 із системою іскрового запалювання Отто, що працює на природному газі по циклу, що працює на природному газі.

При створенні силової установки був використаний досвід, накопичений під час виробництва і експлуатації двигун-генератора ГДГ90 у комплекті з рядним восьмициліндровим чотиритактним двигуном 6ГЧН21/21, що серійно випускається. Даний силовий агрегат добре зарекомендував себе в експлуатації при роботі на газовому паливі.

Двигун-генератор ГДГ800Т (Рисунок 4.12) був побудований і відправлений на машинобудівний завод для монтажу.

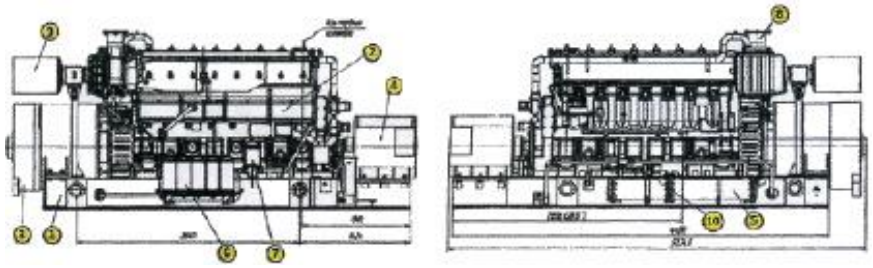


Рисунок 4.12. Компонування газопоршневого двигун-генератора ГДГ800Т:

1 – рама; 2 – газопоршневий двигун 8ГЧН21/26; 3 – тяговий генератор ГС572УХЛ2; 4 – допоміжний генератор ГС1100УХЛ2; 5 – охолоджувач оливи; 6 – повнопоточний фільтр оливи; 7 – фільтр оливи грубого очищення; 8 – сільфонний компенсатор; 9 – повітроочисник; 10 – оливозакачуючий агрегат

Блок силової установки змонтований на загальній рамі і містить у собі газопоршневой двигун 8ГЧН21/26 (3), тяговий (4) і допоміжний (4а) синхронні генератори. Новий двигун оснащений системами наддуву, проміжного охолодження наддувочного повітря і іскровим форкамерно-смолоскиповим запалюванням.

Система охолодження рідинна, замкнена із примусовою циркуляцією, містить у собі два контури: охолодження двигуна і охолодження наддувочного повітря і оливи. Крутний момент колінчастого вала двигуна на

ротор тягового генератора передається через муфту пластинчастого типу, на ротор допоміжного генератора – через високоеластичну муфту.

Для пуску двигуна служить стартер, який одержує живлення від стартерних акумуляторних батарей. Сільфонний компенсатор компенсує температурні деформації вихлопної системи, а також охороняє турбокомпресор від вібрації. Багато вузлів і деталі уніфіковані з дизелями, установлюваними на маневрові гідромеханічні тепловози ТГМ4.

Система газопідготовки маневрового газопоршневого тепловоза ТЕМ19 розташована в передній частині локомотива і призначена для заправлення і зберігання ЗПГ, його регазифікації і видачі з необхідними параметрами витрати, тиску і температури у двигун.

Бортова криогенна ємність (БКЄ) (А1) призначена для заправлення, зберігання і видачі ЗПГ (Рисунок 4.13). Зберігання ЗПГ проводиться при робочому тиску 0,3 – 1,0 мПа. При зниженні тиску БКЄ нижче робочого тиску ЗПГ направляється через атмосферний випарник (АТ2) для відновлення робочого тиску. БКЄ обладнана кріпленнями стандартного контейнера. Це дає можливість швидкої дегазації локомотива перед постановкою в ремонтні цехи і заміни спорожненої ємності на заповнену при реалізації технології заправлення змінними модулями.

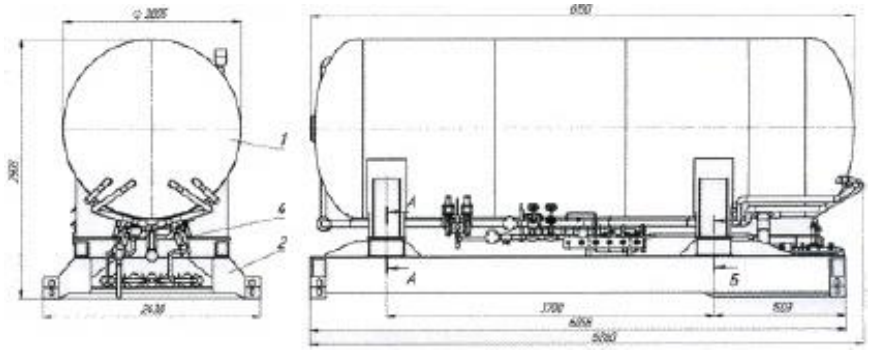


Рисунок 4.13. Бортова криогенна ємність маневрового газотепловоза ТЕМ19

БКЄ складається із захисного вакуумного кожуха з екранно-вакуумної теплоізоляційної і опорної системами внутрішньої посудини, вузла вакуумування (ВК1), арматурної шафи, (у якому розміщені арматура і прилади технологічних процесів), опорної рами, вузла заправлення-видачі, безпечного дренажного обладнання (БДО).

Внутрішня посудина складається із циліндричної обічайки, сферичних днищ, трубопроводів входу і виходу ЗПГ і газу, захисних перегородок ємності, що компенсує (АР1) для попередження повного заповнення БКЄ при заправленні (уміщає частину обсягу ЗПГ при його прогріві і розширенні при тривалому зберіганні), вузлів кріплення опорних елементів і кишень для розміщення адсорбенту. Устаткування і вузли його кріплення розраховані на перевантаження в поздовжньому, поперечному і вертикальному напрямках (6д).

Трубопровід заправлення-видачі ЗПГ підведений до нижньої точки внутрішньої посудини, трубопровід скидання газу в атмосферу через БДО і входу газу від атмосферного випарника (АТ2) – до верхньої. До верхньої точки внутрішньої посудини підведений перфорований трубопровід, обгорнений сіткою для розпилення ЗПГ при заправленні і служить також для видачі газу в паливну систему. Перегородки внутрішньої посудини служать для зниження енергії коливання ЗПГ під час перевезення, і в них є отвори для з’єднання частин посудини.

Захисний вакуумний кожух БКЄ складається із циліндричної обічайки, сферичних днищ і повторює форму внутрішньої посудини. У зазорі між захисним кожухом і внутрішньою посудиною розміщені екранно-вакуумна теплоізоляція, опорні вузли і трубопроводи. На кожусі встановлений вузол вакуумування (ВК1) для запобігання вакуумного простору від аварійного підвищення тиску, патрон з поглиначем вологи, опорні вузли кріплення до рами, арматурна шафа, БДО.

Із БКО через вузол заправлення-видачі і арматурної шафи ЗПГ подається в продуктовий випарник (АТ1), де регазифіцирується і надходить у

газовий ресивер (АР2), що служить для компенсації перепадів тиску в паливній системі. При зміні температури і тиску газу за межами припустимого діапазону припинення подачі газу з газового ресивера здійснюється криогенним клапаном з електроприводом (ДО1), який встановлений на газовому трубопроводі перед редуктором (Р1).

Для контролю температури і тиску поданого газу на трубопроводі між газовим ресивером і кріогенним клапаном установлені датчик температури (Т1) і датчик тиску (Д1). Для регулювання подачі газу з необхідними параметрами робочого тиску (0,24 - 0,30 мПа) установлений газовий редуктор (Р1).

Для фільтрації газу на лінії подачі у двигун після редуктора (Р1) установлений фільтр (Ф2). Для припинення подачі газу до двигуна при аварійній зупинці встановлений газовий клапан з електроприводом (ДО2).

Арматурна шафа (Рисунок 4.14) забезпечує роботу системи газопідготування при заправленні, зберіганні і видачі ЗПГ. Він складається із гвинтових клапанів з ручним приводом (В1 – В9), пружинних запобіжних клапанів з ручним приводом (КП1 – КП4), зворотного клапана (ОК1), криогенного фільтра (Ф1), манометра (М1) і обладнання для прочищення трубопроводу (ОПТ).

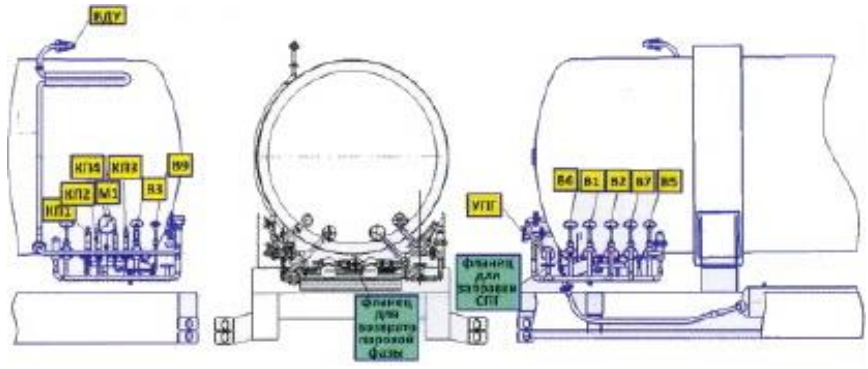


Рисунок 4.14. Арматурна шафа бортової криогенної ємності тепловоза ТЕМ19

Запобіжні клапани (КП1 – КП4) захищають внутрішню посудину БКЄ ii трубопроводи від перевищення тиску шляхом скидання газу в атмосферу через БДО.

Зворотний клапан (ОКІ) охороняє від переповнення БКЄ при заправці.

Кріогенний фільтр (Ф1) призначений для фільтрації ЗПГ при заправленні. Манометр (М1) служить для контролю тиску у внутрішній посудині БКЄ.

Паливна система створює подачу, розподіл, дозування газу по циліндрах двигуна залежно від навантаження за допомогою колектор-дозатора, регулятора частоти обертання, газових клапанів із приводом від траверси впускних клапанів і форкамерними клапанами (Рисунок 4.15). У якості палива застосовується регазифіцированний (проводить газопідготовку) ЗПГ.

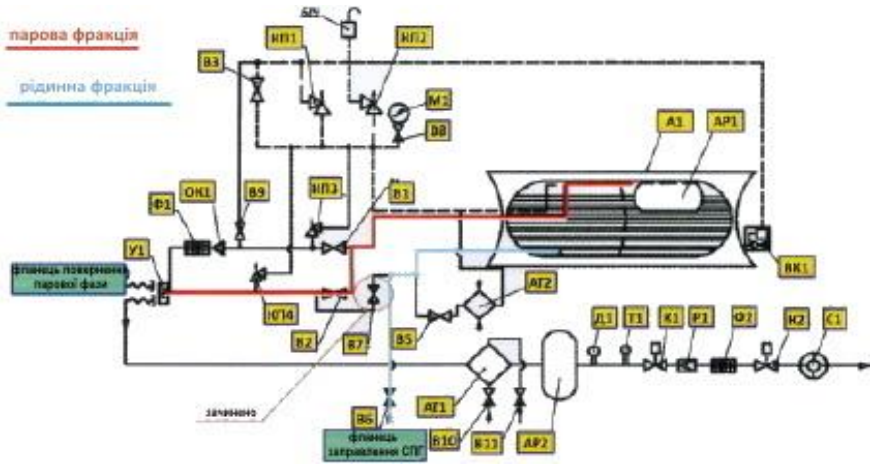


Рисунок 4.15. Схема паливної системи ТЕМ19:

А1 – бортова криогенна ємність; АР1 – компенсатор обсягу; АР2 – газовий ресивер; АТ1 – продуктовий випарник; АТ2 – атмосферний випарник; В1 – В8, В10, В11 – вентиль холодний Ду25; В9 – холодний вентиль Ду9; ВК1 – вакуумне обладнання Ду50; БДУ – безпечне дренажне обладнання; Д1 – датчик тиску; ДО1 – клапан Norgren; ДО2 – клапан ЕМК; КП1-4 – запобіжний клапан Ду15; М1 – судновий манометр; ОК1 – зворотний клапан; Р1 – редуктор тиску; З1 – газовий лічильник; Т1 – датчик температури; В1 – вузол заправлення-видачі ЗПГ; Ф1, Ф2 – фільтри

З'єднання трубопроводів паливної системи газопоршневого двигуна і тепловоза оснащені компенсаторами. Двигун обладнаний електронним регулятором частоти обертання DG6 фірми «Heinzman Gmbh» (Німеччина), який призначений для автоматичної підтримки заданої частоти обертання колінчастого вала двигуна при зміні навантаження шляхом зміни кількості палива (газу), що подається в циліндри дозатором.

На двигуні 8ГЧН21/26 застосована система форкамерно-факельного запалювання з можливістю запалення збідненої суміші газу з повітрям у повному обсязі камери згоряння (Рисунок 4.16), яка працює по наступному алгоритму:

– частина регазифіцированого природного газу надходить до редуктора форкамерного газу, який підтримує його тиск вище тиску повітря, що надходить із системи наддування двигуна, на 0,2 ± 0,1 мПа;

– через форкамерні клапани, які приводяться в дію від траверси впускних клапанів, газ надходить у порожнину форкамери, де змішується з повітрям;

– газоповітряна суміш підпалюється електронною системою запалювання Phlox VDM8 фірми «Heinzman Gmbh» (складається із блоку керування Phlox серії IC-08, магнітного датчика IA 01-38, котушки запалювання, тригерного диска, комплекту екранованих кабелів, свіч запалювання Denso GK3-1 A).



Рисунок 4.16. Розпилювач форкамери

Полум'я, пройшовши через сопла носка розпилювача, підпалює основний заряд суміші в камері згоряння циліндра в період почала робочого ходу поршня. Настановний кут випередження запалювання (12 - 13°) до верхньої мертвої точки (ВМТ) визначається електронним стробоскопом фірми «Motortech Gmbh» при обертанні колінчастого вала двигуна. Уніфікована мікропроцесорна система керування, захисту, регулювання і діагностики (МПСУ-ТП) забезпечує керування і регулювання режимів роботи, діагностики основного і допоміжного устаткування ТЕМ19.

Проведені експлуатаційні випробування газотепловозу ТЕМ19 і зроблене перше заправлення ЗПГ на екіпірувальному пункті комплексу з виробництва ЗПГ на газорозподільчій станції (ГРС) (Рисунок 4.17).



Рисунок 4.17. Заправлення ЗПГ на екіпірувальному пункті комплексу з виробництва ЗПГ на ГРС.

Особливістю режиму роботи маневрового локомотива є мінімальний час роботи його силової установки в номінальному режимі (не більш 2 – 3% від загального бюджету часу). Більш 90% робочого часу маневровий локомотив працює на низьких позиціях контролера або в режимі холостого ходу. Відповідно, питома витрата палива тепловоза, оснащеного двигуном подібного типу, значно вище, чим у стандартного маневрового локомотива.

У ході приймальних і сертифікаційних випробувань тепловоз був у значній мірі модернізований. Для зниження витрати газу на холостому ході

розроблений і встановлено на двигун 8ГЧН21/26 механізм змінного відключення чотирьох циліндрів (Рисунок 4.18).



Рисунок 4.18. Паливна система двигуна 8ГЧН21/26 тепловоза ТЕМ19

При включенні в роботу мотор-компресора двигун автоматично переводиться на роботу на восьми циліндрах, а після вимикання компресора вертається на роботу на чотирьох циліндрах. При переведенні ручки контролера машиніста в 1-у позицію (набір тяги або холостий хід) двигун автоматично переводиться на роботу на восьми циліндрах. Через 2 хвилини после переведення ручки контролера машиніста в нульову позицію двигун переходить на роботу на чотирьох циліндрах, при цьому включається інша група циліндрів (яка була перед цим виключена).

Також були зроблені роботи зі зниження частоти обертання холостого ходу (на нульовій позиції контролера) з 1000 до 600 об/хв.

Проведені випробування з перевірки працездатності двигуна із частотою обертання колінчатого вала двигуна в режимі холостого ходу 600 об/хв. із наступною перевіркою $P_{за}$ тепловозною характеристикою показали, що витрата газу в режимі холостого ходу склав 17,5 кг/год..

Ці конструктивні рішення дозволили підвищити паливну ефективність газопоршневого тепловоза. Питома витрата палива на вимірник знизився майже на 38 %

Результати експлуатації показали, що дослідний зразок вийшов цілком працездатним і невибагливим у процесі його експлуатації і обслуговування. Однак ряд конструктивних недоліків ТЕМ19 необхідно усунути до початку його серійного виробництва. Насамперед, потрібно змінити конструкцію капота і забезпечити зручний доступ для проведення технічного обслуговування і ремонту двигун-генератора ГДГ800Т, у тому числі робіт зі зміни циліндрових комплектів.

Для поліпшення експлуатаційних показників локомотива бажане модернізувати його бортову кріогенну ємність (збільшити запас ЗПГ до 5000 кг) і частково систему газопідготовки (змінити параметри трубопроводів для скорочення часу заправлення

5. Запровадження принципів ощадливого виробництва

Для запровадження ощадливого виробництва в локомотивному депо необхідно створити робочу групу, до складу якої необхідно ввести представників ЦТ, дирекції тяги, локомотивного депо, служби технічної політики залізниці, у веденні яких знаходяться питання технології, економіки, нормування праці, забезпечення ресурсами, впровадження інструментів ощадливого виробництва і навчання /11,13,16/.

Рівень розвитку підприємства в частині застосування інструментів ощадливого виробництва оцінюється згідно чек-листам, у які входять розділи: досягнення цілей; інструменти діагностики; планування і логістика; керування запасами; 5С і візуалізація; розвиток персоналу; ефективність устаткування і інше. На основі таких наочних інструментів, як «Карта потоку створення цінності», «Діаграма спагетті», «Діаграма Парето», «П'ять «чому?» в локомотивному депо треба проаналізовати виробничі процеси і визначити процес, що несе найбільші непродуктивні втрати.

Розглянемо досвід запровадження ощадливого виробництва в локомотивному депо.

Відповідно до Методики приведення пілотних структурних підрозділів філій залізниць у частині застосування інструментів ощадливого виробництва в еталонний стан у депо розроблений план заходів з використанням інструментів ощадливого виробництва (Рисунок 5.1).

На регулярній основі в пілотному депо проводиться аналіз витрат паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на тягу поїздів і тягових характеристик експлуатованих серій локомотивів. Виявлений значне зростання витрати ПЕР при експлуатації електровозів ЕП20. Цей локомотив віднесений до категорії енерговитратних. Також для екіпірування ЕП20 виконується велика кількість маневрових пересувань із одного парку депо в інший.

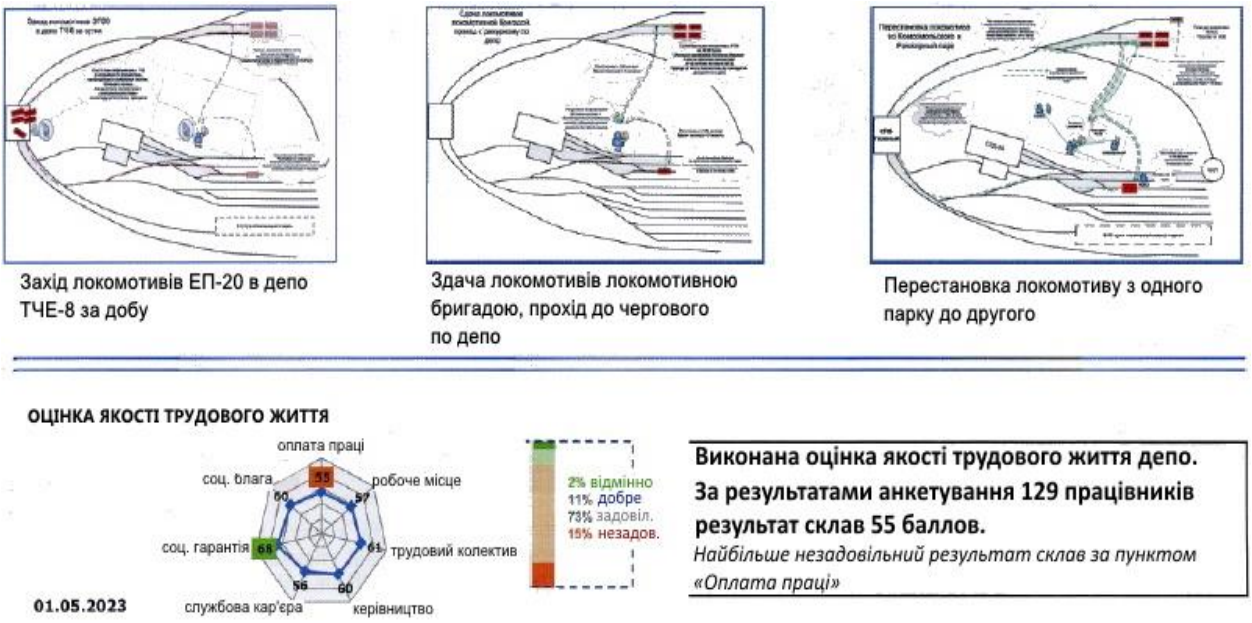


Рисунок 5.1. Підготовчий етап. Використовувані інструменти. Оцінка якості трудового життя

Для поліпшення показників підприємства був обраний потік, що поліпшується, «Організація експлуатації локомотива ЕП20 у пасажирському русі і на тракційних коліях депо». Визначене цільове завдання – скорочення питомої витрати електроенергії на тягу поїздів, зниження годинної витрати електроенергії на гарячий простій і маневрові пересування на 10 %, а також зменшення зношування гальмових колодок. Для цього необхідно переглянути порядок інформування між машиністом локомотива і черговим по депо при заході електровозів ЕП20 на колії депо, де черговий по депо одержує інформацію від машиністів про стан електровоза, необхідності екіпірування піском і обмивки кузова і уже потім планує постановку локомотивів по позиціях згідно з потребою в ремонті і екіпіруванню.

Для зниження зношування гальмових колодок переглядаються місця застосування рекуперації. При експлуатації ЕП20 з метою зменшення витрати паливно-енергетичних ресурсів підлягає зміні технологія проходження швидкісних поїздів, де будуть установлені місця відключення одного із шести тягових двигунів. Ці місця будуть внесені в режимні карти.

Для виявлення вузьких і проблемних місць були застосовано два інструменти ощадливого виробництва: картирування і діаграми спагетті. На їхній основі побудована карта створення цінності поточного стану процесу «Організація експлуатації локомотивів ЕП20 у пасажирському русі і на тракційних коліях» (Рисунок 5.2). Час протікання процесу склав 14,07 годин. Опираючись на цю карту потоку і усуваючи проблемні (вузькі) місця, депо прагне до зниження часу протікання процесу до 12,4 годин (карта потоку створення цінності майбутнього стану).

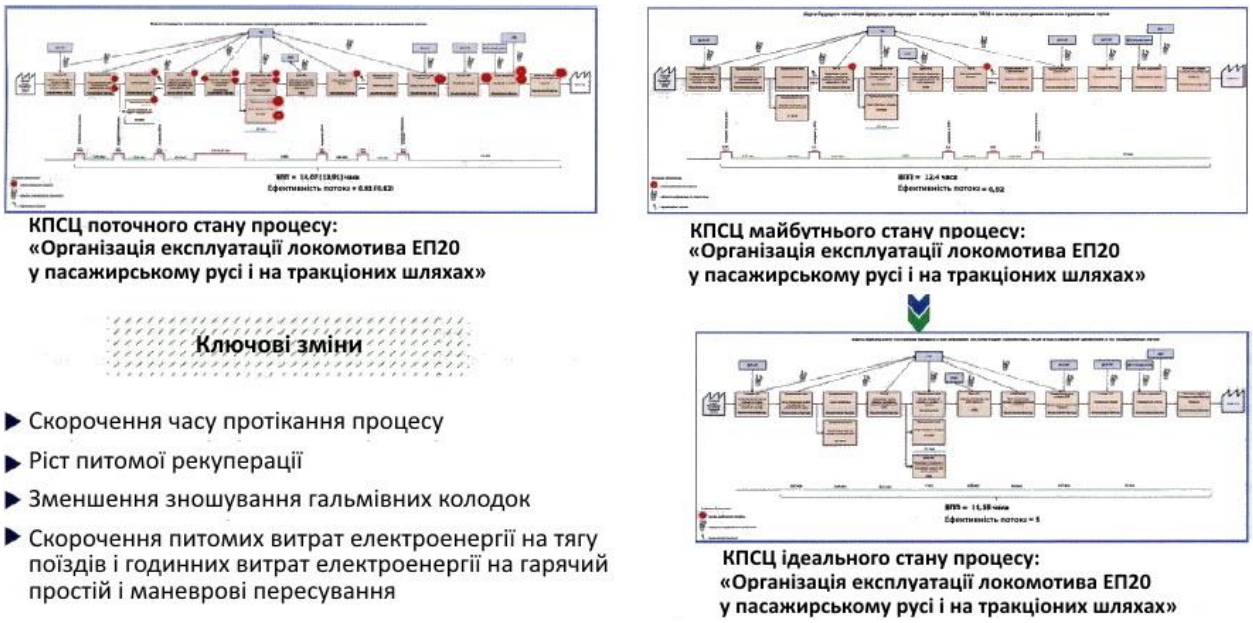


Рисунок 5.2. Потік, що поліпшується. Очікувані результати

Для того щоб досягтися ідеального стану виконання процесу і часу його протікання до 11,15 год., складена карта потоку створення цінності ідеального стану процесу (Рисунок 5.2). На цій карті відбиті варіанти і точки вдосконалювання процесу, де передбачається, що всі втрати виключені, збитки відсутні:

– черговий по депо, маючи інформацію про стан електровоза, планує постановку локомотивів по позиціях у депо згідно з потребою в ремонті і екіпіруванню;

– депо має інформацію про необхідність екіпірувати, ремонтувати завчасно;

– явка локомотивної бригади здійснюється відразу на локомотив, постановка на явку відбувається за допомогою особистого кабінету АСУТ. Оформлення по здачі поїзних документів – так само;

– прогрів ЕП20 здійснюється від установки 380 В;

– подача під поїзд відбувається по заздалегідь підготовленому маршруту; при проходженні по ділянці: відключення 6-го тягового двигуна;

– при перегляді місць рекуперації, застосуванні електродинамічного гальмування знизиться зношування гальмових колодок.

На виконання пункту плану заходів щодо приведення пілотного структурного підрозділу в еталонний стан у частині застосування інструментів ощадливого виробництва на теперішній момент у депо пророблене наступне (Рисунок 5.3):

– у рамках потоку, що поліпшується, візуалізовані місця прогріву і здачі локомотивів ЕП20;

– створений страховий запас критичного устаткування для установки прогріву локомотива, ознайомлення персоналу, визначене місце зберігання, складена специфікація;

– за результатами анкетування і побажань співробітників підготовлені місця і установлені пункти з питною водою на кожному поверсі будинку;

– проведений аудит 5С у відділах і кабінетах згідно з наказом « Про організацію і проведенні аудита системи 5С.

Організоване розміщення трьох інфоцентрів: інфоцентр підприємства, інфоцентр проекту, інфоцентр у приміщенні, де проводиться передрейсовий інструктаж (Рисунок 5.4).



Рисунок 5.3. Реалізовані заходи з використанням інструментів ощадливого виробництва

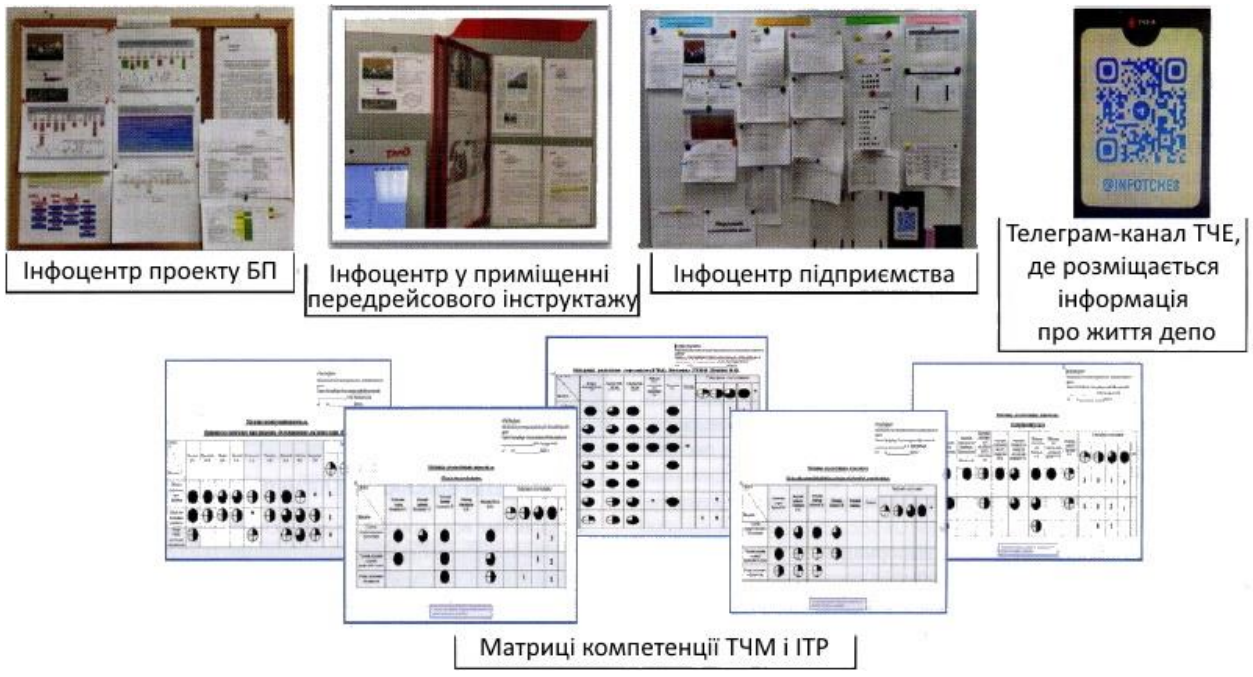


Рисунок 5.4. Інфоцентри, що відображають інформацію про реалізацію пілотного проекту, діяльність підприємства, виконання проектів ощадливого виробництва

На інфоцентрі проекту, розміщеному в кабінеті технічного відділу, розміщується інформація про реалізацію проекту по приведенню

підприємства до еталонного рівня в частині застосування інструментів ощадливого виробництва.

На інфоцентрі підприємства, розміщеному в приміщенні для проведення нарад, розміщується інформація про діяльність підприємства, реалізації проектів ощадливого виробництва, виконання показників діяльності, проблемних питаннях і ключових ініціативах, а також розміщений журнал доручень начальника депо.

Інформація про потік, що поліпшується, об'ємні показники, необхідна документація розміщені на інфоцентрі в приміщенні передрейсового інструктажу.

За результатами анкетування по якості трудового життя по бажаннях працівників створений телеграм-канал, де розміщається інформація про життя депо. Посилання розміщені в доступних місцях адміністративного будинку.

У депо розроблені матриці компетенцій персоналу – візуальний інструмент, що допомагає грамотно організувати ротацію кадрів і взаємозамінність персоналу депо, а також потреби в навчанні.

На теперішній момент створені і затверджені матриці:

– по машиністах швидкісного виду руху, що обслуговують електровози ЕП20;

– компетенції персоналу локомотивних бригад по колонах, визначені наставники, кадровий резерв на заміщення керівників;

– компетенції інженерно-технічних працівників, визначені наставники, кадровий резерв начальників відділів і заступників начальника депо (Рисунок 5.4).

Центром моделювання бізнес-процесів проведені оціночні заходи першого етапу рівня розвитку виробничої системи структурного підрозділу в частині застосування інструментів ощадливого виробництва, при яких оцінювалося:

– виконання Плану заходів і досягнуті результати;

– досягнення відповідного до циклу рівня розвитку структурного підрозділу в частині застосування інструментів ощадливого виробництва;

– технологічний або економічний ефект і ріст продуктивності праці;

– застосування кращих практик і інструментів ощадливого виробництва при реалізації заходів (залежно від досягнутих ефектів вибираються найбільш ефективні для тиражування на інших підприємствах);

– плани по подальших поліпшеннях.

5.1 Ощадливе використання інструменту

Впровадження основних принципів ощадливого виробництва – це один з інструментів зниження експлуатаційних витрат Компанії, що дозволяє підвищувати ефективність господарської діяльності без зниження якості продукції або послуг.

У рамках зазначеного проекту був розроблений план заходів, який включав порядка 30 позицій, що дозволяють швидше виконувати обслуговування обладнання безпеки, знизити ризик виникнення порушень і більш оперативно проводити діагностику.

Для оцінки тимчасових втрат, пов'язаних з переміщенням електромеханіків з одного цеху в інший, при обслуговуванні комплексу КПД-ЗПА використана діаграма спагетті. Проаналізувавши отриману інформацію, удалося оптимізувати переміщення працівника і скоротити шлях, який вони проходять.

Крім того, у рамках проведеної роботи були переглянуті і затверджені:

– техніко-нормувальні карти для блоку БУ-3 ПА;

– розроблені правила переміщень блоків обладнань безпеки в потоці, що поліпшується;

– оформлений аналіз фактичної витрати матеріалів і запасних частин на ремонт;

– зазначений перелік запасних частин для обов'язкової заміни їх з певною періодичністю;

– організація технічних занять із працівниками по веденню виробничих журналів;

– розширення номенклатури, що виготовляються запасних частин за допомогою 3D-друку і ін.

Робочі місця виробничої ділянки, місця зберігання запасних частин, ящики робочих столів наведені у відповідність із вимогами системи 5С. Місця зберігання запасних частин, відповідно до принципів ощадливості, несуть усю необхідну інформацію (фото деталі, найменування, кількість). Організовані інформаційні центри по ощадливому виробництву. Ефективність завантаження критично важливого технологічного устаткування досяглася 93%.

Також у рамках реалізації принципів ощадливого виробництва проведена реорганізація робочий місця з ремонту блоків системи САУТ-ЦМ/485, що дозволило оптимізувати виробничий процес шляхом скорочення часу переміщення працівників від робочого місця до накопичувального стелажа блоків, яким виконали ремонт (Рисунок 5.5).



Рисунок 5.5. Накопичувальний стелаж блоків комплексу КПД-ЗПА, яким виконали ремонт

Відповідно до вимог принципів ощадливого виробництва зроблена організація робочий місця з ремонту блоків комплексу КПД-ЗПА (Рисунок

5.6), що дозволило підвищити технологічність виробничого процесу завдяки оконтуриванню робочих позицій і оптимізації розміщення необхідного інструмента, запасних частин і матеріалів, застосовуваних у роботі. Організований кабінет технічного навчання з натурними зразками блоків, що є складеними елементами локомотивних обладнань безпеки для безперервного підвищення рівня технічних знань і кваліфікації ремонтного персоналу ділянки (Рисунок 5.7).



Рисунок 5.6. Вид робочого місця з ремонту блоків комплексу КПД-ЗПА



Рисунок 5.7. Кабінет технічного навчання з натурними зразками блоків

Ще одним прикладом ефективного використання інструментів ощадливого виробництва є проект, реалізований робочою групою виробничої ділянки, «Оптимізація робочий місця з ремонту й випробуванню ЕПК-150 у виробничій ділянці депо».

Метою даного проекту є скорочення непродуктивних втрат часу на транспортування ЕПК-150 і його складових частин з робочого місця працівників у виробничій ділянці (ТРПУ) в автоматне відділення сервісного локомотивного депо для перевірки параметрів пружин і випробування клапанів на стенді при проведенні періодичних регламентних робіт.

На рисунках 5.8 і 5.9 представлені карти-схеми стану до реалізації проекту і після.

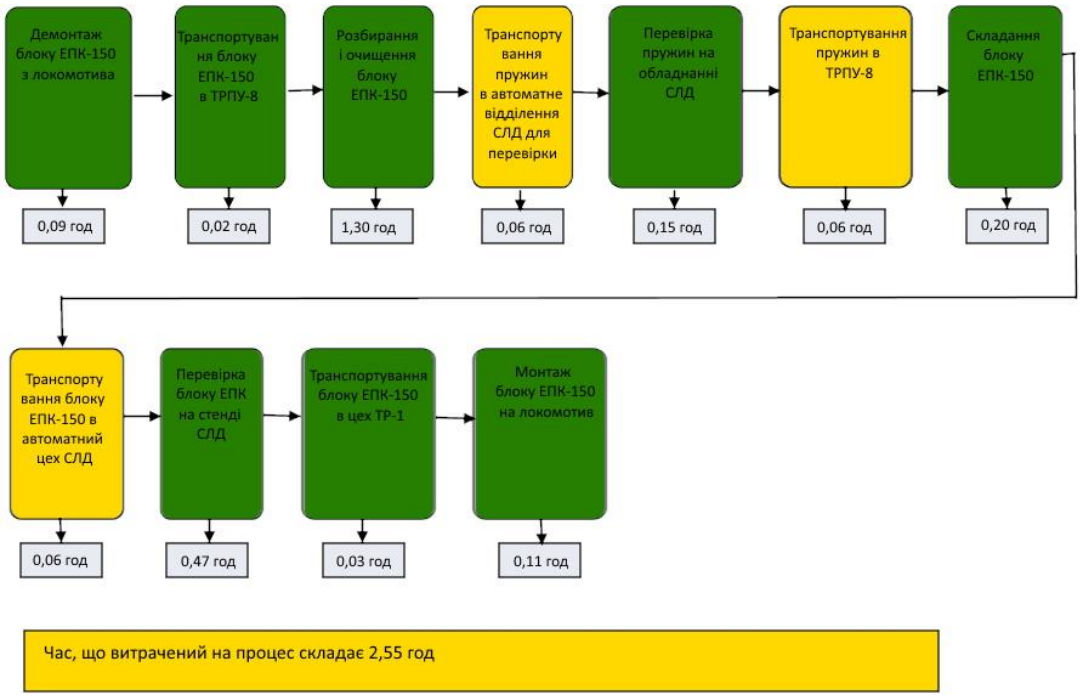


Рисунок 5.8. Карта-схема стану до реалізації проекту

Необхідно відзначити і проект з ремонту тягового рухомого складу, який за результатами його впровадження одержав свідчення і патент на розробку.

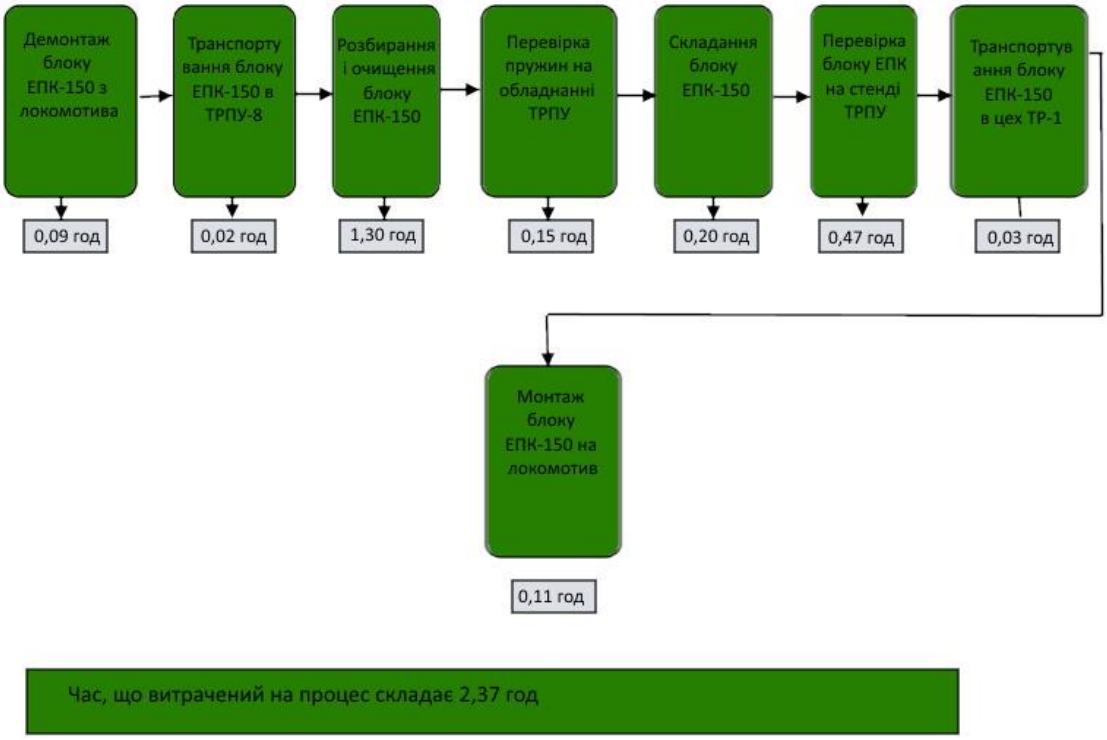


Рисунок 5.9. Карта-схема стану після реалізації проекту

При проведенні ТО і ПР локомотивам, а також пошуку і усунення несправностей в умовах станцій не представлялося можливим виконувати контроль усіх параметрів комплексів КПД у реальному часі.

Було запропоновано спроектувати і виготовити блок перевірки комплексів засобів збору і реєстрації даних КПД, який дозволив забезпечити обмін інформацією із зовнішніми обладнаннями по каналу зв'язку CAN, обмін інформацією із зовнішніми обладнаннями по каналу зв'язку Bluetooth (або Wi-Fi), контроль аналогових сигналів, що приходять на сполучну панель ПС-ЗП, імітацію сигналів двох датчиків швидкості в діапазоні від 0 до 400 Гц, імітацію струмового сигналу датчика тиску від 0,5 до 4 мА .

Зовнішній вигляд виготовленого обладнання представлений на рисунку 5.10. Габаритні розміри обладнання становлять 100*66*36 мм, що дозволяє забезпечити високу мобільність у щоденній виробничій діяльності.

Дане обладнання підключається до рознімання інтерфейсу CAN комплексу КПД-ЗП (ПА) і робить приймання повідомлень від блоків, їх обробку і наступну передачу даних по Bluetooth у мобільний додаток.

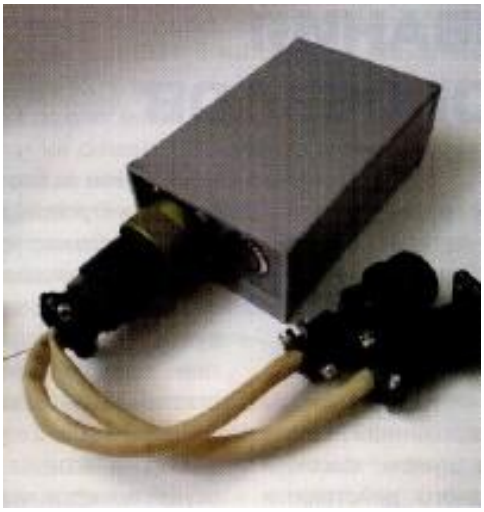


Рисунок 5.10 Зовнішній вигляд виготовленого обладнання

У свою чергу, прийняті мобільним обладнанням дані проходять обробку і вивод на екран смартфона в розробленому мобільному додатку. Мобільний додаток дозволяє виконувати контроль як одного параметра, так і всіх прийнятих.

Також реалізована можливість ведення архіву виконаних перевірок з можливістю (при необхідності) їх перегляду, а також застосування фільтра по серії і номеру локомотива.

Також для підвищення оперативності пошуку і усунення несправності реалізована можливість пошуку і розшифрування кодів помилок, виведених на блоці керування.

5.2 Резерви імпортозаміщення

Основним виробничим процесом локомотивного комплексу є надання тягових ресурсів. На його ефективну реалізацію в значній мірі впливають обмеження доступу до імпортних технічних засобів (як при виробництві, так і при обслуговуванні рухомого складу) і подорожчання нової техніки, що поставляється. Аналіз комплектувального устаткування, у різному ступені залежного від закордонних постачальників, виявив певні «вузькі місця» у

короткостроковій перспективі виготовлення і наступного обслуговування вітчизняного тягового рухомого складу. Таке комплектувальне устаткування, як електрична апаратура, підшипники і перетворювальна техніка, зазначене в таблиці.

Таблиця 5.1

Найменування виробу	Тип виробу
Електрична апаратура	
Електричні кола локомотива	Кабельні з'єднувачі. Затиски. Розетки/вилки. Рознімання. Кабельні наконечники
Блок силових апаратів	Контактори. Автоматичні вимикачі. Реле перевантаження. Реле захисту. Теплове реле
Підшипники	
Буксовий вузол	Радіально упорні. Сферичний роликовий радіальний дворядний підшипник. Роликовий радіальний. Конічний дворядний підшипник касетного типу. Радіальний кульковий підшипник
Тягові й осьові редуктори	Роликовий радіальний підшипник кочення
Електричні машини (ТЕД, ГГ, допоміжні машини)	Роликовий радіальний підшипник кочення. Роликовий радіальний підшипник. Кульковий радіально-упорний підшипник
Редуктори ДВЗ	Роликові підшипники. Кулькові підшипники
Перетворювальна техніка	
Компоненти напівпровідникових приладів для перетворювальної техніки (перетворювачі власних потреб, тягові перетворювачі, випрямні установки).	Чипи для виготовлення IGBT-транзисторів. Монокристалічний кремній для виготовлення тиристорів на струми від 200 до 1250 А. Металокерамічні підложки

Для забезпечення стабільної роботи локомотивного комплексу в умовах зовнішніх постачань необхідий план заходів щодо запобігання наслідків, обумовлених припиненням діяльності закордонних партнерів. У цих умовах розглядаються варіанти використання альтернативних комплектуючих виробів і матеріалів, необхідних для забезпечення стабільного перевізного процесу.

Для прискорення і оптимізації процедури допуску альтернативних складових частин локомотивів і їх постачальників розроблений Тимчасовий порядок, що визначає вимоги і порядок взаємодії власника інфраструктури, машинобудівних організацій і конструкторських підрозділів. Тимчасовий порядок передбачає три різні схеми залежно від типу комплектувального устаткування (Рисунок 5.11).



Рисунок 5.11. Схеми допуску комплектуючих альтернативних постачальників

Такий порядок дозволяє оптимізувати тимчасові і фінансові ресурси, що витрачені при впровадженні в конструкцію технічних засобів альтернативних постачальників.

З метою забезпечення безумовної безпеки перевезень і високої надійності локомотивів у рамках виконання процедури заміни устаткування на комплектуючі альтернативних постачальників, розроблений проект документа з виключення ризиків, пов'язаних з неможливістю придбання оригінальних складових частин для тягового рухомого складу (Рисунок 5.12).

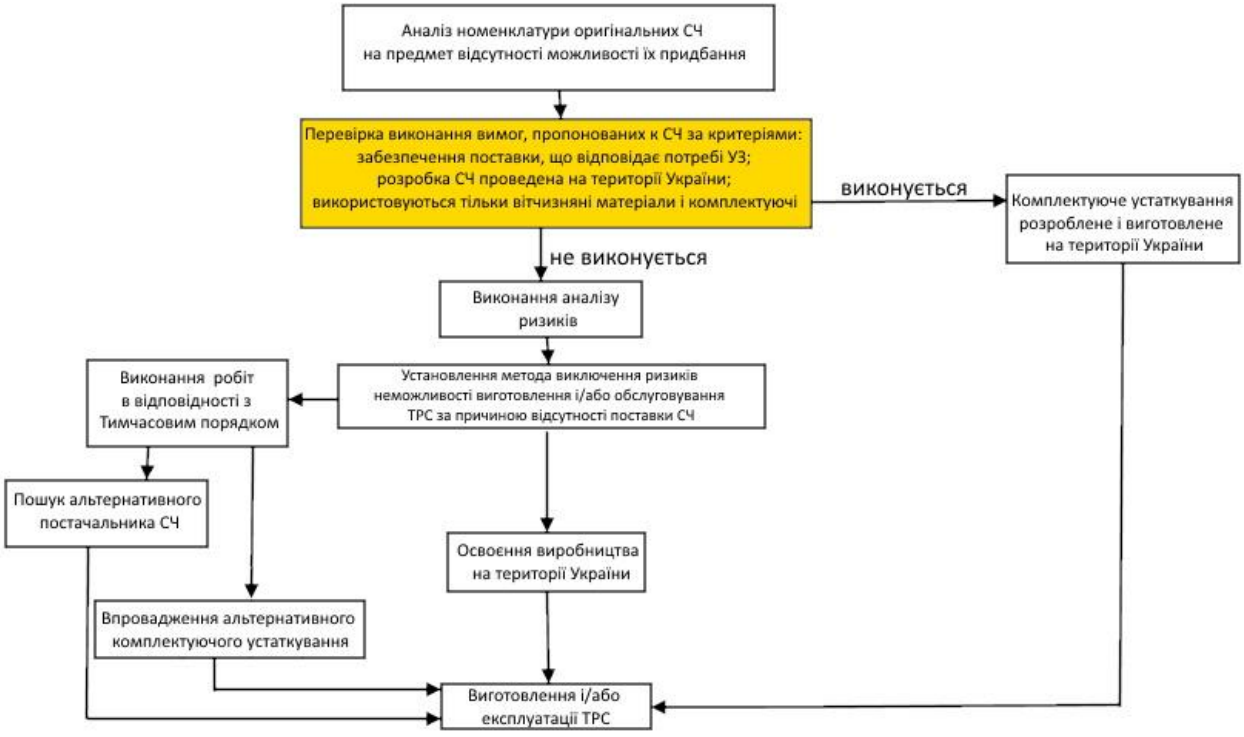


Рисунок 5.12. Структурна схема порядку проведення робіт зі зниження ризиків, пов'язаних з неможливістю придбання оригінальних частин локомотивів

Пропонований порядок регламентує процес освоєння виробництва складових частин локомотивів, придбання яких у кількості, що задовольняє потребі, не представляється можливим, а також відсутнє альтернативне

комплектуюче устаткування, що відповідає або переважаюче за потрібними технічними характеристиками оригінальну складову частину.

Продовження реалізації заходів щодо локалізації і освоєнню виробництва продукції повинне принести також і соціальний ефект. У першу чергу, це нові високотехнологічні виробничі потужності, робочі місця, поповнення як податкові, так і в бюджети, а також у фонди різних рівнів. Крім того, це підтримка підприємств малого і середнього бізнесу, які задіються в процесах локалізації і суверенізації виробництва в залізничній галузі.

5.3 Використання сонячної енергії на залізниці

Аналіз закордонного досвіду показує зростаючий інтерес у світового наукового співтовариства до альтернативної промислової енергетики, тому що є чистим, поновлюваним джерелом енергії і у недалекому майбутньому може стати невід'ємною частиною енергетичних систем.

В 1997 р. у Кіото був прийнятий додатковий документ до РКІК ООН «Кіотський протокол», який набув чинності з 2005 р. Основна мета, зазначена в протоколі, це стабілізація рівня концентрації парникових газів в атмосфері, при якому не допускається небезпечний антропогенний вплив на кліматичну систему планети.

Одним із джерел альтернативної енергетики є фотоелектричні модулі або сонячні батареї.

Існують кілька різновидів фотоелектричних модулів, які визначають їхню ефективність (ККД): полі- і монокристалічні, а також тонкоплінкові, здатні приймати відносно будь-яку форму.

Ефективність електрогенерації сонячними панелями залежить від інтенсивності опромінення поверхонь сонячним світлом (інсоляції).

З розвитком стаціонарних технологій генерації сонячної енергії поступово відбувається розширення застосування фотоелектричних модулів

у машинобудуванні, а саме: на автомобільному, морському і залізничному транспорті. При сучасному рівні розвитку техніки і технологій можливе створення додаткових транспортних систем і обладнань на основі альтернативної енергетики, реалізація яких дозволить прийти до декарбонізированої економіки, дотриманню вимог охорони навколишнього середовища і дозволить додержуватися енергетичним стратегій.

Перша футуристична концепція застосування сонячної енергії на залізничному транспорті була представлена у Франції для компанії Bombardier. Запропоновано ідею екологічного поїзда для серії ECO 4 (Рисунок 5.13). Концепт, представлений на європейській виставці «Yourail Train Interior Design Contest» у якості перспективного міського транспорту [6].

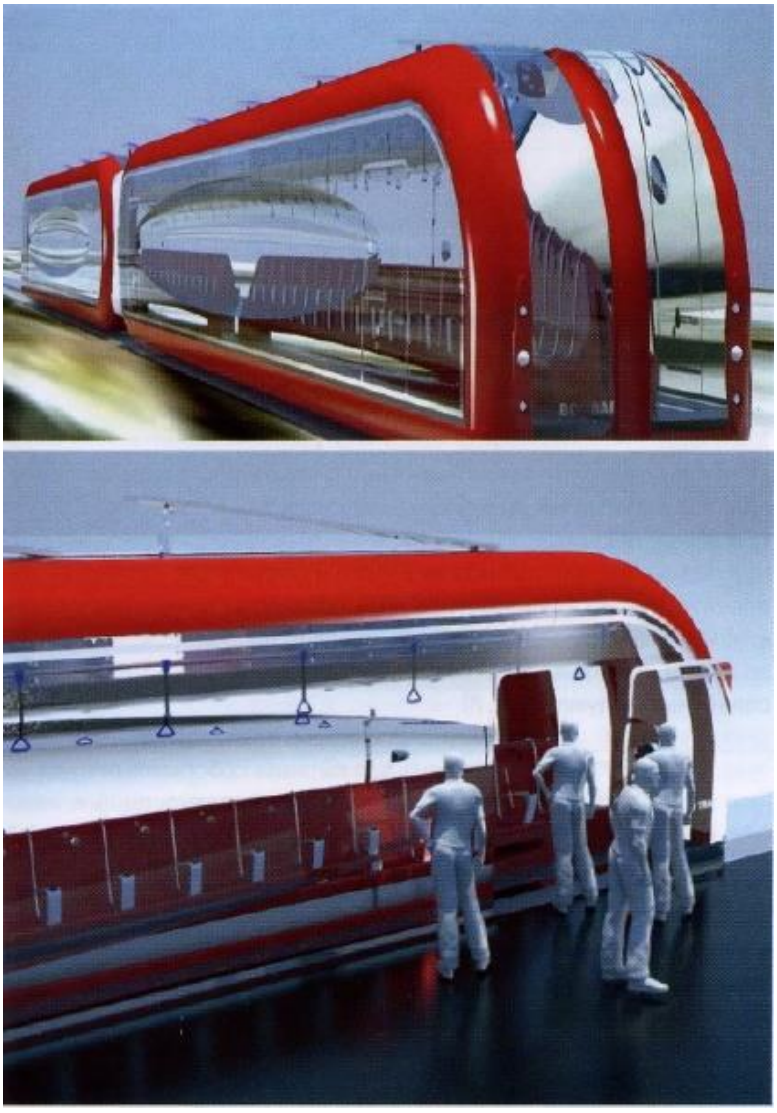


Рисунок 5.13 Концепт дизайну поїзда «Bombardier ECO 4»

Поїзд відрізняється своїм дизайном, обумовленим застосуванням сонячних панелей на міському транспорті. При виготовленні вагонів повинні застосовуватися легкі і міцні матеріали, а сам склад може приводитися в рух енергією, одержуваною від Сонця. При цьому з метою підвищення енергоефективності поїзда при пересуванні на високій швидкості в ньому застосована технологія магнітної левітації.

Сонячні панелі, що розташовуються над стелею вагонів, здатні не тільки виробляти енергію для силової установки поїзда, але можуть висвітлювати салон і забезпечувати енергією пасажирів для підзарядки своїх приладів. Також концепт мав на увазі таку технологічність кріплення панелей, яка дозволяє автоматично повертатися їх убік Сонця для збільшення інсоляції і підвищення ефективності.

Цікавий досвід і інших країн з застосування фотоелектричних модулів на залізничному транспорті. В Індії був розроблений поїзд із застосуванням фотоелектричних модулів для живлення власних потреб. Розробкою займалися національний Об'єднаний завод з виробництва вагонів Integral Coach Factory і філія Індійського технологічного інституту.

Очікувалося, що на першому етапі сонячні панелі зможуть задовольнити 15 % потреби поїзда в електроенергії. Крім даного функціонала, очікувалося, що в момент стоянки складу вироблювана електроенергія буде подаватися в національну мережу.

В 2017 р. був уведений в експлуатацію перший прототип гібридного поїзда, оснащеного сонячними панелями (Рисунок 5.14). Фотоелектричні модулі могли генерувати 20 кВт·год. електроенергії за добу.

Склад складається із шести вагонів із сонячними панелями, розташованими на даху (Рисунок 5.15). На одному вагоні розміщаються 16 сонячних батарей, потужність кожної з яких становить 300 Вт. Рух поїзда здійснюється за допомогою дизельних двигунів, а електроприлади, система керування, системи відкривання дверей і інформаційні табло отримують електроенергію, яка згенерована сонячними батареями.



Рисунок 5.14 Прототип гібридного поїзда на сонячних батареях



Рисунок 5.15 Прототип гібридного поїзда на сонячних батареях

В Австралії почав свою роботу двовагонний дизель-поїзд Byron Bay Train (Рисунок 5.16), який являє собою повністю відновлений ретро-склад, переустаткований під використання сонячної енергії для руху рухомого складу. Один із двох дизельних двигунів поїзда був знятий і замінений парою тягових електродвигунів, а також тяговими інверторами, додані блок літій-іонних акумуляторів і додаткове устаткування. На даху кожного з вагонів установлені гнучкі сонячні панелі, які генерують до 6,5 кВт сонячної енергії для зарядки акумуляторів поїзда.



Рисунок 5.16 Поїзд Byron Bay Train

Зарядка акумуляторів також здійснюється в депо приписки поїзда Byron Bay Train (Рисунок 5.17). На даху депо розташовані фотоелектричні панелі, здатні виробляти до 30 кВт електроенергії.



Рисунок 5.17 Поїзд Byron Bay Train на станції

В сучасних умовах дефіциту єлектроенергії досвід впроваджння локомотивів, що будуть використовувати сонячну енергію, безумовно є перспективним не тільки як додаткове джерело енергії, а і як екологічно чистий і невичерпний природний ресурс.

6. Запровадження сучасних технологій в ремонті локомотивів

6.1 Вібродіагностування підшипникових вузлів

За останній час, як показує практика, важливою складовою у забезпеченні безпеки руху тягового рухомого складу є якісне проведення вібраційного діагностування (ВД) підшипників кочення, яке спрямоване на своєчасне виявлення неприпустимих експлуатаційних дефектів, здатних стати причиною транспортної події аж до катастрофи, а також перерви в русі поїздів. Економічна складова роботи із ВД у локомотивному господарстві, головним чином, пов'язана зі скороченням витрат на позапланові ремонти і простої локомотивів, а також на компенсацію збитку в результаті транспортних подій /4,8,14,15/.

На сьогоднішній день системи діагностики локомотивів, застосовувані в локомотивних депо, складаються з діагностичного устаткування і фахівців, які обробляють дані автоматичного діагнозу і надають висновки за результатами ВД.

При такому підході виникають три основні проблеми, що вимагають ріщення:

– кваліфікація персоналу;

– ефективність діагностичного устаткування;

– незалежність фахівця з діагностики при ухваленні остаточного рішення про стан вузла.

На рисунку 6.1 наведені дефекти корозії, викрашувань металу на робочих поверхнях кілець і роликів підшипників. При утворенні на поверхні кочення навіть невеликих корозійних плям і раковин, суттєво знижується довговічність підшипника. Першопричиною появи раковин на робочих поверхнях є різні зноси, вм'ятини, задири, поверхневі руйнування, опіки електрострумом або корозія, яка виникає внаслідок влучення вологи в корпус

підшипника, а також недолік змащення, її якість або несприятливі умови змазування, що приводять до росту температур і надмірних навантажень.



Рисунок 6.1 Корозія і викрашування металу на робочих поверхнях кілець і роликів підшипників

На рисунку 6.2 показаний приклад утворення тріщин на робочих поверхнях кілець і роликів підшипників. Основна причина утвору даного дефекту – це посадка внутрішніх кілець підшипника на вал тягового електродвигуна або вісь колісної пари зі збільшеним радіальним зазором.



Рисунок 6.2 Тріщини на робочих поверхнях кілець і роликів підшипників

На рисунку 6.3 наведені дефекти граничного зношування і розриву сепаратора підшипників кочення. Причиною граничного зношування сепаратора підшипника може стати порушення технології змащення, оскільки тертя ковзання між сепаратором і іншими компонентами підшипника усунути неможливо, сепаратор є тою деталлю підшипника, яка при недостатньому змащуванні або неякісному змащуванні виходить із ладу в першу чергу. Сепаратори завжди виготовляються з матеріалів більш м'яких, чим інші деталі підшипника, приміром, з латуні або поліаміду, тому їх зношування відбувається більш інтенсивно. У підшипників із центруванням сепаратора по тілах кочення розмір кишень сепаратора через зношування збільшується. Це приводить до відхилень від нормальної кінематики підшипника. Сили, що виникають при такому явищі, можуть у короткий час зруйнувати сепаратор.

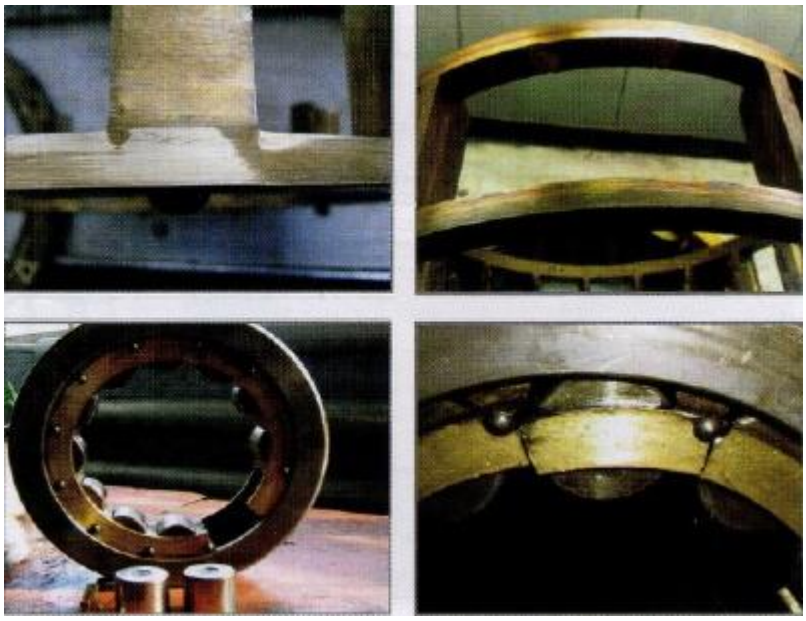


Рисунок 6.3 Граничні зноси і розриви сепаратора підшипників

При підвищених навантаженнях на сепаратор через збільшені сили тертя роликів о бурт зовнішнього кільця перемички сепаратора зношуються раніше розрахункових значень, відповідно відбувається руйнування сепаратора з наступним заклинюванням підшипника.

У відсутності номінальних навантажень, які діють під час руху локомотива, вдається зафіксувати дефект нетипового підшипника при проведенні вібродіагностичних випробувань тільки на останніх стадіях руйнування. На рисунку 6.4 представлені фотографії передаварійного стану вузла.



Рисунок 6.4. Передаварійний стан вузла

На рисунку 6.5 показані дефекти зубчастого зачеплення (тягової передачі) локомотива і їх наслідки. На даних фотографіях наведений приклад послаблення (зпресування) шестірні з подальшою можливою перспективою заклинювання моторно-якірного підшипника.



Рисунок 6.5. Дефекти зубчастого зачеплення (тягової передачі) і їх наслідки

Випадки виявлених зпресувань, різних відколів і зносів шестірні і зубчастого колеса виявляються при видачі рекомендацій фахівцем із ВД при огляді вузла, ґрунтуючись на даних автоматичного діагнозу або в процесі проведення вимірів при виникненні відхилень у штатній роботі зубчастих зачеплень.

Сучасні діагностичні комплекси за умови дотримання всіх правил проведення вимірів і діагностування в автоматичному режимі з досить високою вірогідністю можуть визначати вид дефекту і ступінь його розвитку, будувати прогноз про безаварійний ресурс експлуатації.

Для постановки діагнозу фахівцеві необхідний обов'язковий набір вимірів вібрації, передбачений технологічною інструкцією, а саме:

– автоспектр низькочастотної вібрації;

– спектр, що обгинає, попередньо виділений широкосмуговим фільтром, випадкової високочастотної вібрації;

– середньоквадратичне значення і значення ексцесу сигналу ультразвукової вібрації (УВЧ), обмірюваного в смузі з верхньою граничною частотою не нижче 15 кГц.

Необхідно відзначити ряд проблем, з якими зустрічаються фахівці із ВД при проведенні необхідних робіт. На рисунку 6.6 – 6.12 наведені найпоширеніші при діагностуванні ситуації .

На рисунку 6.6 показаний приклад спектрів високочастотної вібрації, обмірюваних на підшипниковому щиті моторно-якірного підшипника із тріщиною на тілі кочення при нестабільній частоті обертання при розгоні колісної пари і після стабілізації оборотів. У ситуації з нестабільною частотою обертання гармонійні складові вібрації від дефекту підшипника розмиті і мають меншу глибину модуляції, відповідно діагностична програма не може поставити правильний діагноз.

На рисунку 6.7 показані спектри високочастотної вібрації, обмірювані на підшипниковому щиті моторно-якірного підшипника із тріщиною внутрішнього кільця відразу після додавання змащення в підшипник і після

прироблення масляного шару. Цей приклад наочно відображає, як консистентне змащення маскує вібрацію від дефекту підшипника.

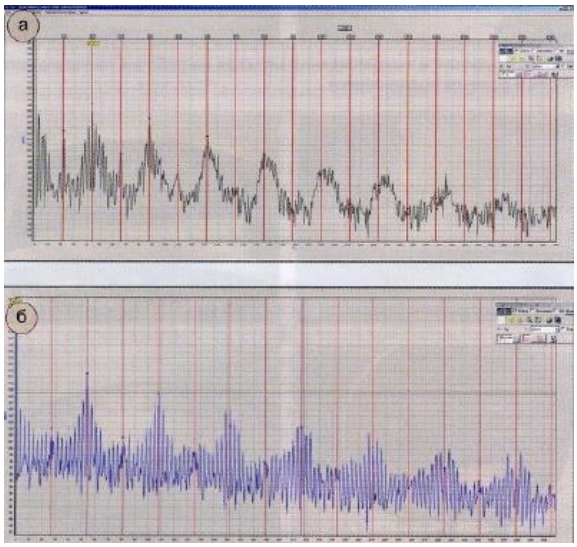


Рисунок 6.6. Нестабільна частота обертання:
а – вимір на розгоні колісної пари; *б* – повторний вимір при стабільній частоті обертань

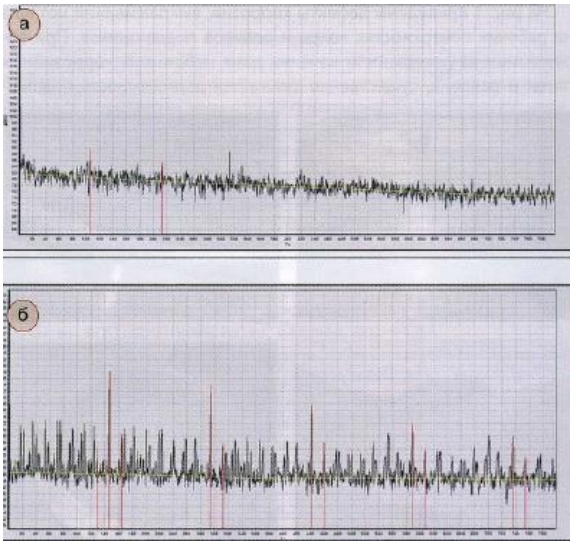


Рисунок 6.7. Виміру, виконані після додавання змащення:
а – вимір після додавання змащення в підшипник; *б* – вимір після прироблення масляного шару

На рисунку 6.8 наведені спектри вібрації, обмірювані на корпусі буксового вузла при негативній температурі підшипника і далі після прогріву підшипника в процесі прироблення. Даний приклад наочно показує, як зростання високочастотної вібрації через розрив масляної плівки при негативній температурі підшипника маскує вібрацію від передбачуваного дефекту сепаратора підшипника.

На рисунку 6.9 показані спектри вібрації, обмірювані на буксовому вузлу при справних підшипниках з недостатньою частотою обертання колісної пари (КП). Подібна спектральна картина може зустрічатися при збільшеному радіальному зазорі буксового підшипника.

У спектрі потужності, що обгинає, вібрації чітко видний гармонійний ряд на частоті перекочування тіл кочення по зовнішньому кільцю. У цьому

випадку вібрація виникла через удар тіла кочення (ролика) по зовнішньому кільцю при виході з верхньої розвантаженої зони в підшипнику при малій швидкості обертання, коли колісно-моторний блок вивішений на домкратах. Діагностична програма не враховує конструктивних особливостей даної букси і ставить діагноз «Раковина на зовнішньому кільці».

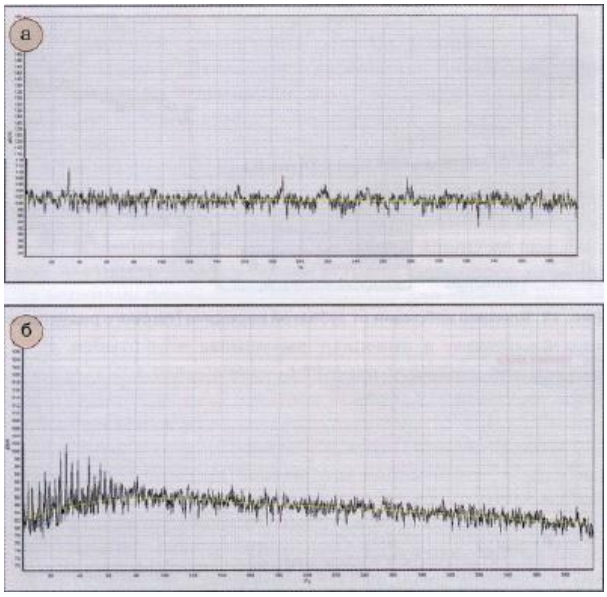


Рисунок 6.8. Виміри, виконані при негативній температурі підшипникового вузла: *а* – вимір при негативних температурах; *б* – вимір після прогріву в процесі приробляння масляного шару

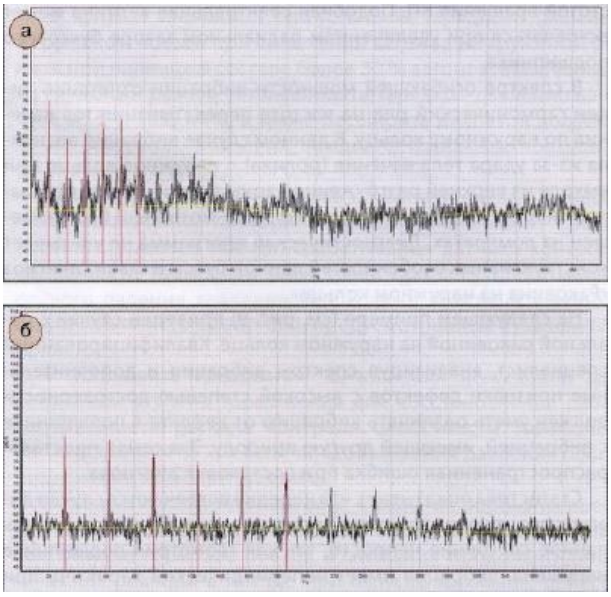


Рисунок 6.9. Необґрунтована заміна підшипникового вузла: *а* – бездефектний підшипник; *б* – підшипник букси з виявленим дефектом «Раковина на зовнішньому кільці»

На прикладі (Рисунок 6.9) наведений випадок з реальною раковиною на зовнішньому кільці. Кваліфікований фахівець, аналізуючи спектри вібрації і додаткові ознаки дефектів з високим ступенем вірогідності повинен уміти розрізняти вібрацію від дефекту в підшипнику з вібрацією, що має іншу природу. Ця найпростіша і розповсюджена помилка при постановці діагнозу.

Статистика показує, що нерідко зустрічаються випадки діагностики передаварійного стану вузла. Діагностувати даний стан непростий, тому що

геометрія підшипника порушена, вібрація має неперіодичний характер, при цьому на слух такі підшипники відрізнити практично неможливо, тому що вони поки справно виконують свою функцію. Даний приклад наведений на рисунку 6.10.

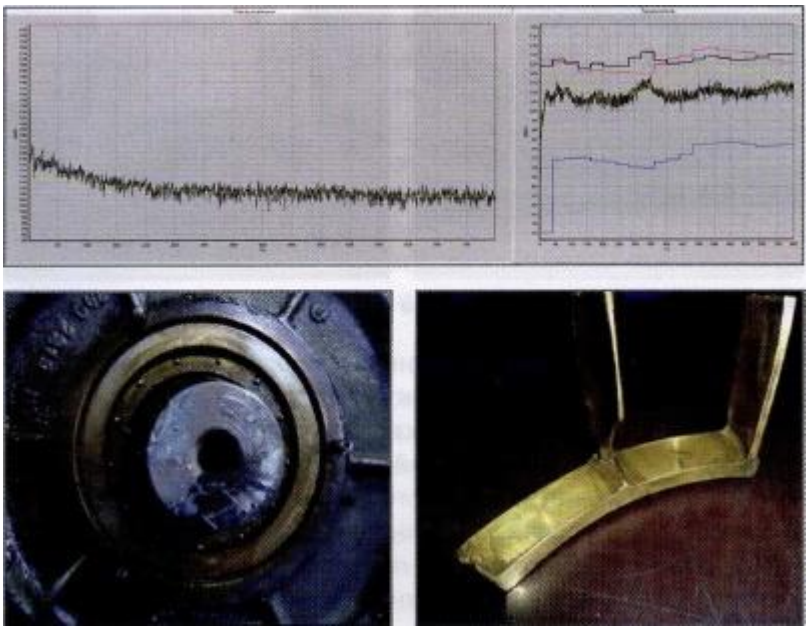


Рисунок 6.10. Спектри передаварійного стану підшипника:

а – вимір при негативних температурах; *б* – вимір після прогріву в процесі приробляння масляного шару

Діагностична програма виявляє дані підшипники за допомогою моніторингових вимірів і перевищенні моніторингових порогів. При цьому фахівець, аналізуючи вібрацію всіх точок контролю колісно-моторного, колісноредукторного блоку повинен відрізнити підшипник з порушеною геометрією в передаварійному стані від вібрації (наприклад, тягового редуктора з нерівномірним зношуванням зубів або вивішеним колісно-моторним, колісно-редукторним блоком на домкратах з перекосом).

Приклад, представлений на рисунку 6.11, показує, як вібрація зубчастого зачеплення (тягового редуктора) впливає на спектральну картину: перевищення граничних значень пори моніторингові в автоспектрі вібрації, зростання загального рівня високочастотного спектра потужності сигналу,

зростання ультразвукової вібрації. При такій спектральній картинці відрізнити передаварійний стан підшипника від «штатної» роботи зубчастого зачеплення зобов'язаний фахівець із ВД, який також повинен правильно видати рекомендації на додавання змащення в підшипникові вузли, якщо в цьому є необхідність. Слід зазначити, що своєчасні рекомендації на додавання змащення також сприяють довгостроковому прогнозу технічного стану підшипників кочення.

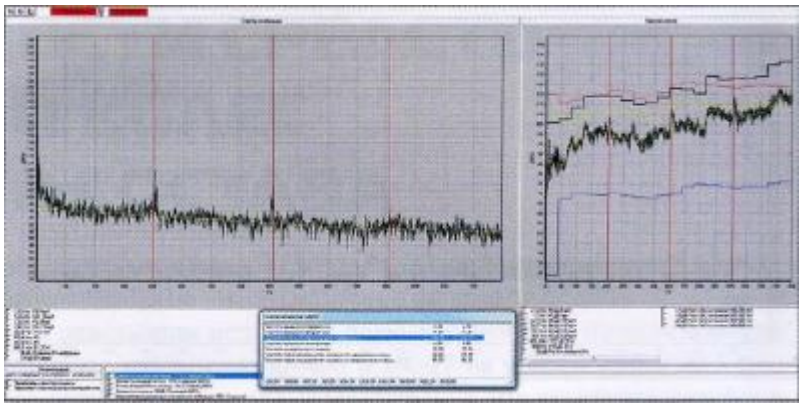


Рисунок 6.11. Вплив вібрації від зубчастої передачі (тягового редуктора)

Дефект сепаратора відноситься до одного із дефектів, що швидко розвиваються, приводять до руйнування підшипника, і що саме неприємне, практично не має історії розвитку, яка дозволяла б прогнозувати залишковий ресурс вузла. Спектр вібрації з дефектом сепаратора, а також фото виявлених дефектів наведені на рисунку 6.12.

Дефект сепаратора це найбільш складний дефект із погляду ВД, тому що сепаратор – легка латунна або поліамідна деталь підшипника, яка не несе на собі більших навантажень і, як наслідок, вібрація від дефекту сепаратора має малу потужність. Крім цього, сепаратор має найменшу частоту обертання щодо всіх елементів підшипника, тому при автоматичному визначенні програмою даного виду дефекту фахівець, що не володіє достатніми знаннями в області ВД, найчастіше ігнорує цей вид дефекту. Він не може

чітко визначити основні і додаткові ознаки, про які сигналізує програма в автоматичному режимі.

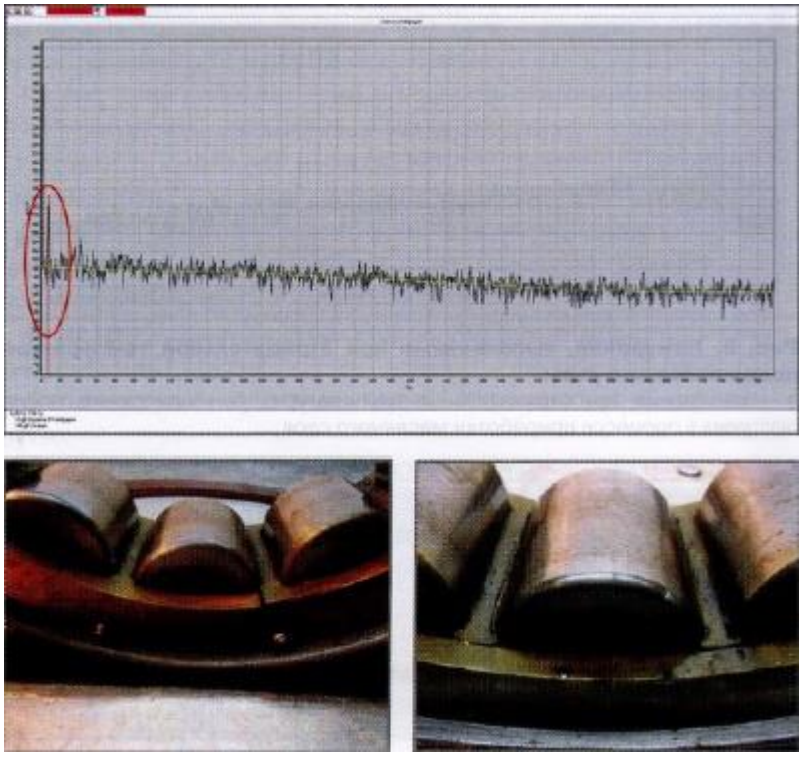


Рисунок 6.12. Зношування, розрив сепаратора

Виходячи з перерахованих вище прикладів, випливає, що для якісного виявлення дефектів у процесі проведення ВД, крім засобів, що удосконалюються, діагностики, необхідний грамотний, кваліфікований фахівець, який на підставі даних з автоматичного діагнозу, розшифрування спектрів вібрації, наявності додаткових ознак здатний установити дійсний стан підшипника і видати на підставі аналізу певний діагноз.

У результаті проробленої роботи розроблювачами засобів ВД сформульовані єдині підходи до конфігурування точок виміру для всіх серій локомотивів і порядок проведення вимірів вібрації. Крім цього, для підвищення вірогідності постановки автоматичного діагнозу за матеріалами вимірів розроблювачі діагностичних програм коректують діагностичні модулі.

6.2 Новації при експлуатації колісних пар локомотивів

Однією із причин, що впливають на строк служби бандажів коліс колісних пар локомотивів, є такий дефект бандажа, як «вищербини» (Рисунок 6.13).



Рисунок 6.13. Приклад дефекту бандажа («вищербини»)

Від загального числа обточувань на електровозах по дефекту бандажа «вищербини» було виконано 7 % обточувань, а в тепловозів – 15 %. Тим часом схожа проблема існує і в колійній інфраструктурі. Поверхневі викрашування на головках рейок по поверхнях кочення стали залучати усе більше засобів на відновлення рейок (Рисунок 6.14).



Рисунок 6.14. «Вищербини» на поверхні кочення головки рейки

Контактно-втомлювальні пошкодження коліс рухомого складу і рейок мають єдину структуру. Для підвищення міцності бандажів можливі різні технологічні варіанти, такі як підвищення твердості металу по кругу кочення, а одночасно і викружки гребеня різними технологіями зміцнення, зміна хімічного складу бандажних сталей з підвищенням їх прокалюваності і закалюваності.

Але безмежно підвищувати твердість бандажа або рейки технічно неможливо через виникаючі побічні ефекти, що погіршують, наприклад, циклічну в'язкість або холодноламкості, що знижують поріг.

Візуалізація сил при вході в криву екіпажа на двовісних візках з позитивним непогашеним прискоренням і проміжною установкою колісних пар візка представлена на рисунках 6.15 – 6.17.

З аналізу рисунків 6.15 – 6.17 випливає, що в зоні контакту коліс рухомого складу на поверхні кочення головок рейок реалізуються поздовжні сили тяги і поперечні складові ваги рухомого складу. Якщо ускладнити схему візуалізації, то додадуться моменти обертання коліс колісної пари навколо вертикальної осі Z.

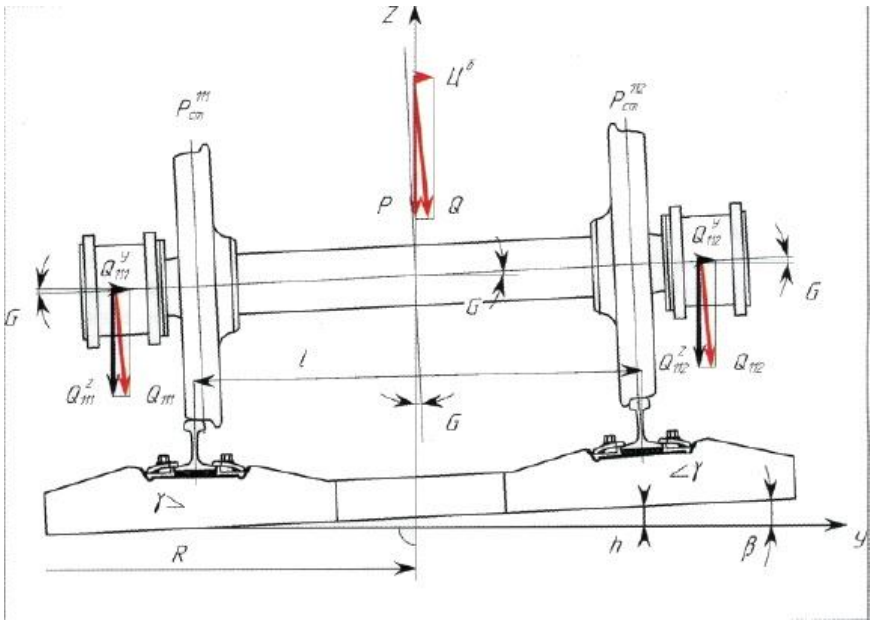


Рисунок 6.15. Розподіл ваги рухомого складу на букси при вході в криву

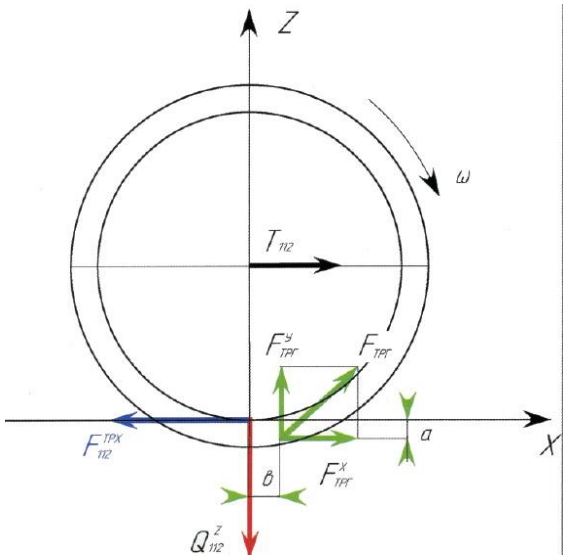


Рисунок 6.16. Візуалізація сил на колесі, що набігає, колісної пари при вході в криву

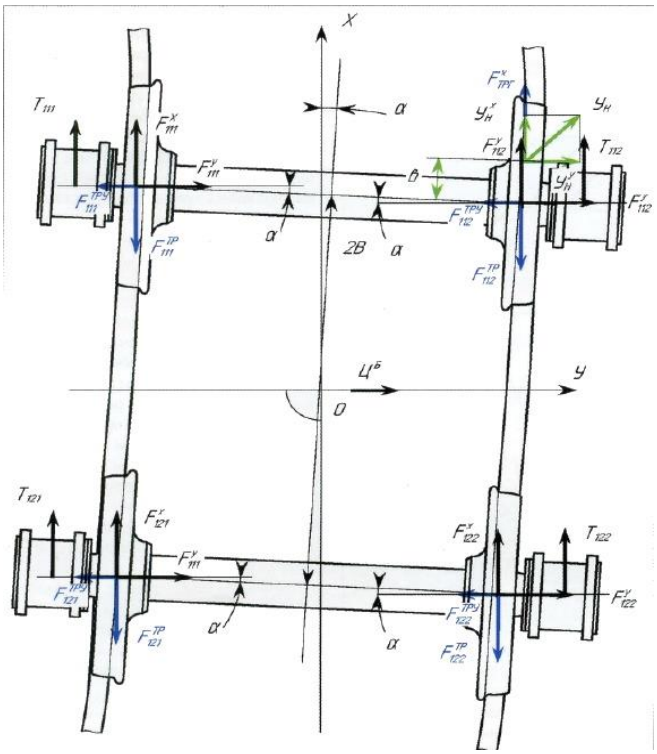


Рисунок 6.17. Візуалізація сил взаємодії коліс колісних пар двохосьового візка із проміжною установкою при позитивнім непогашенім прискоренні

Таким чином, виходить, що причинами, що сприяють розвитку контактновтомлювальних пошкоджень (КУП) бандажів локомотивів, є

поздовжня сила тяги і поперечна складова ваги рухомого складу, що реалізуються в зонах контакту коліс локомотива з поверхнями кочення головок рейки. Кожна із цих сил має «двійника» зі зворотним знаком, спрямованого у зворотну сторону, а саме, силу тертя – поздовжню і поперечну.

Звичайно ж, поздовжня сила тяги і поперечна складова ваги рухомого складу зі своїми «двійниками» перебувають у прямої залежності через коефіцієнт тертя. Виходить, що КУП є залежним від коефіцієнта тертя в зонах контактів поверхонь кочення головок рейок і поверхонь кочення коліс колісних пар рухомого складу.

Результати досліджень показали, що між контактними напругами і коефіцієнтом тертя (коефіцієнт тангенціальних сил) у зоні контакту колеса з поверхнею кочення головки рейки існує певна залежність (Рисунок 6.18). Тут Ту – фактор енергії, дисіпованої у зоні контакту колеса з поверхнею кочення головки рейки, Дж/м.

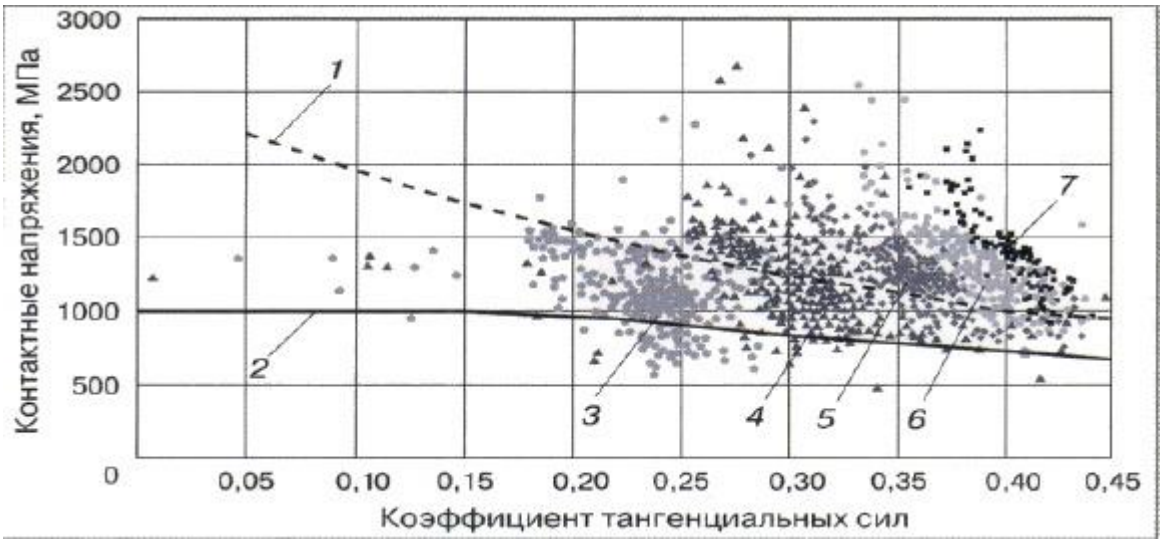


Рисунок 6.18. Області найбільшої імовірності виникнення КУП:

1 – границя області пластичної пристосованості; 2 – границя області пружної пристосованості; 3 : 15 < Ту < 20; 4 : 30 < Ту < 40; 5 : 50 < Ту < 60; 6 : 70 < Ту < 80; 7 : 90 < Ту < 100

Згідно [ ] в області Ту < 15 Дж/м немає небезпеки виникнення КУП; в області від 15 до 65 Дж/м з'являється імовірність виникнення КУП, яка зростає в міру росту фактора енергії Ту; в області від 65 до 175 Дж/м мають місце і КУП, і зношування, а в області більш 175 Дж/м має місце тільки зношування.

Виділено 5 градацій Ту для того, щоб виділити області найбільшої імовірності виникнення КУП. З аналізу графіка (Рисунок 6.18) випливає, що при коефіцієнті тертя в зоні контакту колеса з поверхнею кочення головки рейки в діапазоні 0,20 – 0,25 ще немає умов для утвору КУП, а в діапазоні коефіцієнта тертя понад 0,25 у зонах контакту колеса і рейки утворюються КУП.

Згідно із проведеними розрахунками за умовами реалізації сили тяги і гальмування коефіцієнт тертя на поверхні кочення головки рейки допускається на рівні значення 0,18. Представляється можливим на основі інтеграції досліджень допустити в зонах контакту коліс із поверхнею кочення головок рейок діапазон коефіцієнта тертя від значення 0,18 до значення 0,25, що знижує розвиток КУП.

В 2021 р. проведені випробування модифікатора тертя на полімерній основі для лубрикації зон контакту коліс рухомого складу з поверхнею кочення головки рейки. Результати випробувань по вимірах значень коефіцієнта тертя на поверхні кочення головки рейки наведені в таблицы 6.1.

З аналізу таблицы 6.1 випливає, що модифікатор тертя забезпечує діапазон коефіцієнта тертя в межах від 0,16 до 0,22, що відповідає рекомендованим значенням 0,18 – 0,25. Випробування проводилися в суху жарку погоду (таблиця 6.2).

Таблиця 6.1 Коефіцієнти тертя на рейці при застосуванні модифікатора тертя

Випробовувані поверхні головок рейок	Крива R 300	Крива R 300 після проходу 2000 осей	Під'їзні колії АТ
Сухі рейки			
Поверхня кочення внутрішньої рейки	21,22.06.2021 г. 0,27 – 0,30	–	09.07.2021 г. 0,26 – 0,27
Поверхня кочення зовнішньої рейки	21,22.06.2021 г. 0,27 – 0,30	–	09.07.2021 г. 0,26 – 0,27
Змазані рейки			
Поверхня кочення внутрішньої рейки	08.07.2021 г. 0,16 – 0,18	23.07.2021 г. 0,20 – 0,22	09.07.2021 г. 0,17 – 0,19
Поверхня кочення зовнішньої рейки	08.07.2021 г. 0,16 – 0,18	23.07.2021 г. 0,20 – 0,22	09.07.2021 г. 0,17 – 0,19

Таблиця 6.2 Температура навколишнього повітря ірейки при проведенні випробувань

Дата проведення випробувань	Температура навколишнього повітря, °С	Температура рейки, °С
21,22.06.2021	30	52
30.06.2021	23	38
08.07.2021	32	54
09.07.2021	30	52
23.07.2021	28	45

Коефіцієнт тертя 0,16 був отриманий відразу ж після нанесення модифікатора на рейку, при цьому при проведенні випробувань по визначенню зміни коефіцієнта зчеплення під боксуючою колісною парою тепловоза було отримано, що на сухих рейках максимальне значення струму на виході випрямної установки тепловоза 2ТЕ116 склало 5300 А, а на рейках

з нанесеним модифікатором тертя – 5900 А. Максимальне тягове зусилля зросло на 11 %.

Випробування показали ще одне можливе застосування модифікатора тертя – у місцях, де застосування піску для реалізації тяги небажане. Наприклад, на станційних коліях або підйомах. Випробування показали також істотний ефект із зниження рівня зовнішнього шуму від локомотива на швидкості 30 км/год. до 13,5 дБа (за технологією застосування, описаної нижче).

Виходячи з вищевикладеного, для боротьби з вищербинами на бандажах колісних пар локомотивів для зниження кількості обточувань бандажів, логічним було б припустити застосування технології лубрикації поверхонь коліс тягового рухомого складу модифікатором тертя. Для посилення ефекту з метою зниження інтенсивності підрізу гребенів доцільно підсилити цю технологію гребенезмащувачами, тобто застосувати на локомотивах комплексну технологію лубрикації (Рисунок 6.19).

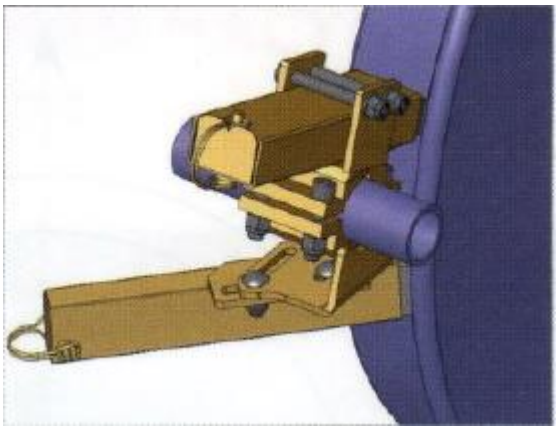


Рисунок 6.19. Приклад установки на локомотиві обладнання для лубрикації поверхні кочення бандажа колеса і його гребеня

При цьому лубрикація і гребеня, і поверхні кочення бандажа колеса повинна проводитися на обох колесах колісної пари, а також на крайніх колісних парах локомотива безупинно, тобто і на прямих ділянках, і в кривих ділянках колії.

Лубрикація гребеня повинна виконуватися лубрикантами, що забезпечують низький коефіцієнт тертя, а лубрикація поверхні кочення бандажа колеса повинна здійснюватися модифікатором тертя, що забезпечують стабілізацію коефіцієнта тертя в межах значень 0,18 – 0,25.

Після активного впровадження даної технології можна чекати зниження кількості обточувань колісних бандажів локомотивів по бракувальному показникові «вищербини».

7. Методика визначення терміну заміни рухомого складу

Розвиток науки і техніки приводить до прискореного морального старіння діючих, а іноді і проектованих видів техніки, що створює умови для підвищення темпів впровадження прогресивних видів основних засобів. Однак обмеженість ресурсів суттєво впливає на розміри і структуру впровадження у виробництво новітніх видів устаткування, змушуючи ретельним образом робити вибір варіантів посилення основних засобів з метою максимальної віддачі. У цих умовах особливу актуальність здобувають питання правильної оцінки економічної ефективності впровадження нового обладнання і обліку ступені морального зношування діючих засобів виробництва. Слід зазначити, що встановлені в цей час нормативні строки служби основних засобів ураховують головним чином їх фізичне зношування. Це викликає в ряді випадків невиправдано високі витрати, на капітальні ремонти, що підтримують устаткування протягом строків його служби в працездатному стані. Облік морального старіння основних засобів може бути здійснено двома способами. Перший напрямок полягає в прогнозуванні часу появи більш продуктивного устаткування і відповідного коректування нормативних строків служби техніки. Інший метод заснований на визначенні доцільності використання знову створюваного устаткування.

Одна сфера застосування знову створюваного устаткування пов'язана з освоєнням зростаючих обсягів випуску продукції. Інша область – це відновлення основних засобів діючих підприємств, не пов'язане зі збільшенням їх виробничих програм.

Якщо в першому випадку діюче устаткування не може бути альтернативною новим основним засобам через необхідність розширення виробництва, то в другому випадку ефективність впровадження нової техніки визначитися зіставленням з експлуатованими технічними засобами. Можливість необмеженого в часі використання варіанта старої техніки,

поновлюваного наприкінці його строку служби за рахунок амортизаційного фонду, робить зайвим облік капітальних вкладень у варіанті діючої техніки при стабільних обсягах виробництва. Доцільність впровадження нової техніки в цьому випадку повинна визначатися зіставленням ефекту, що утворюється у сфері виробництва продукції, що випускається з використанням цієї техніки, із витратами, викликаними виробництвом і впровадженням нового обладнання. У принципі методика таких розрахунків не відрізняється від стандартної процедури порівняння варіантів. Однак є особливості, розгляд яких представляється необхідним з метою усунення суперечливих рекомендацій інструктивних документів по визначенню ефективності капітальних вкладень.

Питання щодо доцільних термінів відновлення діючих основних засобів може бути вирішене на основі зіставлення виникаючих витрат по альтернативним варіантам з обліком фактора часу і накопиченого амортизаційного фонду на експлуатованій техніці.

У випадку стабільного обсягу роботи через можливість необмеженого використання діючого устаткування, поновлюваного періодично за рахунок амортизаційних відрахувань, ефективність нової техніки може бути виявлення при складанні витрат лише після пропонованого моменту її впровадження.

Розглянемо математичну модель процесу, увівши попередньо необхідні позначення:

$T_1^{сл}$ – строк служби діючого встаткування;

$T_2^{сл}$ – строк служби нової техніки;

Θ_0 – час дії старої техніки з моменту її останнього поновлення до розрахункового року;

τ – економічно доцільний строк заміни старої техніки нової.

У відношенні τ повинне дотримуватися умова

$$\tau < T_1^{сл} - \Theta_0 . \qquad (7.1)$$

У випадку якщо $\tau > T_1^{сл} - \Theta_0$ – впровадження нової техніки недоцільно. У цьому легко переконатися, переносячи початок відліку в точку $\left(T_1^{сл} - \Theta_0\right)$. Цей випадок означає, що нову техніку не слід впроваджувати протягом усього строку служби старого встаткування і у момент повного зношування $\left(T_1^{сл} - \Theta_0\right)$ відновити стару техніку. Очевидно, те ж саме буде вірним для періоду $T_1^{сл} - \Theta_0$ до $2T_1^{сл} - \Theta_0$. Якщо $\tau = T_1^{сл} - \Theta_0$, то нову техніку доцільно впроваджувати відразу ж після повного зношування діючої, без поновлення старого устаткування. Коли $\tau \le 0$, нова техніка може бути рекомендована до негайного впровадження незалежно від ступеня зношування старої.

При зіставленні витрат по альтернативних варіантах будемо припускати ліквідну вартість старого устаткування рівного нулю. У випадку роботи на старому устаткуванні загальна сума витрат складається із щорічно повторюваних експлуатаційних витрат ($З_1$) і і періодично повторюваних з інтервалом $\left(T_1^{сл}\right)$ його поновленнях. Загальні витрати по першому варіанту з урахуванням віддалення і наведені до початкового року, починаючи з моменту $\tau + 1$, складуть:

$$C_1 \sum_{t=\tau+1}^{\infty} \frac{1}{(1+E)^t} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_1}{(1+E)^{nT_1^{сл} - \Theta_0}} = \frac{C_1}{(1+E)^{\tau} E} = \frac{K_1 \rho_1 (1+E)^{\Theta_0}}{E}, \qquad (7.2)$$

де K_1 – вартість діючого встаткування;

C_1 – щорічні поточні витрати по старій техніці без обліку амортизації;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

ρ_1 – амортизаційна квота по старій техніці, розрахована з урахуванням віддалення.

Витрати по новій техніці складаються з капітальних вкладень K_2 у момент τ, наступних щорічних витрат C_2 і амортизаційних відрахувань ρ_2 за винятком накопиченого до моменту τ амортизаційного фонду по старій

техніці. Наведені до початкового періоду ці витрати можна записати у вигляді:

$$C_2 \sum_{t=\tau+1}^{\infty} \frac{1}{(1+E)^t} + \frac{1}{(1+E)^\tau} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_1}{(1+E)^{nT_2+\tau}} - \rho_1 K_1(\tau+\Theta_0) = \\ = \frac{C_2}{(1+E)^\tau E} + \frac{K_2}{(1+E)^\tau} + \frac{\rho_2 K_2}{(1+E)^\tau E} - \rho_1 K_1(\tau+\Theta_0) \quad . \qquad (7.3)$$

Раціональний строк заміни буде визначатися з умов рівності витрат по обом варіантам

$$\rho_1 K_1(1+E)^\tau (1+E)^{\Theta_0} + \rho_1 K_1 E(\tau+\Theta_0)(1+E)^\tau = \\ = C_2 + \rho_2 K_2 + EK_2 - C_1 \quad . \qquad (7.4)$$

Звідси

$$(1+E)^\tau (1+E)^{\Theta_0} + (1+E)^\tau E(\tau+\Theta_0) = \frac{C_2 + \rho_2 K_2 + EK_2 - C_1}{\rho_1 K_1}. \qquad (7.5)$$

З рівності (7.5) видно, що рекомендована в (7.1) і (7.2) методика оцінки ефективності нової техніки є часним випадком формули (7.5), а саме за умови $\tau = \Theta = 0$

$$C_2 + \rho_2 K_2 + EK_2 \le C_1 + \rho_1 K_1 . \qquad (7.6)$$

З рівності (7.5) можна зробити наступний висновок: якщо нова техніка в порівнянні зі старою виявляється ефективною при $\tau = \Theta_0 = 0$, то вона тим більше буде ефективною і при будь-якому іншому строку заміни і ніяких неамортизованих сум до вартості нового обладнання додавати не слід.

Якщо розрахунки по формулі (7.6) показує неефективність заміни старої техніки новою, тобто $C_1 + \rho_1 K_1 < C_2 + \rho_2 K_2 + EK_2$, то за допомогою формули (7.5) може бути знайдений раціональний строк впровадження нового обладнання при дотриманні умови (7.1). Тут уже ступінь зношування

старої техніки має істотну роль, відбиваючись на величинах $(1+E)^{\Theta_0}$ і $(1+E)^{\tau}E(\tau+\Theta_0)$. Чим довше прослужила стара техніка, тим більше ефективним виявляється впровадження нової техніки.

Через неможливість із формули (7.5) виразити строк τ у явному виді в практиці розрахунків зручно користуватися табульованими значеннями лівої частини цієї формули, позначуваної надалі через $f(\tau)$.

Таблиця 7.1 (E = 0,1)

Θ_0, рік	Строк заміни старої техніки нової, рік					
	0	4	10	15	20	25
0	1,0	2,4	5,2	10,4	20,2	37,9
1	1,2	2,7	5,7	11,3	21,5	40,1
2	1,4	3,1	6,3	12,2	22,9	42,4
3	1,6	3,4	6,8	13,1	24,4	44,8
4	1,9	3,8	7,4	14,1	26,0	47,3
5	2,1	4,2	8,1	15,1	27,7	50,0
6	2,4	4,6	8,7	16,2	29,4	52,8
7	2,6	5,1	9,5	17,3	31,3	55,8
8	2,9	5,5	10,2	18,6	33,3	59,0
9	3,3	6,1	11,0	19,9	35,4	62,4
10	3,6	6,6	11,9	21,3	37,6	66,0
13	4,8	8,5	14,9	26,1	45,4	78,6
15	5,7	9,9	17,3	30,0	51,6	88,6
20	8,7	14,9	25,2	42,7	72,2	121,6
25	13,3	22,3	37,2	62,0	103,2	171,6

У таблиці 7.1 представлена залежність раціонального строку заміни діючого встаткування τ від тривалості його експлуатації (Θ_0), відносно грошових показників варіантів старої і нової техніки при E = 0,1. для користування таблицею необхідно спочатку розрахувати $f(\tau)$ за грошовими

показниками варіантів. Потім, знаючи період експлуатації старої техніки від моменту її останнього поновлення знаходимо у відповідному рядку Θ_0 значення $f(\tau)$, близьке до розрахованого. Числове значення τ визначиться номером стовпця, у якім розташовано знайдене $f(\tau)$.

Приклад 1. Потрібно визначити ефективність впровадження на електрифікованих лініях вітчизняного електропоїзда Тарпан замість електропоїздів, що експлуатуються в цей час на цих лініях, ЕР2 і ЕР9. (табл. 7.2)

Таблиця 7.2

Найменування вихідних даних	Позначення	ЕР2	ЕР9	Тарпан (Україна)	Schcoda (Чехія)	Hyindai (Корея)
Річні експлуатаційні витрати на електропоїзд, млн.грн.	C_1, C_2	295,2	320	159	210	190
Щорічні амортизаційні відрахування електропоїзд, млн. грн.	$\rho_1 K_1$, $\rho_2 K_2$	1, 2	1,22	1,99	7,98	9,2
Капітальні вкладення в електропоїзд, млн. грн.	$K_2^{e\pi}$	-	-	199,9	798	921
Зміна основних фондів у зв'язку із впровадженням нового типу електропоїзда, млн.грн.	K_2^B	-20	-20	-	-	-

Примітки. Вихідні дані, що наведені в таблиці 7.2 через відсутність достовірної інформації по деяких позиціях визначалися таким чином. Офіційні дані щодо цін на електро поїзди «Тарпан», Шкода («Sckoda»), Хьюндай («Huindai») приводять такі відомості: «Тарпан» за цінами завода-виробника C_{Tap} = 25 млн дол. (199,9 млн грн); «Sckoda» – C_{Sck} = 19,95 млн дол. (798 млн грн); «Huindai» – C_{Hu} = 30,7 млн дол. (921 млн грн) / /.

Річні експлуатаційні витрати приймалися, виходячи з того, що сумарні експлуатаційні витрати за життєвий цикл знахрдяться в межах 20÷30 цін транспортного засобу. Тобто в рік в середньому витрачається повна ціна транспортного засобу. Аледля нового транспортного засобу це в повній мірі неможливо оцінити.

Для електропоїзда «Тарпан» цей показник оцінювався за наступною формулою

$$C^{e}_{Tap} = C' \cdot Q \cdot S \cdot T_{рік},$$

де C' – питомі витрати на перевезення однієї тони вантажу;

Q – вага заповненого електропоїзда, Q = 1000т;

S – середньодобовий пробіг електропоїзда, S = 400км;

$T_{рік}$ – середня кількість днів у році, $T_{рік}$ = 365 днів.

Параметр C' оцінювався за / /, що питомі витрати на перевезення Q = 20т вантажу коштують C' = 21,9грн/т. Тоді $C' \cdot Q$=21,9·1000/20=1095грн/т.

Звідси $C^{e}_{Tap} = 1095 \cdot 400 \cdot 365 = 159 \cdot 10^{6}$ грн.

Виходячи з цього, для закордонних електропоїздів через не повну адаптацію до ремонтної інфраструктури вітчизняних моторвагонних депо середні експлуатаційні витрати приймалися відповідно: «Sckoda» – C^{e}_{Sck} = 210·10^{6}грн); «Huindai» – C^{e}_{Hu} = 30,7 млн дол. (190·10^{6}грн).

Для електропоїздів ЕР2 і ЕР9 з урахуванням їх перепробігу нормативного терміну експлуатації експлуатаційні витрати орієнтовано прийняті відповідно: електропоїзд постійного струму ЕР2 – C_1^e =320·10^{6}грн.

Щорічні амортизаційні відрахування приймалися на рівні 20% від цін електропоїзда за прийнтий термін служби T = 20років. Зміна основних фондів у зв'язку з використанням нових електропоїздів прийнти на рівні 20·10^{6}грн.

Осучаснена ціна старих електропоїздів орієнтовно приймалася, виходячи з загальної ваги електропоїздів, їх порівняли з вітчизнянним електропоїздом «Тарпан», і відповідно перерахунку їх ціни. Так електропоїзд ЕР2 має в складі: 2Г+2М+4П (Г – головні вагони, М моторні вагони, П – прицепні вагони) і відповідно вага електропоїзда буде складати

$$P_{\text{ЕР2}} = 2\cdot40{,}9 + 2\cdot54{,}6 + 4\cdot38{,}3 = 382{,}5\text{т}.$$

Склад електропоїзда ЕР9: 2Г+2М+4П і його вага

$$P_{\text{ЕР9}} = 2\cdot39 + 2\cdot59{,}2 + 4\cdot37 = 384{,}4\text{т}.$$

Склад електропоїзда «Тарпан»: 2Г+7П і його вага

$$P_{Tap} = 2\cdot(18\cdot4) + 7\cdot(18\cdot4) = 648\text{т}.$$

Звідси орієнтована ціна електропоїздів ЕР2 і ЕР9

$$K_1 = \frac{199{,}9\cdot10^6\cdot382{,}5}{648} = 120\cdot10^6 \text{ грн}.$$

Користуючись даними таблиці 7.2 розглянемо декілька прикладів.

Нехай потрібно визначити ефективність впровадження на залізничній ділянці електропоїзда «Тарпан», «Sckoda», «Huindai» замість електропоїздів ЕР2, ЕР9.

Згідно (7.5) визначимо доільні термінизаміни елелектропоїздів ЕР2 та ЕР9 на електропоїзд «Тарпан». Для електропоїзда ЕР21

$$f(t)=\frac{159+1{,}99+(199{,}9-20)-295{,}2}{1{,}2}=-96{,}9.$$

Тобто за результатами розрахунку електропоїзд ЕР2 потребує негайної заміни.

Аналогічний результати отримані і для електропоїзда ЕР9 – необхідна негайна аміна.

Однако економічно ефективний термін від заміни електропоїзда «Тарпан» на електропоїзд «Sckoda»

$$f(t)=\frac{210+7{,}98+0{,}1\cdot(798-20)-159}{1{,}99}=68{,}7>0.$$

Оскільки $f(t)>0$, то для визначення доцльного терміна замни необхідно скористатися даними таблиці 7.1. відомо, що електропоїзд «Тарпан» знаходиться в експлуатації Θ = 10 років. В строці Θ = 10 знаходимо табличне значення $f(t)$. Близьке до отриманого результату значення $f(t)=66$, що що розташоване на перетині стрічки Θ = 10 і τ = 25. Оскільки τ = 25 < 40-10 = 30 (де 40 – встановлений термін служби електропоїзда «Sckoda»), то доцільно замінити електропоїзд «Тарпан» не раніше чим через 25 років після обраного розрахункового терміну.

Аналогічно ефективний термін заміни електропоїзда «Тарпан» на електропоїзд «Huindai»

$$f(t)=\frac{190+9{,}2+0{,}1\cdot(921-20)-159}{1{,}99}=65{,}5>0.$$

При Θ = 10 і τ = 25 < 50-10 = 40 (де 50 – встановлений термін служби електропоїзда «Huindai»), доцільно замінити електропоїзд «Тарпан» в експлуатації не раніше чим через 25 років після розрахункового терміну.

Слід відмітити, що електропоїзди «Sckoda» через інтенсивну експлуатацію на залізницях України виведено з руху. Крім того і електропоїзд «Sckoda» і електропоїзд «Huindai» досі не пройшли капітальний ремонт, що робить їх подальшу експлуатацію неефективною через зростаннявитрат на ТО, ПР. Оскільки відмічено, що прийняті в таблиці 7.2 вихідні дані орієнтовані і потребують точного бухгалтерського обліку, узагальнено методику розрахунку ефективного терміну заміни рухомого складу. Представимо формулу (7.5) у вигляді

$$f(t)=\frac{(C_2-C_1)+E\left(K_2-K_2^B\right)+\alpha K_2}{\alpha K_1'} \text{ або } f(t)=\frac{\Delta C+E\Delta K+\alpha K_2}{\alpha K_1'}=\frac{\Delta C}{\alpha K_1'}+\frac{E\Delta K}{\alpha K_1'}+\frac{K_2}{K_1'}.$$

$$\alpha=\{0{,}1;0{,}15;0{,}2\};\quad E=0{,}1;\quad K_1'=\frac{K_1}{20};\quad \frac{K_2}{K_1}=3;\ 5{,}7;\ 7;\ 9$$

$$\Delta C=\{-100<\Delta C<50\};\quad K_1'=\{25<K_1'<5\}=2{,}5;\ 3{,}5;\ 4{,}25;\ 5;$$

$$K_1=\{50<K_1<100\}=50;\ 70;\ 85;\ 100;$$

$$K_2=\{150<K_1<900\}=150;\ 400;\ 600;\ 900;$$

$$\Delta K=\{130<\Delta K<880\}=130;\ 380;\ 580;\ 880.$$

Таблиця 7.3 Розрахунок ефективного терміну заміни $f(t)$ при

	ΔC							ΔK
	-100	-75	-50	-25	0	25	50	
α = 0,2	-171	-119	-71	-21	29	79	129	130
E=0,1	-116	-66	-16	34	84	134	184	380
K_1=50	-72	-22	28	78	128	178	228	580
ΔK=130	-6	44	94	144	194	244	294	880
α = 0,2	-122,3	-86,4	-50,7	-15,1	20,7	56,4	92,1	130
E=0,1	-84	-49	-14	24	59	94	12,9	380
K_1=70	-51,5	-15,6	20,0	55,8	91,7	127,6	163,5	580
ΔK=380	-4,4	31,5	67,4	102,9	138,6	174,1	209,6	880
α = 0,2	-100,5	-71,1	-41,7	-12,3	17,1	46,5	75,9	130
E=0,1	-68,2	-38,8	-9,4	19,9	43,4	78,9	108,4	380
K_1=85	-42,4	-13	16,4	43,8	75,8	104,6	134	580
ΔK=580	-3,5	25,9	55,3	84,7	114,1	143,5	172,9	880
α = 0,2	-85,5	-60,5	-35,5	-10,5	14,5	39,5	64,5	130
E=0,1	-58	-33	-8	17	42	67	92	380
K_1=100	-36	*11	14	39	64	89	114	580
ΔK=880	-3	22	47	72	97	122	147	880

На підставі прийнятих обмежень розраховані дані, що наведені в таблиці 7.3. За цими даними побудовані графічні залежності $f(t) = f_1(\Delta C, \Delta K, K_1 = const)$., які представлені на рисунках 7.1-7.4.

При накопичені і уточнені витрат на експлуатаційні і капітальні складові, користуючись наведеними графічними залежностями достатньо наглядно можна оцінювати вплив різнопланових витрат на оцінку терміну заміни відповідних ТРС на новий.

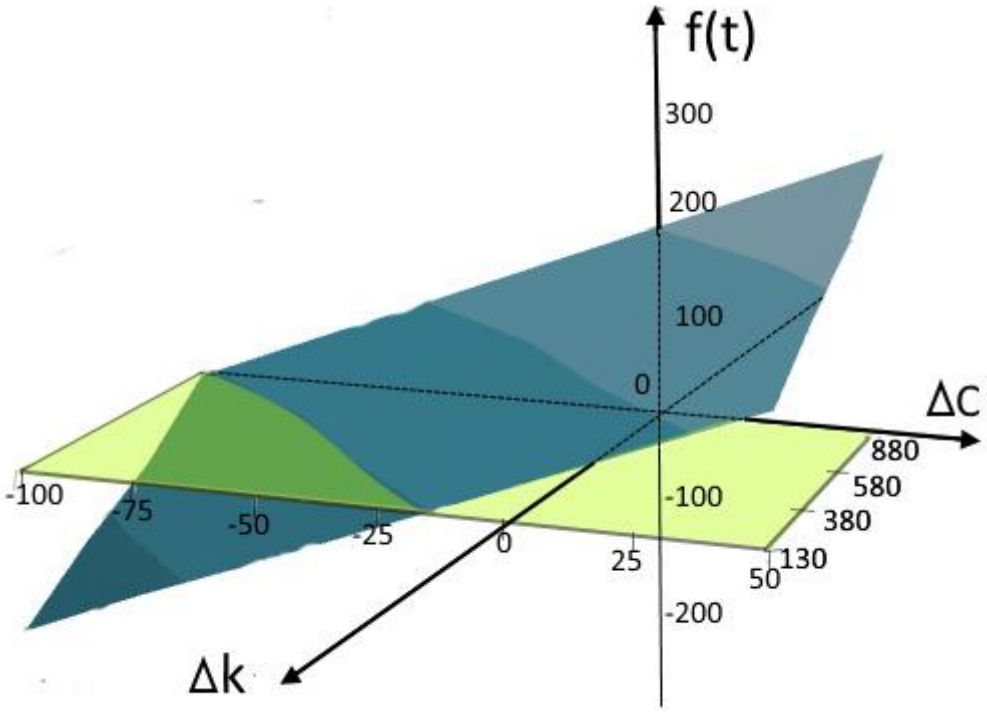


Рисунок 7.1. Розподіл ефективного терміну заміни $f(t)$ при $К_1$ = 50, $К_1$/ $К_2$=3

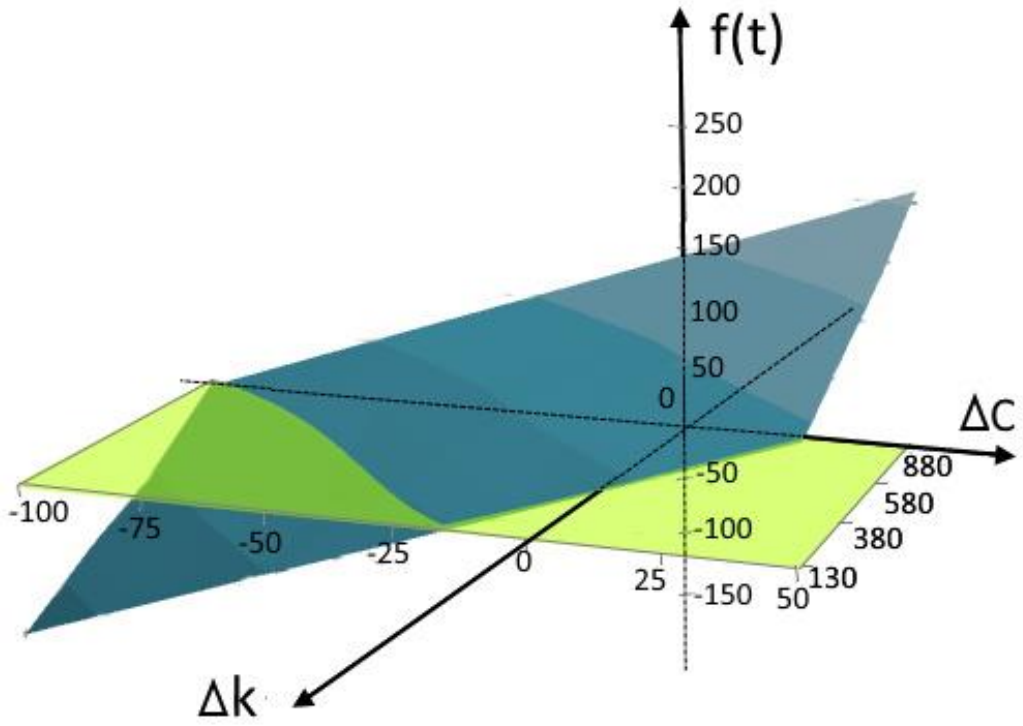


Рисунок 7.2 Розподіл ефективного терміну заміни $f(t)$ при $К_1$ = 70, $К_1$/ $К_2$=5,7

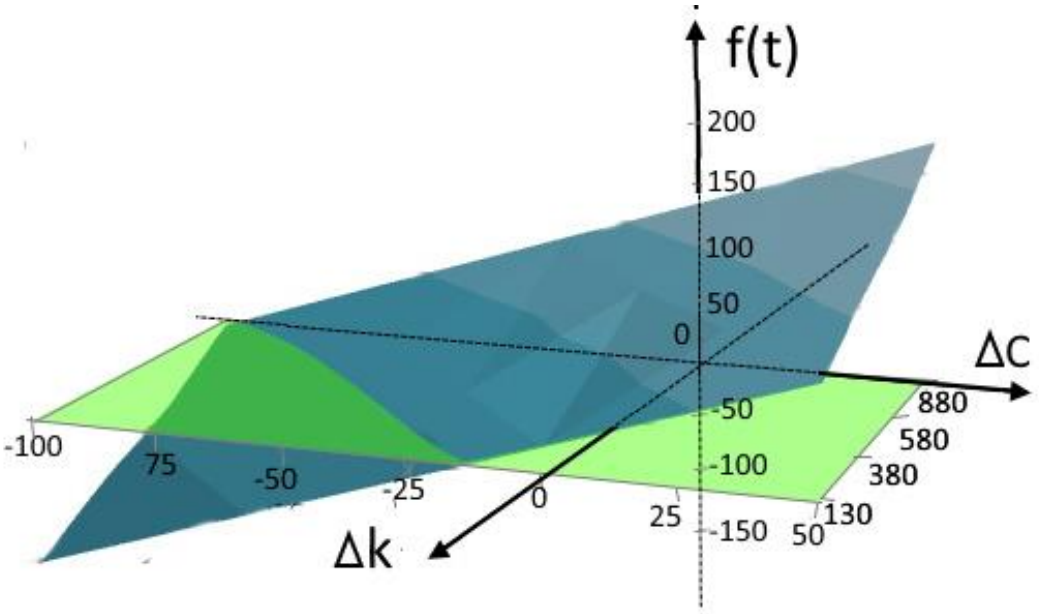


Рисунок 7.3. Розподіл ефективного терміну заміни $f(t)$ при $К_1$ = 85, $К_1$/ $К_2$=7

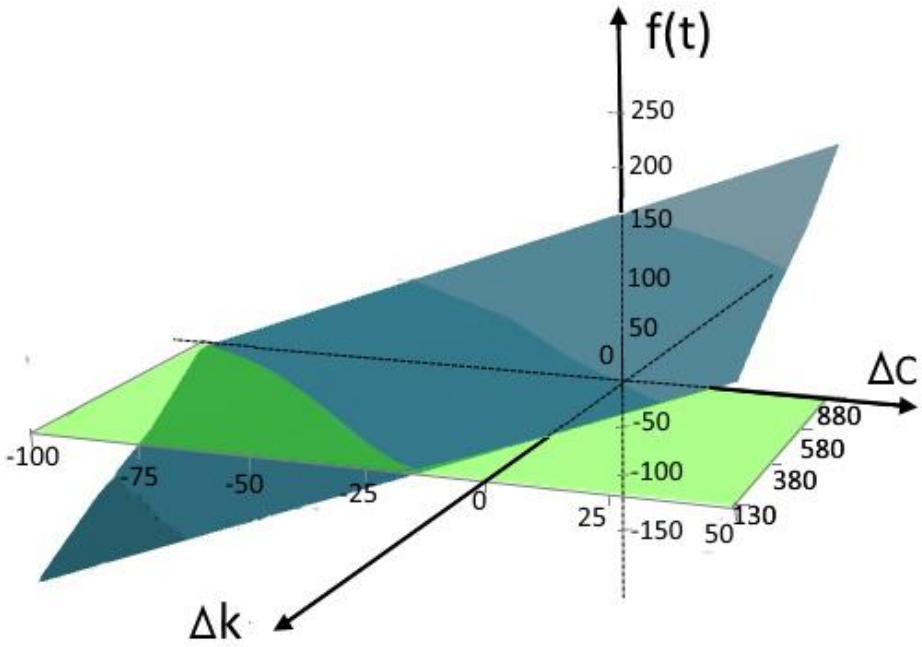


Рисунок 7.4. Розподіл ефективного терміну заміни $f(t)$ при $К_1$ = 100, $К_1$/ $К_2$=9

8. Оцінка економічного ефекту

Перехід в Україні до ринкових відносин вимагає глибоких зрушень в економіці – вирішальній сфері людської діяльності. Необхідно здійснити крутий поворот до інтенсифікації виробництва, переорієнтувати кожне підприємство на повне і першочергове використовування якісних чинників економічного зростання. Необхідно забезпечити перехід до економіки вищої організації і ефективності зі всесторонньо розвинутими продуктивними силами і виробничими відносинами, добре налагодженим господарським механізмом. В значній мірі необхідні умови для цього створюються ринковою економікою /6/.

Найважливішим чинником підвищення ефективності суспільного виробництва, забезпечення високої його ефективності був і залишається науково-технічний прогрес – вдосконалення техніки і технології виробництва, здійснення великих народногосподарських науково-технічних програм при максимальній зацікавленості підприємств у використовуванні цих результатів.

Локомотивне господарство забезпечує перевезення вантажів і пасажирів тяговими засобами та утримання їх в справному стані, що гарантує повну безпеку, точне виконання розкладу і графіка руху потягів.

Найважливішими задачами локомотивного господарства є повне і високоякісне виконання плану роботи тягового рухомого складу (локомотивів і моторвагонного), забезпечення ефективного його застосування, економічне використання технічних засобів на ремонті і досягнення найбільшої економічної ефективності виробничої діяльності всіх підприємств локомотивного господарства і їх підрозділів.

Для здійснення цих задач необхідні подальше поліпшення використання локомотивів і моторвагонного рухомого складу, вдосконалення їх утримання та обслуговування, підвищення продуктивності праці на основі широкого впровадження наукової організації, поліпшення якості роботи,

зниження собівартості продукції і в першу чергу за рахунок питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів і матеріалів, запобігання порушень ПТЕ, здійснення режиму економії /1,3/.

8.1 Коротка характеристика пропонованого рішення

Одним з таких заходів є пропонування впровадження у локомотивному депо нової технології ремонту якорів тягових електродвигунів з герметизацією обмоток.

Герметизація обмоток якорів збільшує вологостійкість і електричну міцність ізоляції, у результаті чого значно зростає тривалість безвідмовної її роботи (зростає пробіг до пробою ізоляції).

8.2 Методика розрахунку економічного ефекту

Впровадження нової технології капітального ремонту якорів тягових електродвигунів (ТЕД) потребує додаткових поточних витрат і одноразових витрат на заводах, які виконують ремонт.

Визначимо додаткові затрати заводів і попередні ціни капітального ремонту якорів ТЕД з герметизації його обмоток.

Планова собівартість капітального ремонту якоря НБ-406 за базовою технології складає 118 тис. грн., у тому числі амортизаційні відрахування на реновації 3000 грн.

На основі проектних розробок і досвіду при застосуванні нової технології встановлено, що трудоємність робіт по герметизації обмоток якоря складає 2 люд-год. робочого 5-го розряду. Затрати на матеріали 3000 грн.

При середньомісячний заробітній платі робочого з вказаною кваліфікацією 9000 грн. поточні витрати заводу у розрахунку на капітальний

ремонт якоря з герметизації обмоток зростуть на 3126,9 грн.

$$\Delta B = (9000 \div 173,1) \cdot 2 \cdot 1,08 \cdot 1,13 + 3000 = 3126,9 грн \quad (8.1)$$

де 173,1 – середньомісячна кількість робочих годин;

1,08; 1,13 – коефіцієнти, які враховують відповідно оплату за час знаходження у відпустці і відрахування на соціальне страхування.

Основні фонди, які використовують при капітальному ремонті якорів за базовою технологією у розрахунку на один відремонтований якір, складають $К^{б}_{у}$=75000 грн., середній термін їх служби близько 13 років.

При застосуванні нової технології наряду з використовуваними базовій технології основним фондом необхідно і додаткові одноразові затрати (таблиця 8.1)

Таблиця 8.1 – Додаткові капітальні вкладення при новій технології ремонту якорів і виготовлення п’яти установок для герметизації обмоток.

Рік який передує попередньому	Капітальні вкладення тис.грн.	Коефіцієнт приведення	Приведені затрати, тис.грн.
2	4400	1,21	5324
1	3300	1,1	3630
0	3300	1,0	3300
Всього	11000	–	12254

При освоєнні п’ятьма установками програми ремонту якорів з герметизацію їх обмоток, яка дорівнює 1 тис. од. у рік, додаткові одноразові затрати у розрахунку на один якір будуть складати:

$$\Delta К_{у} = 12254 \cdot 10^{3} \div 10^{4} = 1225,4 грн \quad (8.2)$$

Додаткові амортизаційні відрахування на реновацію складають

$24,5 \cdot 0,04 \approx 49 грн$, де 0,04 – коефіцієнт реновації.

Таким чином собівартість ремонту якоря при новій технології складаємо:

$$C_н = 118000 + 3126,9 + 49 \approx 121176 \quad (8.3)$$

У тому числі відрахування на реновацію 3000+49=3049грн.

Сучасна ціна капітального ремонту якоря НБ-406 при базовій технології $Ц_б$=141850 грн. Відношення ціни до собівартості складає 1,202 (141850/118000).

При зберіганні указаного відношення між ціною і собівартістю попередня ціна капітального ремонту якоря при новій технології може бути прийнята у розмірі:

$$Ц_н = 121176 \cdot 1,202 \approx 145654 грн \quad (8.4)$$

8.3 Розрахунок економічного ефекту

Споживачами продукції заводів, виконуючих капітальний ремонт якорів, є ,в основному, локомотивні депо залізничного транспорту.

Затрати локомотивного депо на ремонт якорів визначаються діючими цінами на ремонт. Так, у розрахунку на один відремонтований якір, по новій технології затрати депо відповідають встановленій ціні ремонту, тобто:

$$З^Д_{нt} = Ц^З_{нt} = 146000 грн \quad (8.5)$$

де $З^Д_{нt}$ – затрати депо на ремонт одного якіра по новій технології у році *t;*

$Ц^З_{нt}$ – ціна на ремонту одного якора по новій технології у році *t* (таблиця 8.2).

Таблиця 8.2 – Техніко-економічна характеристика базової і нової технології капітального ремонту якорів ТЕД

Показник	Технологія	
	базова	нова
Середній пробіг якоря між капітальними ремонтами другого об'єму $L_{кр}$ тис. км.	700	1400
Річний пробіг електровозу $l_р$ тис. км.	140	140
Період між капітальними ремонтами ($T=L_к/l_р$), роки.	5	10
Ціна $Ц_t$ капітального ремонту якоря в році t, грн.	141850	146000
Собівартість капітального ремонту якоря $C_р$, грн.	118000	121176
У тому числі відрахування на реновацію $Кр_р$, грн.	3000	3049
Поточні витрати на ремонт одного якоря без урахування амортизаційних відрахувань на реновацію основних фондів B, грн.	115000	118300
Річна програма ремонту якорів N, одиниць.	1000	1000
Питомі основні фонди (у розрахунку на ремонт одного якоря) $К_у$, грн.	75000	76225
Середній строк служби основних фондів які використовуються при капітальному ремонті якорів, роки.	13	13

При базовій (яка застосовується) технології кожен якір за десятирічний період проходить 2 ремонти – в першому і в шостому році цього періоду. Затрати споживачем приведені до розрахункового року:

$$З^{Д}_{бт} = Ц^{З}_{бт} + Ц^{б}_{t} \cdot \alpha_t = 141850 + 141850 \cdot 0.5645 = 221924.3 грн \qquad (8.6)$$

де α – коефіцієнт приведення затрат шостого року до розрахункового року.

Таким чином застосування нової технології ремонту якоря призводить до скорочення затрат у сфері їх експлуатації на:

$$З^{Д}_{бт} - З^{Д}_{нт} = 221924.3 - 146000 = 75924.3 грн / якор \quad (8.7)$$

8.3 Визначення економічного ефекту

Економічний ефект заводу який виконує капітальний ремонт якорів,

$$E_t = P_t - З_t \quad (8.8)$$

де P_t – вартісна оцінка результатів у році t ($P_t = Ц_t$);

$З_t$ – затрати на ремонт якорів в році t, які знаходяться за формулою:

$$З_t = B_t + K_y(p_p + E_н) \quad (8.9)$$

де B_t – поточні витрати заводу на ремонт одного якоря без урахування амортизаційних відрахувань на реновації в році t (таблиця 8.2).

K_y – питомі основні фонди що використовуються при ремонті якорів у році t (таблиця 8.2).

p_p – коефіцієнт реновації (при середньому строку служби основних фондів що використовуються при ремонті якорів 13 років p_p = *0,04*).

$E_н$ – норматив приведення різночасових затрат і результатів, чисельно рівний коефіцієнту ефективності капітальних вкладень ($E_н$ = 0,1).

Економічний ефект заходу в розрахунку на ремонт одного якоря.

По новій технології:

Вартісна оцінка результатів заводу:

$$P^{н}_{t} = Ц_t = 146000 грн. \quad (8.10)$$

Затрати заводу:

$$З^{н}_{t} = 118300 + 76225(0,04 + 0,1) = 128971,5 грн.$$

Економічний ефект по новій технології:

$$E^{н}_{t} = 146000 - 128971,5 = 17028,5 грн / якор.$$

За період безперебійної роботи якоря відремонтованого по новій технології, тобто за 10 років.

По базовій технології:

Кожен якір при базовій технології за 10 років проходить два капітальних ремонти в першому і в шостому році розрахункового періоду;

Вартісна оцінка результатів (доходи) заводу за 10-річний період $P^{б}_{t}$ відповідає затратам споживачів (локомотивне депо залізничного транспорту), тобто.

$$P^{б}_{t} = З^{Д}_{бt} = 221924,3 \ грн / якор.$$

Затрати заводу на капітальний ремонт одного якоря:

$$З^{б}_{t} = B_t + K_t(p_р + E_н) = 115000 + 75000(0,04 + 0,1) = 125500 \ грн / якор.$$

За десятирічний період кожний якір пройде два капітальних ремонтах і затрати приведені до розрахункового року,

$$З^{б}_{t} = 125500 + 125500 \cdot 0,5645 = 196344,75 грн / якор.$$

Економічний ефект заходу при базовій технології:

$$E^{б}_{t} = 221924,3 - 196344,75 = 25579,55 грн / якор.$$

З результатів розрахунку видно, що економічний ефект заводу при впровадженні нової технології менше, ніж базової технології

$$\Delta E^{З}_{t} = E^{н}_{t} - E^{б}_{t} = 17028,5 - 25579,55 = -8551,05 грн / якор$$

При підвищенні ціни ремонту якорів по новій технології на 8551,05 грн. економічний ефект заводу при нові і базові технологіях буде однаковим.

Для стимулювання впровадження на заводі нової технології ремонту якорів ціна одиниці ремонту при нульовій технологій повинна бути збільшена більше, ніж на 8551,05 грн.

При незмінних по рокам розрахункового періоду цінах затратах програми капітального ремонту якорів (1 тис. од. у рік) економічний ефект від застосування нової технології капітального ремонту якорів з герметизацією їх обмоток за розрахунковий період(10 років), та інші розрахунки за зазначеними вище формулами зведено до таблиці 7.3 /3/.

З результатів розрахунку видно, що при діючих цінах на капітальний ремонт якорів і розрахованою ціною ремонту по новій технології, економічний ефект від застосування на заводах нової технології капітального ремонту утворюється в основному у сфері їх експлуатації. Для створення попиту на зміну базовою технологією новою, частина економічного ефекту (наприклад 50%) сфери експлуатації повинна входити до ціни капітального ремонту якорів по новій технології.

Таблиця 8.3. – Розрахунок економічного ефекту від впровадження нової технології ремонту якоря ТЕД

Показники	Роки розрахункового періоду									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Кількість якорів, що ремонтуються за рік, од.	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
2. Витрати на ремонт одного якоря до впровадження нової технології ремонту, грн.	221 924	221 924	221 924	221 924	221 924	221 924	221 924	221 924	221 924	221 924
3. Витрати на ремонт річного обсягу якорів до впровадження нової технології ремонту, грн.	221 924 300	221 924 300	221 924 300	221 924 300	221 924 300	221 924 300	221 924 300	221 924 300	221 924 300	221 924 300
4. Витрати на ремонт одного якоря після впровадження нової технології ремонту, грн.	146 000	146 000	146 000	146 000	146 000	146 000	146 000	146 000	146 000	146 000
5. Витрати на ремонт річного обсягу якорів після впровадження нової технології ремонту, грн.	146 000 000	146 000 000	146 000 000	146 000 000	146 000 000	146 000 000	146 000 000	146 000 000	146 000 000	146 000 000
6. Капітальні вкладення, грн.	11 000 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7. Економічний ефект.	64 924 300	75 924 300	75 924 300	75 924 300	75 924 300	75 924 300	75 924 300	75 924 300	75 924 300	75 924 300
8. Коефіцієнт приведення затрат до розрахункового року.	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,620	0,564	0,513	0,466	0,424
9. Економічний ефект з урахуванням коефіцієнту приведення, грн.	64 924 300	69 015 189	62 713 472	57 019 149	51 856 297	47 073 066	42 821 305	38 949 166	35 380 724	32 191 903
10. Економічний ефект з наростаючим підсумком, грн.	64 924 300	133 939 489	196 652 961	253 672 110	305 528 407	352 601 473	395 422 778	434 371 944	469 752 668	501 944 571

Висновки

1. В сучасних умовах потрібні невідкладні заходи з реформування залізничної галузі з урахуванням світового досвіду.

2. Технічний стан рухомого складу України досяг критичної межі і потрібно враховувати найкращі приклади в досвіді оновлення рухомого складу.

3. В умовах воєнного стану основну увагу слід приділяти безпеці перевезень за рахунок запровадження автоведення, сучасних квадрокоптерів, управління інтервалами руху поїздів.

4. Активно залучати іновації в функціонування залізничного транспорту на основі альтернативних форм енергії.

5. Переходити на ощадливе виробництво в ремонті.

6. Впроваджувати сучасне устаткування при діагностуванні обладнання локомотивів.

7. За результатами дослідження отримано позитивний економічний ефект .

Список використаних джерел

1. Сергієнко М. М. Розвиток локомотиворемонтної бази в умовах реформування залізничного транспорту [Текст] / М. М. Сергієнко // Збірник наукових праць КУЕТТ. Серія «Економіка і управління». – К., 2006. – Вип. 6. – С. 170–173.

2. Концепція розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період та до 2020 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mtu.gov.ua/.

3. Бобирь Д. В., Капіца М. І., Очкасов О. Б., Рибалка Р. В. Надійність та технічна діагностика. Т. 1. Надійність рухомого складу: навчальний посібник. – Дніпро: Український державний університет науки і технологій, 2026. – ISBN 978-617-8314-97-2.

4. Капіца М. І., Кислий Д. М., Замула С. Ю. Технологія ремонту тягового рухомого складу залізничного транспорту. Система технічного обслуговування і ремонту. Загальні вимоги до відновлення деталей локомотивів: навчальний посібник. – Дніпро: Український державний університет науки і технологій, 2025. – DOI: https://doi.org/10.15802/978-617-8314-03-3.

5. Наказ Укрзалізниці від 30.06.2010 № 093-ЦЗ «Положення про планово-попереджувальну систему ремонту тягового рухомого складу (електровозів, тепловозів, електро- та дизель-поїздів)».

6. Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2000 № 1390 із змінами від 26.10.2011 № 1106 «Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010–2019 роки».

7. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 14.10.2008 № 1259 «Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008–2020 роки».

8. Крашенінін О. С., Шапатіна О. О., Залата А. С. та ін. Моделювання надійності тягового рухомого складу впродовж життєвого циклу // Збірник

наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2025. – № 211. – DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.211.2025.327163.

9. Пузир В. Г. Наукові основи удосконалення технології передрейсової підготовки локомотивів та локомотивних бригад [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук / Українська державна академія залізничного транспорту. – Харків, 2005.

10. Капіца М. І., Кислий Д. М., Замула С. Ю. Технологія ремонту тягового рухомого складу залізничного транспорту. Система технічного обслуговування і ремонту. Загальні вимоги до відновлення деталей локомотивів. – Дніпро, 2025.

11. Robust sensors enabling condition-based maintenance of lubricated components in locomotives and wagons // Transportation Research Procedia. – 2023. – Vol. 72. – P. 3236–3243. – DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.866.

12. Чигирик Н. Д., Сумцов А. Л., Білецький Ю. В. Досвід технічної експлуатації тягового рухомого складу на залізницях країн Європи // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2015. – № 1 (218). – С. 29–32.

13. Europe’s Rail Joint Undertaking. Data-Driven Solutions for Smarter Rail Maintenance [Електронний ресурс]. – 2026. – Режим доступу: https://rail-research.europa.eu/solutions-catalogue/data-driven-solutions-for-smarter-rail-maintenance/.

14. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1996.

15. ДСТУ EN 50126-1:2015. Залізничний транспорт. Специфікація та демонстрація надійності, доступності, ремонтопридатності та безпеки (РАМН). Частина 1. Основні вимоги та загальний процес. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.

16. Train Maintenance for the 21st Century // World Congress on Railway Research. – 25–29 November 2001. – Germany.

17. International Union of Railways (UIC). Railway Applications – Reliability, Availability, Maintainability and Safety – Guidelines for the Implementation of RAMS Analysis to Mechanical Components of Railway Vehicles [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://shop.uic.org/en/808-technical-specifications/15078-railway-applications-reliability-availability-maintainability-and-safety-guidelines-for-the-implementation-of-rams-analysis-to-mechanical-components-of-railway-vehicles.html

Додаток

Додаток А

УДК 629.42

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМІНІВ ЗАМІНИ ЕКСПЛУАТОВАНОГО ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Д-р техн. наук О.С. Крашенінін, к.т.н. О.О. Шапатіна, магістр Ільченко А.М.
D. Sc. (Tech.) O. Krasheninin, PhD (Tech.) O. Shapatina, master`s student Ilchenko A.M.

Анотація. *В процесі експлуатації тягового рухомого складу ТРС його технічний стан і економічність забезпечується за рахунок тягових заходів, які включають проведення технічних обслуговувань, поточних ремонтів і капітальних ремонтів. Нормативною документацією регламентовано нормативний термін використання тягового рухомого складу, після якого його необхідно виключити з експлуатації. Технологічний і конструкторський потенціал промисловості і економічна інтеграція країни внесла суттєві зміни в стратегію термінів функціонування і заміни експлуатованого рухомого складу.*

В статті розглянуто підхід щодо оцінки і обгрунтування термінів заміни старого ТРС не тільки за фізичним, але і за моральним зносом.

Ключові слова: *тяговий рухомий склад, термін експлуатації, термін заміни.*

Abstract. *During the operation of the traction rolling stock of the TRS, its technical condition and efficiency are ensured by traction measures, which include technical maintenance, current repairs and overhfuls. The regulatory documentation regulates the standard period of use of traction rolling stock, after which it must be removed from operation. The technological and design potential of the industry and the economic integration of the country have made significant changes to strategy of the terms of operation and replacement of the operated rolling stock.*

The article considers an approach to assesing and justifying the terms of replacement of old TRS not only in terms of physical, but also moral wear and tear.

Key words:*. Traction rolling stock, servise life, replacement.*

Вступ. На балансі Укрзалізниці знаходиться від 96 до 99% ТРС, які потребують заміни через вичерпання нормативного терміну експлуатації. Практично галузь знаходиться на межі технічної і економічної і рівноцінного оновлення експлуатуємого парку ТРС.

Причина цього стану багато разів висвітлювалися в різних галузевих виданнях, але суттєвих змін досягти в новій мірі не вдалося. Прийняті програми ркструктуризацчії і оновлення рухомого складу були розраховані на етапи і роки. Але кардинальних змін досягти не вдалося через відсутність конкретних і зрозумілих дій керівництва, застарілій інфраструктурі галузі і витрати її привабливості в суспільстві.

Рішення щодо придбання закордонного тягового рухомого складу і МВРС кардинально не вирішило проблему оновлення парку локомотивів. Досі поряд з закордонним рухомим складом експлуатується старий рухомий склад, який вичерпав свій ресурс.

Врата флагмана локомотивобудування Луганського локомотивобудівного заводу майже перекрила сподівання на опору на власного виробника.

Вже багато років примусово приходиться подовжувати терміни використання ТРС, чкий перевищив нормативний термін експлуатації.

Разом з цим у галузі є і деякі досягнення в освоєнні нового закордонного рухомого складу на альтернативних джерелахь енергії, а також будови вітчизняного МВРС «Тарпан», який почав експлуатуватися разом з закордонним МВРС «Shcoda» і «Huindai». І ця подія була дуже вчасно через те, що МВРС «Shcoda» після інтенсивної експлуатації відставлений з експлуатації.

Це робить актуального задачу обгрунтування термінів заміни рухомого складу, щоб не допускати ситуації нестачі рухомого складу для забезпечення перевезень ванажів і пасажирів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В процесі розвитку залізничної галузі виникло багато задач, які потрібно було вирішувати як в практичному, так і в науковому сенсі.

Значна кількість наукових досліджень була присвячена оптимізації системи ремонту в області циклічності і періодичності / /. Розглядалися проблеми вибору і реалізації критеріїв ефективної роботи ТРС, що грунтувалися на досягнені економічності і забезпеченні високої надійності.

Одночасно з’явилися публікації, що акцентували увагу на необхідності удосконалення технології утримання ТРС за рахунок впровадження засобів механізації і автоматизації і впровадженні технології і приладів діагностування обладнання ТРС / /.

За останній час в нашій країні і закордоном значна увага тала приділятися обгрунтуванню витратна експлуатуцію ТРС за життєвий цикл / /.

Однак зверталася увага і до проблем подовження термінів експлуатації ТРС, нормативний термін яких вичерпаний і навіть перевищив нориативний. В експлуатації це реалізувалося за рахунок проведення додаткових заходів з оцінки залишкового ресурсу і проведення робіт з забезпечення безпеки і надійності на деякий термін подальшої експлуатації / /.

В цих умовах необхідно приймати зважені рішення щодо своєчасної заміни старого ТРС на новий, виходячи з конкретних обставин можливості

чи неможливості експлуатувати старий ТРС або негайно відставляти його з експлуатації.

Мета та завдання дослідження. Мета статті полягає в обгрунтуванні термінів капітальних і експлуатаційних витрат при використанні нового ТРС.

З урахуванням цього поставлені наступні завдання:

1. Розробити методику оцінки термінів заміни старого ТРС на новий.
2. Оцінити капітальні і експлуатаційні витрати на старий і новий ТРС.
3. Узагальнити розрахунки термінів заміни старого ТРС.

Основна частина дослідження.

Розвиток науки і техніки приводить до прискореного морального старіння діючих, а іноді і проектованих видів техніки, що створює умови для підвищення темпів впровадження прогресивних видів основних засобів. Однак обмеженість ресурсів суттєво впливає на розміри і структуру впровадження у виробництво новітніх видів устаткування, змушуючи ретельним образом робити вибір варіантів посилення основних засобів з метою максимальної віддачі. У цих умовах особливу актуальність здобувають питання правильної оцінки економічної ефективності впровадження нового обладнання і обліку ступені морального зношування діючих засобів виробництва. Слід зазначити, що встановлені в цей час нормативні строки служби основних засобів ураховують головним чином їх фізичне зношування. Це викликає в ряді випадків невиправдано високі витрати, на капітальні ремонти, що підтримують устаткування протягом строків його служби в працездатному стані. Облік морального старіння основних засобів може бути здійснено двома способами. Перший напрямок полягає в прогнозуванні часу появи більш продуктивного устаткування і відповідного коректування нормативних строків служби техніки. Інший метод заснований на визначенні доцільності використання знову створюваного устаткування.

Одна сфера застосування знову створюваного устаткування пов'язана з освоєнням зростаючих обсягів випуску продукції. Інша область – це відновлення основних засобів діючих підприємств, не пов'язане зі збільшенням їх виробничих програм.

Якщо в першому випадку діюче устаткування не може бути альтернативною новим основним засобам через необхідність розширення виробництва, то в другому випадку ефективність впровадження нової техніки визначитися зіставленням з експлуатованими технічними засобами. Можливість необмеженого в часі використання варіанта старої техніки, поновлюваного наприкінці його строку служби за рахунок амортизаційного фонду, робить зайвим облік капітальних вкладень у варіанті діючої техніки при стабільних обсягах виробництва. Доцільність впровадження нової техніки в цьому випадку повинна визначатися зіставленням ефекту, що утворюється у сфері виробництва продукції, що випускається з використанням цієї техніки, із витратами, викликаними виробництвом і впровадженням нового обладнання. У принципі методика таких розрахунків не відрізняється від стандартної процедури порівняння варіантів. Однак є

особливості, розгляд яких представляється необхідним з метою усунення суперечливих рекомендацій інструктивних документів по визначенню ефективності капітальних вкладень.

Питання щодо доцільних термінів відновлення діючих основних засобів може бути вирішене на основі зіставлення виникаючих витрат по альтернативним варіантам з обліком фактора часу і накопиченого амортизаційного фонду на експлуатованій техніці.

У випадку стабільного обсягу роботи через можливість необмеженого використання діючого устаткування, поновлюваного періодично за рахунок амортизаційних відрахувань, ефективність нової техніки може бути виявлення при складанні витрат лише після пропонованого моменту її впровадження.

Розглянемо математичну модель процесу, увівши попередньо необхідні позначення:

$T_1^{сл}$ – строк служби діючого встаткування;

$T_2^{сл}$ – строк служби нової техніки;

Θ_0 – час дії старої техніки з моменту її останнього поновлення до розрахункового року;

τ – економічно доцільний строк заміни старої техніки нової.

У відношенні τ повинне дотримуватися умова

$$\tau < T_1^{сл} - \Theta_0 . \qquad (1)$$

У випадку якщо $\tau > T_1^{сл} - \Theta_0$ – впровадження нової техніки недоцільно. У цьому легко переконатися, переносячи початок відліку в точку $\left(T_1^{сл} - \Theta_0\right)$. Цей випадок означає, що нову техніку не слід впроваджувати протягом усього строку служби старого встаткування і у момент повного зношування $\left(T_1^{сл} - \Theta_0\right)$ відновити стару техніку. Очевидно, те ж саме буде вірним для періоду $T_1^{сл} - \Theta_0$ до $2T_1^{сл} - \Theta_0$. Якщо $\tau = T_1^{сл} - \Theta_0$, то нову техніку доцільно впроваджувати відразу ж після повного зношування діючої, без поновлення старого устаткування. Коли $\tau \le 0$, нова техніка може бути рекомендована до негайного впровадження незалежно від ступеня зношування старої.

При зіставленні витрат по альтернативних варіантах будемо припускати ліквідну вартість старого устаткування рівного нулю. У випадку роботи на старому устаткуванні загальна сума витрат складається із щорічно повторюваних експлуатаційних витрат ($З_1$) і і періодично повторюваних з інтервалом $\left(T_1^{сл}\right)$ його поновленнях. Загальні витрати по першому варіанту з урахуванням віддалення і наведені до початкового року, починаючи з моменту $\tau + 1$, складуть:

$$C_1 \sum_{t=\tau+1}^{\infty} \frac{1}{(1+E)^t} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_1}{(1+E)^{nT_1^{сл}-\Theta_0}} = \frac{C_1}{(1+E)^{\tau} E} = \frac{K_1 \rho_1 (1+E)^{\Theta_0}}{E}, \qquad (2)$$

де K_1 – вартість діючого встаткування;

C_1 – щорічні поточні витрати по старій техніці без обліку амортизації;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

ρ_1 – амортизаційна квота по старій техніці, розрахована з урахуванням віддалення.

Витрати по новій техніці складаються з капітальних вкладень K_2 у момент τ, наступних щорічних витрат C_2 і амортизаційних відрахувань ρ_2 за винятком накопиченого до моменту τ амортизаційного фонду по старій техніці. Наведені до початкового періоду ці витрати можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} C_2 \sum_{t=\tau+1}^{\infty} \frac{1}{(1+E)^t} + \frac{1}{(1+E)^{\tau}} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K_1}{(1+E)^{nT_2+\tau}} - \rho_1 K_1 (\tau + \Theta_0) = \\ = \frac{C_2}{(1+E)^{\tau} E} + \frac{K_2}{(1+E)^{\tau}} + \frac{\rho_2 K_2}{(1+E)^{\tau} E} - \rho_1 K_1 (\tau + \Theta_0) \end{aligned}. \qquad (3)$$

Раціональний строк заміни буде визначатися з умов рівності витрат по обом варіантам

$$\begin{aligned} \rho_1 K_1 (1+E)^{\tau} (1+E)^{\Theta_0} + \rho_1 K_1 E (\tau + \Theta_0)(1+E)^{\tau} = \\ = C_2 + \rho_2 K_2 + E K_2 - C_1 \end{aligned}. \qquad (4)$$

Звідси

$$(1+E)^{\tau} (1+E)^{\Theta_0} + (1+E)^{\tau} E (\tau + \Theta_0) = \frac{C_2 + \rho_2 K_2 + E K_2 - C_1}{\rho_1 K_1}. \qquad (5)$$

З рівності (5) видно, що рекомендована в (1) і (2) методика оцінки ефективності нової техніки є часним випадком формули (5), а саме за умови $\tau = \Theta = 0$

$$C_2 + \rho_2 K_2 + E K_2 \le C_1 + \rho_1 K_1. \qquad (6)$$

З рівності (5) можна зробити наступний висновок: якщо нова техніка в порівнянні зі старою виявляється ефективною при $\tau = \Theta_0 = 0$, то вона тим більше буде ефективною і при будь-якому іншому строку заміни і ніяких неамортизованих сум до вартості нового обладнання додавати не слід.

Якщо розрахунки по формулі (6) показує неефективність заміни старої техніки новою, тобто $C_1 + \rho_1 K_1 < C_2 + \rho_2 K_2 + E K_2$, то за допомогою формули

(5) може бути знайдений раціональний строк впровадження нового обладнання при дотриманні умови (1). Тут уже ступінь зношування старої техніки має істотну роль, відбиваючись на величинах $(1+E)^{\Theta_0}$ і $(1+E)^{\tau} E(\tau+\Theta_0)$. Чим довше прослужила стара техніка, тим більше ефективним виявляється впровадження нової техніки.

Через неможливість із формули (5) виразити строк τ у явному виді в практиці розрахунків зручно користуватися табульованими значеннями лівої частини цієї формули, позначуваної надалі через $f(\tau)$.

Таблиця 1 (E = 0,1)

Θ_0, рік	Строк заміни старої техніки нової, рік					
	0	4	10	15	20	25
0	1,0	2,4	5,2	10,4	20,2	37,9
1	1,2	2,7	5,7	11,3	21,5	40,1
2	1,4	3,1	6,3	12,2	22,9	42,4
3	1,6	3,4	6,8	13,1	24,4	44,8
4	1,9	3,8	7,4	14,1	26,0	47,3
5	2,1	4,2	8,1	15,1	27,7	50,0
6	2,4	4,6	8,7	16,2	29,4	52,8
7	2,6	5,1	9,5	17,3	31,3	55,8
8	2,9	5,5	10,2	18,6	33,3	59,0
9	3,3	6,1	11,0	19,9	35,4	62,4
10	3,6	6,6	11,9	21,3	37,6	66,0
13	4,8	8,5	14,9	26,1	45,4	78,6
15	5,7	9,9	17,3	30,0	51,6	88,6
20	8,7	14,9	25,2	42,7	72,2	121,6
25	13,3	22,3	37,2	62,0	103,2	171,6

У таблиці 1 представлена залежність раціонального строку заміни діючого встаткування τ від тривалості його експлуатації (Θ_0), відносно грошових показників варіантів старої і нової техніки при E = 0,1. для користування таблицею необхідно спочатку розрахувати $f(\tau)$ за грошовими показниками варіантів. Потім, знаючи період експлуатації старої техніки від моменту її останнього поновлення знаходимо у відповідному рядку Θ_0 значення $f(\tau)$, близьке до розрахованого. Числове значення τ визначиться номером стовпця, у якім розташовано знайдене $f(\tau)$.

Приклад 1. Потрібно визначити ефективність впровадження на електрифікованих лініях вітчизняного електропоїзда Тарпан замість

електропоїздів, що експлуатуються в цей час на цих лініях, ЕР2 і ЕР9. (табл. 2)

Таблиця 2

Найменування вихідних даних	Позначення	ЕР2	ЕР9	Тарпан (Україна)	Schcoda (Чехія)	Hyindai (Корея)
Річні експлуатаційні витрати на електропоїзд, млн.грн.	C_1, C_2	295,2	320	159	210	190
Щорічні амортизаційні відрахування електропоїзд, млн. грн.	$\rho_1 K_1$, $\rho_2 K_2$	1, 2	1,22	1,99	7,98	9,2
Капітальні вкладення в електропоїзд, млн. грн.	$K_2^{e\pi}$	-	-	199,9	798	921
Зміна основних фондів у зв'язку із впровадженням нового типу електропоїзда, млн.грн.	K_2^B	-20	-20	-	-	-

Примітки. Вихідні дані, що наведені в таблиці 2 через відсутність достовірної інформації по деяких позиціях визначалися таким чином. Офіційні дані щодо цін на електро поїзди «Тарпан», Шкода («Sckoda»), Хьюндай («Huindai») приводять такі відомості: «Тарпан» за цінами завода-виробника C_{Tap} = 25 млн дол. (199,9 млн грн); «Sckoda» – C_{Sck} = 19,95 млн дол. (798 млн грн); «Huindai» – C_{Hu} = 30,7 млн дол. (921 млн грн) / /.

Річні експлуатаційні витрати приймалися, виходячи з того, що сумарні експлуатаційні витрати за життєвий цикл знахрдяться в межах 20÷30 цін транспортного засобу. Тобто в рік в середньому витрачається повна ціна транспортного засобу. Аледля нового транспортного засобу це в повній мірі неможливо оцінити.

Для електропоїзда «Тарпан» цей показник оцінювався за наступною формулою

$$C_{Tap}^e = C' \cdot Q \cdot S \cdot T_{рік},$$

де C' – питомі витрати на перевезення однієї тони вантажу;

Q – вага заповненого електропоїзда, Q = 1000т;

S – середньодобовий пробіг електропоїзда, S = 400км;

$T_{рік}$ – середня кількість днів у році, $T_{рік}$ = 365 днів.

Параметр C' оцінювався за / /, що питомі витрати на перевезення Q = 20т вантажу коштують C' = 21,9грн/т. Тоді $C'{\cdot}Q$=21,9·1000/20=1095грн/т.

Звідси $C^e_{Tap} = 1095 \cdot 400 \cdot 365 = 159 \cdot 10^6$ грн.

Виходячи з цього, для закордонних електропоїздів через не повну адаптацію до ремонтної інфраструктури вітчизняних моторвагонних депо середні експлуатаційні витрати приймалися відповідно: «Sckoda» – C^e_{Sck} = 210·10^{6}грн); «Huindai» – C^e_{Hu} = 30,7 млн дол. (190·10^{6}грн).

Для електропоїздів ЕР2 і ЕР9 з урахуванням їх перепробігу нормативного терміну експлуатації експлуатаційні витрати орієнтовано прийняті відповідно: електропоїзд постійного струму ЕР2 – C^e_1 =320·10^{6}грн.

Щорічні амортизаційні відрахування приймалися на рівні 20% від цін електропоїзда за прийнтий термін служби T = 20років. Зміна основних фондів у зв'язку з використанням нових електропоїздів прийнти на рівні 20·10^{6}грн.

Осучаснена ціна старих електропоїздів орієнтовно приймалася, виходячи з загальної ваги електропоїздів, їх порівняли з вітчизнянним електропоїздом «Тарпан», і відповідно перерахунку їх ціни. Так електропоїзд ЕР2 має в складі: 2Г+2М+4П (Г – головні вагони, М моторні вагони, П – прицепні вагони) і відповідно вага електропоїзда буде складати

$$P_{\text{ЕР2}} = 2{\cdot}40{,}9 + 2{\cdot}54{,}6 + 4{\cdot}38{,}3 = 382{,}5\text{т}.$$

Склад електропоїзда ЕР9: 2Г+2М+4П і його вага

$$P_{\text{ЕР9}} = 2{\cdot}39 + 2{\cdot}59{,}2 + 4{\cdot}37 = 384{,}4\text{т}.$$

Склад електропоїзда «Тарпан»: 2Г+7П і його вага

$$P_{Tap} = 2{\cdot}(18{\cdot}4) + 7{\cdot}(18{\cdot}4) = 648\text{т}.$$

Звідси орієнтована ціна електропоїздів ЕР2 і ЕР9

$$K_1 = \frac{199{,}9 \cdot 10^6 \cdot 382{,}5}{648} = 120 \cdot 10^6 \text{ грн}.$$

Користуючись даними таблиці 2 розглянемо декілька прикладів.

Нехай потрібно визначити ефективність впровадження на залізничній ділянці електропоїзда «Тарпан», «Sckoda», «Huindai» замість електропоїздів ЕР2, ЕР9.

Згідно (5) визначимо доільні термінизаміни елелектропоїздів ЕР2 та ЕР9 на електропоїзд «Тарпан». Для електропоїзда ЕР21

$$f(t)=\frac{159+1{,}99+(199{,}9-20)-295{,}2}{1{,}2}=-96{,}9.$$

Тобто за результатами розрахунку електропоїзд ЕР2 потребує негайної заміни.

Аналогічний результати отримані і для електропоїзда ЕР9 – необхідна негайна аміна.

Однако економічно ефективний термін від заміни електропоїзда «Тарпан» на електропоїзд «Sckoda»

$$f(t)=\frac{210+7{,}98+0{,}1\cdot(798-20)-159}{1{,}99}=68{,}7>0.$$

Оскільки $f(t)>0$, то для визначення доцльного терміна замни необхідно скористатися даними таблиці 1. відомо, що електропоїзд «Тарпан» знаходиться в експлуатації Θ = 10 років. В строці Θ = 10 знаходимо табличне значення $f(t)$. Близьке до отриманого результату значення $f(t)=66$, що що розташоване на перетині стрічки Θ = 10 і τ = 25. Оскільки τ = 25 < 40-10 = 30 (де 40 – встановлений термін служби електропоїзда «Sckoda»), то доцільно замінити електропоїзд «Тарпан» не раніше чим через 25 років після обраного розрахункового терміну.

Аналогічно ефективний термін заміни електропоїзда «Тарпан» на електропоїзд «Huindai»

$$f(t)=\frac{190+9{,}2+0{,}1\cdot(921-20)-159}{1{,}99}=65{,}5>0.$$

При Θ = 10 і τ = 25 < 50-10 = 40 (де 50 – встановлений термін служби електропоїзда «Huindai»), доцільно замінити електропоїзд «Тарпан» в експлуатації не раніше чим через 25 років після розрахункового терміну.

Слід відмітити, що електропоїзди «Sckoda» через інтенсивну експлуатацію на залізницях України виведено з руху. Крім того і електропоїзд «Sckoda» і електропоїзд «Huindai» досі не пройшли капітальний ремонт, що робить їх подальшу експлуатацію неефективною через зростаннявитрат на ТО, ПР. Оскільки відмічено, що прийняті в таблиці 2 вихідні дані орієнтовані і потребують точного бухгалтерського обліку, узагальнено методику розрахунку ефективного терміну заміни рухомого складу. Представимо формулу (5) у вигляді

$$f(t)=\frac{(C_2-C_1)+E\left(K_2-K_2^{B}\right)+\alpha K_2}{\alpha K_1'} \text{ або } f(t)=\frac{\Delta C+E\Delta K+\alpha K_2}{\alpha K_1'}=\frac{\Delta C}{\alpha K_1'}+\frac{E\Delta K}{\alpha K_1'}+\frac{K_2}{K_1'}.$$

$$\alpha=\{0{,}1;0{,}15;0{,}2\};\quad E=0{,}1;\quad K_1'=\frac{K_1}{20};\quad \frac{K_2}{K_1}=3;\ 5{,}7;\ 7;\ 9$$

$\Delta C = \{-100 < \Delta C < 50\}$; $K_1' = \{25 < K_1' < 5\} = 2{,}5;\ 3{,}5;\ 4{,}25;\ 5;$

$K_1 = \{50 < K_1 < 100\} = 50;\ 70;\ 85;\ 100;$

$K_2 = \{150 < K_1 < 900\} = 150;\ 400;\ 600;\ 900;$

$\Delta K = \{130 < \Delta K < 880\} = 130;\ 380;\ 580;\ 880.$

Таблиця 3 Розрахунок ефективного терміну заміни $f(t)$ при

	ΔC							ΔK
	-100	-75	-50	-25	0	25	50	
α = 0,2 E=0,1 K_1=50 ΔK=130 K_1/K_1=3	-171	-119	-71	-21	29	79	129	130
	-116	-66	-16	34	84	134	184	380
	-72	-22	28	78	128	178	228	580
	-6	44	94	144	194	244	294	880
α = 0,2 E=0,1 K_1=70 ΔK=380 K_1/K_1=5,7	-122,3	-86,4	-50,7	-15,1	20,7	56,4	92,1	130
	-84	-49	-14	24	59	94	12,9	380
	-51,5	-15,6	20,0	55,8	91,7	127,6	163,5	580
	-4,4	31,5	67,4	102,9	138,6	174,1	209,6	880
α = 0,2 E=0,1 K_1=85 ΔK=580 K_1/K_1=7	-100,5	-71,1	-41,7	-12,3	17,1	46,5	75,9	130
	-68,2	-38,8	-9,4	19,9	43,4	78,9	108,4	380
	-42,4	-13	16,4	43,8	75,8	104,6	134	580
	-3,5	25,9	55,3	84,7	114,1	143,5	172,9	880
α = 0,2 E=0,1 K_1=100 ΔK=880 K_1/K_1=9	-85,5	-60,5	-35,5	-10,5	14,5	39,5	64,5	130
	-58	-33	-8	17	42	67	92	380
	-36	*11	14	39	64	89	114	580
	-3	22	47	72	97	122	147	880

На підставі прийнятих обмежень розраховані дані, що наведені в таблиці 3. За цими даними побудовані графічні залежності $f(t) = f_1(\Delta C, \Delta K, K_1 = const)$., які представлені на рисунках 1-4.

При накопичені і уточнені витрат на експлуатаційні і капітальні складові, користуючись наведеними графічними залежностями достатньо наглядно можна оцінювати вплив різнопланових витрат на оцінку терміну заміни відповідних ТРС на новий.

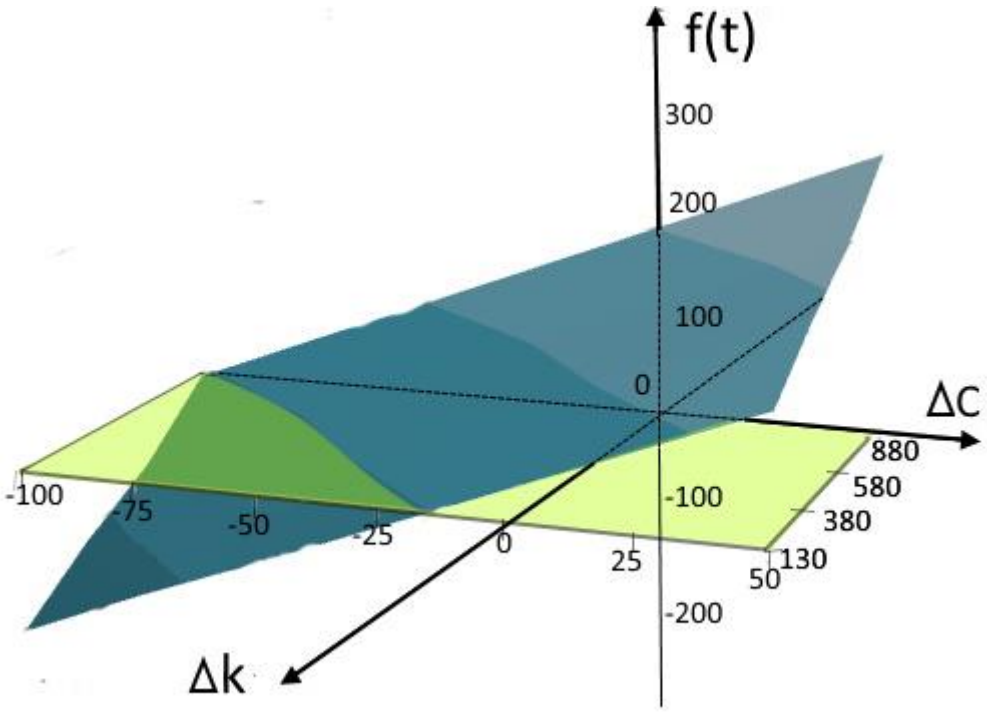


Рисунок 1. Розподіл ефективного терміну заміни $f(t)$ при $K_1 = 50$, $K_1/K_2=3$

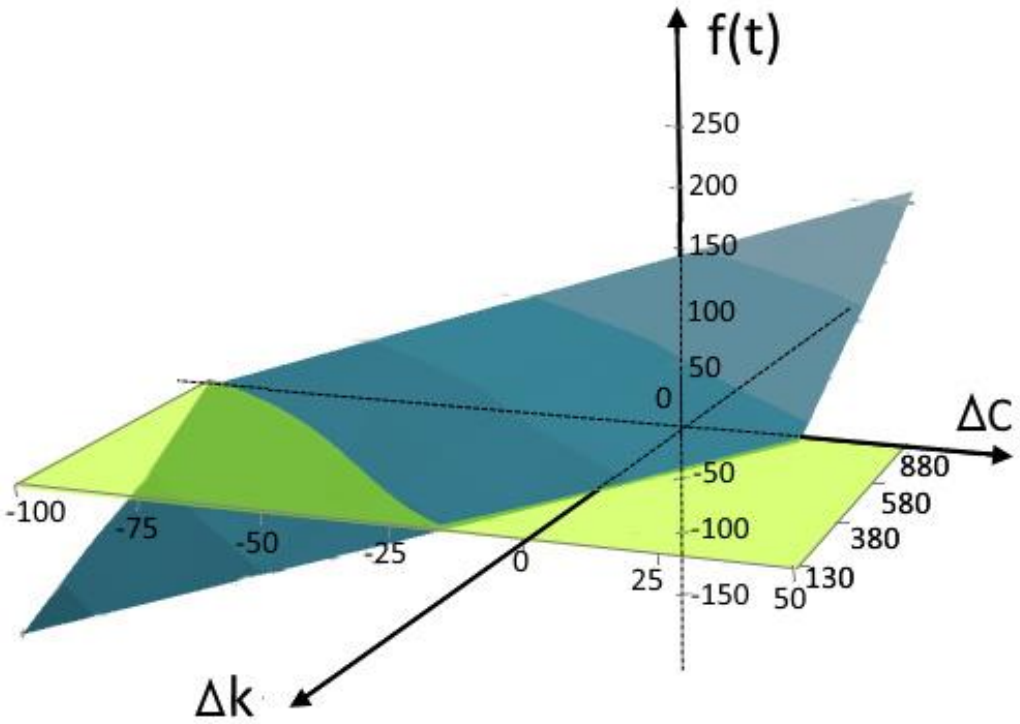


Рисунок 2 Розподіл ефективного терміну заміни $f(t)$ при $K_1 = 70$, $K_1/K_2=5,7$

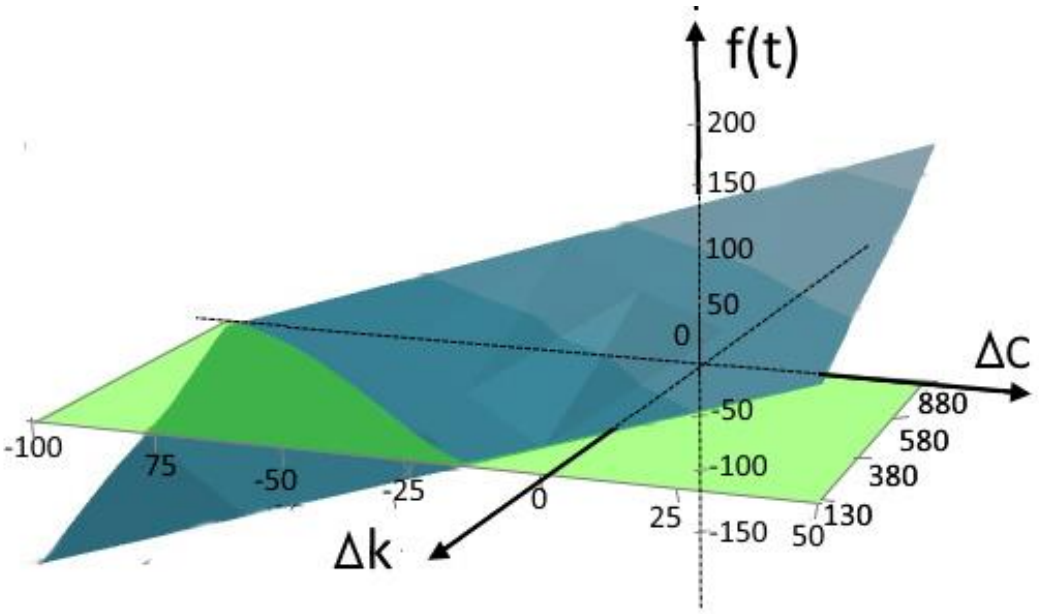


Рисунок 3. Розподіл ефективного терміну заміни $f(t)$ при $К_1 = 85$, $К_1/К_2=7$

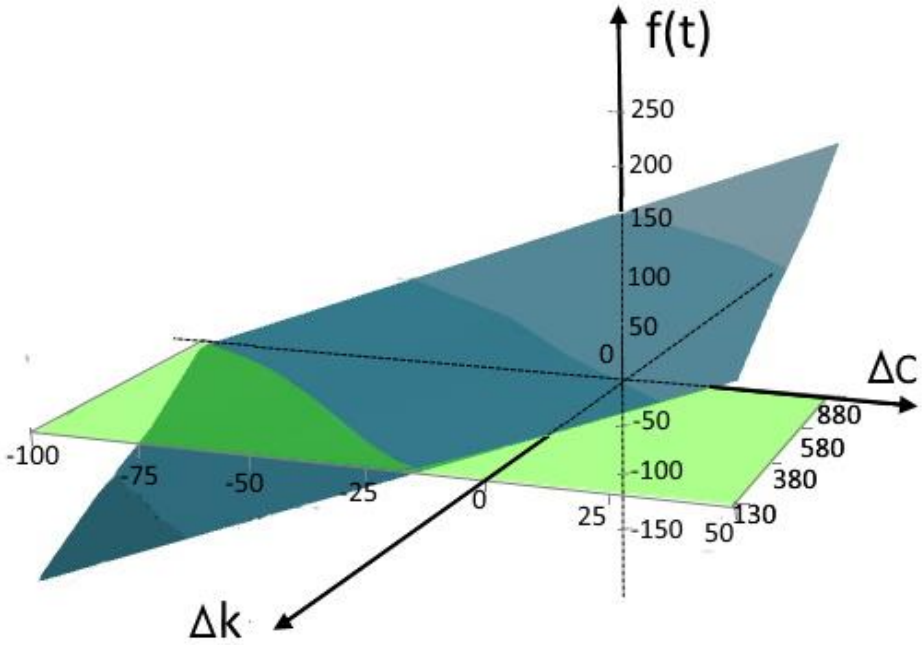


Рисунок 4. Розподіл ефективного терміну заміни $f(t)$ при $К_1 = 100$, $К_1/К_2=9$

Висновки

На підставі проведеного дослідження отримано наступні результати

1. Розроблено методику оцінки термінів заміни старого ТРС на новий.
2. Оцінено капітальні і експлуатаційні витрати на старий і новий ТРС.
3. Узагальнено розрахунки термінів заміни старого ТРС, які представлені на рисунках у вигляді діаграм ..

Список використаних джерел.

1. Закон України «Про залізничний транспорт України» від 06.09.2019 за № 1196-1
2. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки (затверджена Постановою КМУ в 16.12.2000 №1390 із змінами від 26.10.2011року №1106
3. Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки (затверджена наказом МТЗУ від 14.10.2008 №1259)
4. Крашенінін О. С., Шапатіна О. О., Залата А. С. та ін. Моделювання надійності тягового рухомого складу впродовж життєвого циклу // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2025. – № 211. – DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.211.2025.327163
5. Тартаковський Е.Д. Визначення життєвого циклу тягового рухомого складу (ТРС) /Е.Д. Тартаковський, М.Г. Уманець, Д.О. Аулін // Збірник наукових праць УкрДАЗТ . Українська державна академія залізничного транспорту.- 2006.- №72.- С. 82-86.
6. Крашенінін О.С. Оцінка життєвого циклу локомотивів./ О.С. Крашенінін, А.П. Фалендиш // Зб. наук. праць.-Х.: УкрДАЗТ.- Вип.46.-2001.- С. 55-58.
7. 8. Калабухін Ю.Є. Теоретичні положення оновлення тягового рухомого складу з урахуванням життєвого циклу / Ю.Є. Калабухін, Е.Д. Тартаковський // Зб. наук. праць.- Х.: УкрДАЗТ.- 2009.- Вип. 111.- С. 106-120.

Додаток Б

АКТ

перевірки кваліфікаційної роботи магістра

на наявність ознак академічного плагіату

Відповідно до даних сервісу Strikeplagiarism.com кваліфікаційна робота магістра на тему: «Перспективні напрямки удосконалення функціювання ТРС в умовах воєного стану.» автора: Ільченко Андрія Миколайовича містить 1,16 % запозичень. Ознаки академічного плагіату – відсутні.

Перевірку виконав

Ст. викладач кафедри експлуатації

та ремонту рухомого складу _____Олександр АНАЦЬКИЙ
(підпис)

09.06.2026 р.