

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»  
(назва факультету)

«Транспортна інфраструктура»  
(повна назва кафедри)

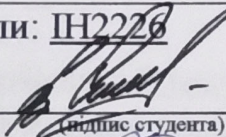
Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
ОС «магістр»  
(ступінь вищої освіти)

на тему: Модернізація локомотивів М62 відповідно до умов  
інтероперабельності  
за освітньою програмою «Інтероперабельність і безпека  
на залізничному транспорті»

зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт  
(шифр і назва спеціальності)

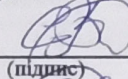
Виконав: студент

групи: ІН2226

  
(підпис студента)

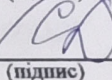
/ Владислав БАРУХ /  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

  
(підпис)

/ доц. Ярослав БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ /  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

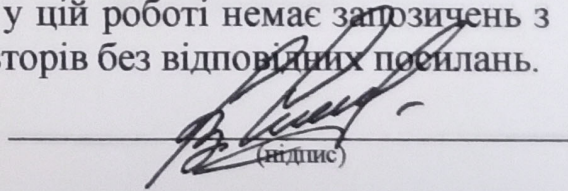
Нормоконтролер:

  
(підпис)

/ доц. Ярослав БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ /  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з  
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

  
(підпис)

Дніпро – 2024 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine**  
**Ukrainian State University of Science and Technologies**

Building, architecture and infrastructure

---

(faculty)

Transport infrastructure

---

(department)

**Explanatory Note**  
**to Master's Thesis**  
**Master**  
(higher education degree)

on the topic: Modernization of M62 locomotives considering the conditions of interoperability

according to educational curriculum Interoperability and safety in railway transport

in the Specialization: 273 Railway Transport

---

(Specialization and its code )

Done by the student of the group: IH2226 / Vladyslav BARUCH /

---

(name, surname)

Scientific Supervisor: / ass. prof. Yaroslav BOLZHELARSKYI /

---

(position, name, surname)

Normative controller: / ass. prof. Yaroslav BOLZHELARSKYI /

---

(position, name, surname)

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»

Кафедра: «Транспортна інфраструктура»

Рівень вищої освіти: «Магістр»

Освітня програма: «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

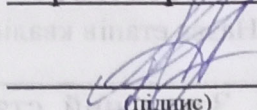
Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»

(цифра та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

«Транспортна інфраструктура»



**Олексій ТЮТКІН**

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата 22.01.24.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу

ОС «магістр»

(ступінь вищої освіти)

студенту Баруху Владиславу Андрійовичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Модернізація локомотивів М62 відповідно до умов інтероперабельності»

Керівник роботи: Болжеларський Ярослав Володимирович, к.т.н., доцент  
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від «28» квітня 2023 р. № 360ст

2. Строк подання студентом роботи: «15» січня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Техніко-економічні параметри тепловозів серії М62. Вимоги технічних специфікацій інтероперабельності до тепловозів.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

Вступ. Розділ 1. Загальний стан проблеми оновлення локомотивного парку в Україні. Розділ 2. Розробка пропозицій щодо модернізації локомотивів. Розділ 3. Алгоритм допуску до експлуатації модернізованих тепловозів. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Презентація за матеріалами досліджень, викладених в магістерській роботі (PowerPoint, 10... 12 слайдів).

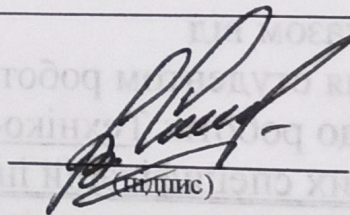
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

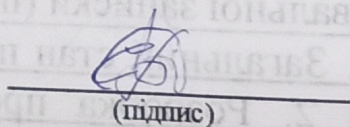
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Загальний стан проблеми оновлення локомотивного парку в Україні.	30.10.2023-19.11.2023	Вик
2	Розділ 2. Розробка пропозицій щодо модернізації локомотивів.	20.11.2023-17.12.2023	Вик
3	Розділ 3. Алгоритм допуску до експлуатації модернізованих тепловозів. Висновки. Оформлення ВКР.	18.12.2023-07.01.2024	Вик
4	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	08.01.2024-14.01.2024	Вик
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	Вик
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	Згідно з планом ЕК	

Студент

  
(підпис)

Владислав БАРУХ  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

  
(підпис)

Ярослав БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

82 стор., 56 рис., 8 табл., 28 літературних джерел.

Об'єкт розробки – тепловози серії М62.

Мета роботи – покращення стану забезпечення залізниць України тяговими засобами.

Метод дослідження – методи аналізу та синтезу інформації а також методи тягових розрахунків та проектування локомотивів.

В магістерській роботі проаналізовано актуальний стан вітчизняного локомотивного парку, європейський досвід вирішення проблеми його нестачі та розглянуто варіанти його вирішення у порядку пріоритетності; на основі європейського досвіду розроблено пропозиції щодо модернізації локомотивів серії М62 з врахуванням вимог інтероперабельності; визначено основні техніко-економічні параметри модернізованих локомотивів – потужність силової установки, розрахункову силу тяги і швидкість, силу тяги при рушанні з місця;- запропоновано алгоритм допуску модернізованих тепловозів до експлуатації в Україні.

Реалізація запропонованих пропозицій покращить стан забезпечення залізниць України тяговими засобами.

Ключові слова: ТЕПЛОВОЗ СЕРІЇ М62, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ЄВРОПЕЙСЬКІ ВИМОГИ, ДОПУСК ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1. ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ОНОВЛЕННЯ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ В УКРАЇНІ. ....	8
1.1. Актуальний стан вітчизняного тепловозного парку. ....	8
1.2. Аналіз досвіду постачання нових локомотивів, які виготовлені європейськими виробниками для колії 1520 мм. ....	10
1.3 Аналіз досвіду постачання відремонтованих або модернізованих локомотивів виробництва бувшого СРСР та Чехословаччини у країнах, що мають залізницю 1520 мм (Естонія, Литва, Латвія).....	15
1.4 Аналіз досвіду постачання відремонтованих і модернізованих локомотивів виробництва бувшого СРСР до країн Європи для роботи на колії 1435 мм. ....	19
1.5. Пріоритизація варіантів вирішення проблеми локомотивного парку.....	22
2. РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ .....	25
2.1 Загальні підходи до модернізації локомотивів .....	25
2.2 Досвід модернізації локомотивів серії М62 у Польщі. ....	28
2.3 Визначення техніко-економічних параметрів модернізованих тепловозів. ....	55
2.4 Розрахунок критерію вартості життєвого циклу модернізованих локомотивів .....	60
3 АЛГОРИТМ ДОПУСКУ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОДЕРНІЗОВАНИХ ТЕПЛОВОЗІВ.....	69
3.1 Визначення головних термінів .....	69
3.2 Загальні вимоги ТСТ «Лок&Пас» до модернізованих тепловозів.....	73
3.3 Алгоритм процесу авторизації у тендерних процедурах і публічних закупівлях. ....	76
ВИСНОВКИ.....	79
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	80

## ВСТУП

Локомотивний парк українських залізниць характеризується значним ступенем зношування [5]. У той же час, в умовах військової агресії і післявоєнної відбудови швидке заснування і розвиток вітчизняного локомотивобудування є малоімовірним. Однак це не знімає гостроти питання забезпечення залізниць України тяговими засобами.

Одним з виходів з цієї ситуації може бути модернізація існуючих локомотивів. Можливість модернізації обґрунтовується тим, що базові частини локомотивів виробництва бувшого СРСР (рама, силові елементи кузова, візки) проектувалися зі значним запасом міцності і терміну служби і можуть служити ще багато років будучи основою для модернізованих локомотивів.

Шлях модернізації старих локомотивів не є новим і для країн ЄС. Особливих успіхів у цьому досягнула Польща, де експлуатується значна кількість локомотивів виробництва бувшого СРСР. Не маючи власних потужностей по локомотивобудуванню, поляки пішли шляхом модернізації старих локомотивів, розробивши ряд оригінальних проектів. Входження Польщі до ЄС і ускладнення правил допуску локомотивів до експлуатації поставило перед польськими конструкторами задачу дотримання європейських вимог у процесі проведення модернізації. І з цією задачею наші сусіди справились – окремі серії модернізованих локомотивів виробництва бувшого СРСР, у тому числі тепловози серії М62 отримали сертифікат акредитації (допуск до розміщення на ринку) у Європейському Залізничному Агентстві [25].

Досвід Польських державних залізниць і приватних перевізників може бути взятий за основу і при модернізації вітчизняних локомотивів серії М62, яких багато експлуатується на залізницях України.

*Метою* даної роботи є покращення стану забезпечення залізниць України тяговими засобами.

*Об'єктом* дослідження є тепловози серії М62.

*Предметом* дослідження є технічні вимоги ЄС до модернізованих тепловозів серії М62.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати актуальний стан вітчизняного локомотивного парку, європейський досвід вирішення проблеми його нестачі та розглянути варіанти його вирішення у порядку пріоритетності;
- на основі європейського досвіду розробити пропозиції щодо модернізації локомотивів серії М62 з врахуванням вимог інтероперабельності;
- запропонувати алгоритм допуску модернізованих тепловозів до експлуатації в Україні.

У процесі дослідження використовувались методи аналізу та синтезу інформації а також методи тягових розрахунків та проектування локомотивів.

# 1. ЗАГАЛЬНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ОНОВЛЕННЯ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ В УКРАЇНІ.

## 1.1. Актуальний стан вітчизняного тепловозного парку.

На час даної магістерської роботи немає точних даних щодо кількості тепловозів в Україні, які перебувають у інвентарному та робочому парку. Це пов'язано з військовими діями, секретністю цих даних а також з тим, що частина тепловозів була знищена або залишилась на окупованій території. Останні відкриті дані щодо кількості тепловозів наведені станом на 1 січня 2022 року і є наступні [1]:

- магістральних вантажних електровозів – 1115,5 одиниць;
- магістральних вантажних тепловозів – 627,5 одиниць;
- маневрових тепловозів – 1247 одиниць.

З них у робочому парку знаходиться:

- магістральних вантажних електровозів – 775 одиниць;
- магістральних вантажних тепловозів – 208,5 одиниць;
- маневрових тепловозів – 817 одиниць.

При цьому, більше ніж 600 локомотивів Укрзалізниці (453 тепловоза та 150 електровозів) експлуатуються з перевищенням терміном ремонтів [2].

За даними Укрзалізниці, протягом 2021 року було відремонтовано капітальним ремонтом 134 локомотиви (58 тепловозів та 76 електровозів). Крім того, було виконано 5122 поточних ремонтів (відремонтовано 1399,5 тепловозів та 3722,5 електровозів).

Видання відзначає, що ситуацію з поставками запасних частин залишається складною. При річному плані забезпечення локомотивних депо регіональних філій запасними частинами на 2021 рік у сумі 818 млн 182 тис. грн, фактичне фінансування склало 601 млн 667 тис грн, або 73,5%

Внаслідок військової агресії значна кількість локомотивних депо на півночі, сході та півдні України зруйнована, дані про кількість знищених локомотивів а також дані про інвентарний та робочий парк є закритими, однак очевидно що ситуація з локомотивним парком значно погіршилась.

Динаміка робочого парку змінюється в залежності від обсягів перевезень.

Станом на листопад 2020 року парк маневрових локомотивів складав 1253 секції, з них 55 маневрових локомотивів щодня використовувалось для вантажних перевезень [3]. У цьому ж джерелі наведено розподіл маневрових тепловозів по регіональних філіях АТ «Укрзалізниця»: Придніпровська залізниця – 199 локомотивів; Одеська залізниця – 247 локомотивів; Південна залізниця – 219 локомотивів; Південно-Західна залізниця – 213 локомотивів; Львівська залізниця – 201 локомотив; Донецька залізниця – 174 локомотиви.

Враховуючи, що практично на усій території, на якій розташована Донецька залізниця, а також на значній частині території з великими локомотивними депо, на яких розташовані Одеська, Південна, Південно-Західна та Придніпровська залізниця велись або продовжують вестись бойові дії слід очікувати, що до 300 маневрових локомотивів було втрачено і на сьогодні парк маневрових тепловозів складає від 900 до 1000 секцій.

Також станом на 2018 рік приватні підприємства володіли близько 2500 локомотивами [4]. Однак до цієї кількості входять також промислові електровози та тягові агрегати, які становлять там значну долю. У якості маневрових тепловозів експлуатуються в основному тепловози серій ТГМ4, ТЭМ2 та ЧМЕ3. Є також невелика кількість тепловозів 2М62.

Характерною особливістю тепловозів АТ «Укрзалізниця» є їх значний термін служби, який у більшості випадків уже перевищив нормативний. Так станом на лютий 2020 року [5] середній знос магістральних тепловозів складає 99,6%, маневрових тепловозів – 99,9%. Середній вік магістральних тепловозів складає 30,7 років при нормативному 20 років, маневрових тепловозів – 35,8 років при нормативному 25 років.

АТ «Укрзалізниця» виходить з даної ситуації продовжуючи термін експлуатації цих тепловозів. Для цього проводиться спеціальний вид технічного обслуговування – ТО-6, при якому сертифікованою організацією проводиться обстеження базових частин тепловоза – головної рами та рам візків і надається висновок про можливість подальшої роботи на наступний період.

У якості вирішення проблеми перевезень можуть бути запропоновані наступні варіанти. Недоліки і переваги кожного зі способів наведені нижче.

1. Закупівля нових локомотивів, які виготовлені європейськими виробниками для колії 1520 мм.

2. Закупівля відремонтованих або модернізованих локомотивів виробництва бувшого СРСР та Чехословаччини у країнах, що мають залізницю 1520 мм (Естонія, Литва, Латвія).

3. Закупівля відремонтованих і модернізованих локомотивів виробництва бувшого СРСР, які були експортовані до країн Європи для роботи на колії 1435 мм.

## **1.2. Аналіз досвіду постачання нових локомотивів, які виготовлені європейськими виробниками для колії 1520 мм.**

Останніми роками європейські виробники випустили ряд серій тепловозів, що призначені для роботи на коліях 1520 мм у країнах Прибалтики та в Україні. Розглянемо основні з них.

### *Тепловози ER20 CF.*

«У липні 2005 року Siemens Transportation Systems отримала замовлення на 34 тепловози від Литовської залізниці (Lietuvos Gelezinkeliai). Контракт включає можливість закупівлі ще десяти тепловозів. Нові локомотиви будуть працювати на магістральних лініях Литовських залізниць і будуть тягнути великовагові вантажні поїзди в режимі подвійного ходу з південного сходу країни (Кена) у північно-східному напрямку до Клайпеди або в південно-західному напрямку до Кибартей. Максимальна вантажопідйомність поїздів планується до 6 тис. тонн [6]».

Основні технічні характеристики тепловозів ER20 CF наведені у табл. 2.1. Загальний вигляд тепловоза наведено на рис. 2.1. Всього в експлуатації на Литовських залізницях знаходиться 44 таких тепловоза [7].

### *Тепловози С36-7.*

Ці тепловози експлуатуються на залізницях Естонії. Вони були побудовані у 1978 – 1989 роках, тобто знаходяться у експлуатації уже більше 30 років. Всього на залізниці Естонії було поставлено 58 таких тепловозів, з яких у експлуатації знаходиться 36. Загальний вигляд тепловоза наведено на рис. 1.1. Основні технічні дані наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.1 – Основні технічні характеристики тепловозів ER20

Параметр	Значення
Осьова формула	3 <sub>0</sub> – 3 <sub>0</sub>
Ширина колії	1520 мм
Маса	138 т
Навантаження на вісь	23 тс
Довжина по буферах	22850 мм
Діаметр колеса (нового/зношеного)	1100 мм / 1020 мм
Габарит рухомого складу	ГОСТ 9238-83 / DSB 3A 16383
Максимальна швидкість	120 км/год
Потужність дизеля	2000 кВт
Дотична потужність тепловоза	1600 кВт
Сила тяги при рушанні з місця	450 кН (при навантаженні на вісь 23 тс та коефіцієнті зчеплення $\mu_0 = 0,33$ )
Потужність електричного гальма	1600 кВт / з можливістю самодовантаження
Об'єм паливного баку	7000 л
Діапазон температури оточуючого середовища	-34 °С ... +40 °С
Шум	відповідно до TSI-CR (шум)

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики тепловозів С36-7

Параметр	Значення
Осьова формула	3 <sub>0</sub> – 3 <sub>0</sub>
Ширина колії	1520 мм
Маса	166... 190,5 т
Навантаження на вісь	27,7... 31,75 тс
Потужність дизеля	2700... 2800 кВт
Сила тяги при рушанні з місця	431 кН
Сила тяги у тривалому режимі	407 кН



Рисунок 1.1 – Тепловоз ER20 Литовських залізниць



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд тепловоза С36-7 Естонських залізниць.

*Тепловози С30-7Аі та С30-М*

У 2003 році 19 тепловозів С30-7Аs були перебудовані та експортовані до Естонії як С30-7Аіs для використання Естонськими залізницями (Eesti Raudtee), які на той час була приватними. Локомотиви були позначені як частина класу 1500 (1558–1576) і були вживаними (раніше знаходились в експлуатації у Conrail/CSX/NS (США).

У 2018 році Operail (раніше EVR Cargo) оголосила, що завершила свою першу модернізацію серії з #1564. Міжнародний залізничний журнал повідомив [8]: «Були збережені лише рами та візки оригінального локомотива, а С30-М має нову кабіну машиніста, розташовану по центру, і дизельний двигун Caterpillar 3512С HD потужністю 1,55 МВт». Переобладнаний тепловоз має колію 1520 мм і важить 138 тонн. Модернізація Operail робить тепловози придатними для маневрових і лінійних перевезень. Перероблені тепловози плануються для внутрішнього використання та експортних продажів.

Усього на залізницях Естонії експлуатується 9 таких тепловозів. Характеристики тепловоза наведені у табл. 1.3, загальний вигляд – на рис. 1.3

Таблиця 1.3 – Характеристики тепловоза С30-М

Параметр	Значення
Осьова формула	3 <sub>0</sub> – 3 <sub>0</sub>
Ширина колії	1520 мм
Маса	138 т
Навантаження на вісь	23 тс
Габарит рухомого складу	ГОСТ 9238-83 1-Т
Максимальна швидкість	120 км/год
Потужність після випрямляча	1300 кВт
Сила тяги у тривалому режимі	289 кН
Сила тяги при рушанні з місця	436 кН
Швидкість тривалого режиму	13,6 км/год
Об'єм паливного баку	13200 л



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд тепловоза С30М Естонських залізниць

*Тепловоз Effishunter 1600.*

Влітку 2019 року «АрселорМіттал Кривий Ріг» уклав контракт з CZ Loko на постачання чотирьох локомотивів серії Effishunter 1600 загальною вартістю 9 млн євро, термін поставки – 2020 рік [9].

За інформацією виробника, маневрові локомотиви оптимізовані для маневрових і важких робіт на промислових гілках, зокрема в металургійній і добувній промисловості. На локомотивах встановлено дизельний двигун Caterpillar потужністю 1550 кіловат і генератор тяги Siemens. Вони оснащені цифровою системою управління, круїз-контролем, електродинамічним гальмом і захистом від ковзання (при тязі).

Загальний вигляд тепловоза наведений на рис. 1.3. Слід зазначити, що у відкритому доступі, у тому числі на сайті виробника [10], не наведено технічних характеристик даного тепловозу.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд тепловоза Effishunter 1600.

### **1.3 Аналіз досвіду постачання відремонтованих або модернізованих локомотивів виробництва бувшого СРСР та Чехословаччини у країнах, що мають залізниці 1520 мм (Естонія, Литва, Латвія).**

До України можуть бути експортовані усі типи магістральних та маневрових тепловозів, які експлуатуються у Естонії, Литві та Латвії, а також модернізовані версії цих локомотивів Згідно відкритих даних, парк тепловозів колії 1520 мм виробництва бувшого СРСР, Чехословаччини (включно з їх модернізованими версіями) у Естонії, Литві та Латвії наведений у табл. 1.4.

У відкритому доступі наявна база рухомого складу [11], з якої можна визначити приналежність та кількість локомотивів різних серій.

Особливу увагу заслуговують проекти модернізації локомотивів CZ LOKO – маневрові локомотиви ЧМЕЗм та М62ум [12] а також проект модернізації тепловоза ТЕМ2у (16D), польської компанії Newag.

Таблиця 1.4 – Парк тепловозів колії 1520 мм виробництва бувшого СРСР, Чехословаччини (включно з їх модернізованими версіями) у Естонії, Литві та Латвії

Країна	Серія тепловозу	Кількість
Естонія	ЧМЕЗ	26
	2ТЕ116	4
Латвія	М62	33
	2М62	40
	2М62у	30
	2ТЕ10М	10
	2ТЕ10у	14
	ЧМЕЗ	57
	ТЕМ2	7
Литва	М62, 2М62, ER20	171
	ЧМЕЗ, ТЕМ2, ТЕМ-ТМХ	79
Всього		467

*Модернізований тепловоз ЧМЕЗ колії 1520 мм*

На основі досвіду повної модернізації чотиривісних локомотивів у 2005 році перший шестивісний локомотив класу 770 був модернізований до класу 774.7. Як і у випадку з чотиривісними локомотивами класу 724, ці локомотиви зберегли свої оригінальні візки та головну раму. Інші новостворені одиниці були максимально уніфіковані з Class 724. Хоча лише чотири локомотиви були модернізовані для потреб наших перевізників, деякі пострадянські країни виявили інтерес до цієї концепції і в період з 1963 по 1994 рік отримали майже 7500 відповідних локомотивів типу ЧМЕЗ від локомотивного заводу ŠKD у Празі. Згодом CZ LOKO досяг успіху в модернізації в Україні, Латвії, Литві та Білорусі. Загальна кількість модернізованих локомотивів досягла майже ста одиниць у шести модифікаціях із дотриманням конкретних вимог замовника. Ці модернізації реалізували різні типи двигунів Caterpillar (CAT 3512 В, CAT 3512 С, CAT 3508 В, CAT 3508 С) потужністю 970–1500 кВт. Загальний вигляд модернізованого локомотива серії ЧМЕЗМ наведений на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд модернізованого тепловоза ЧМЕЗМ

*Модернізований тепловоз 2М62ум колії 1520 мм.*

У період з 2015 по 2017 рік для Латвійських залізниць було модернізовано чотирнадцять двосекційних локомотивів 2М62У (рис. 2.5). Ці модернізації використовували попередній досвід експлуатації локомотивів ЧМЕЗМ і ТЕМ ТМН у країнах Балтії, а також знання з експлуатації перших локомотивів EffiLiner 1600. Тепловоз двосекційний 2М62УМ виконаний кабінного типу з однією кабіною машиніста в кожній секції. Він оснащений системою передачі енергії змінного/постійного струму від дизельного двигуна MTU 16 В 4000 R43 потужністю 2200 кВт до шести приводних колісних пар у кожній із двох секцій. Локомотиви експлуатуються у великоваговому вантажному транспорті на магістральних лініях латвійської залізниці.



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд модернізованого тепловоза 2М62ум

*Модернізований тепловоз ТЕМ2м (16D) колії 1520 мм*

Модернізація тепловоза ТЕМ2 (SM48) до версії 16D дала змогу компанії NEWAG S.A створити транспортний засіб з універсальними тяговими параметрами – маневровий локомотив або локомотив для ведення великовагових вантажних поїздів.

У рамках модернізації використано нову енергоустановку, що складається з дизельного двигуна високого тиску, що відповідає стандартам вихлопних газів UIC ПА, потужністю 1550 кВт, розміщеного на одній рамі з комплектом синхронних генераторів. Встановлено сучасне допоміжне обладнання, що підвищує надійність локомотиву, включаючи допоміжні приводи у вигляді асинхронних двигунів і гідростатичний привід вентилятора системи охолодження.

Локомотив 16D оснащений сучасною гальмівною системою з вбудованою пневматичною платою, гвинтовим компресором (компресорами) і пружинним стоянковим гальмом. Ці локомотиви оснащені мікропроцесорними контролерами, системами діагностики, шинами CAN і готові до встановлення системи радіоуправління.

Було спроектовано нові, нижні відсіки машини, що значно покращило видимість для машиніста. Сучасна форма кузова локомотиву відповідає сучасним вимогам дизайну та ергономіки. Кабіна водія встановлена на опорній рамі з металогумовими амортизаторами. Її салон оснащений двома панелями керування, зручними регульованими сидіннями та зручностями. Кабіна має ефективну систему опалення та кондиціонування.

Локомотиви 16D оснащені системою візуального моніторингу, яка складається з камер, встановлених на передній частині рами локомотива та в кабінах. Зображення з камер записується та виводиться на монітори панелей, що значно полегшує керування локомотивом, зокрема під час маневрової роботи. Загальний вигляд модернізованого тепловозу ТЕМ2 (16D) наведений на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Модернізований тепловоз TEM2 (ST48, 16D)

#### **1.4 Аналіз досвіду постачання відремонтованих і модернізованих локомотивів виробництва бувшого СРСР до країн Європи для роботи на колії 1435 мм.**

Як відомо, у бувшому СРСР випускались тепловози, які експортувались до країн Східної Європи, мали габарит, який був узгоджений з габаритом залізниць у Європі і конструктивно були передбачені для експлуатації на коліях 1435 мм з прийнятою у Європі системою зчеплення (гвинтове зчеплення). Це наступні серії тепловозів: магістральні М62 та їх модифікації, маневрові TEM2 та їх модифікації. Крім того, у Чехословаччині підприємством ЧКД «Шкода» для потреб залізниць бувшого СРСР випускався маневровий тепловоз ЧМЕЗ та його модифікації, які складають практично 100% парку маневрових тепловозів в Україні.

##### *Тепловоз М62.*

Шестивісні вантажні тепловози М62 стали першими магістральними тепловозами, які поставлялись бувшим СРСР на експорт. Ці тепловози поставлялися у наступні європейські країни і мали там наступні позначення: Угорська Народна Республіка (тепер – Республіка Угорщина) – М62; Польська Народна Республіка (тепер – Республіка Польща) – ST44; Німецька

Демократична Республіка (тепер – Федеративна республіка Німеччина) – V.120, BR120, BR220; Чехословацька Соціалістична Республіка (тепер Республіка Чехія та Словацька республіка) – Т679.1, 781. Тепловози виконані по габариту 02-ВМ, конструкція тепловоза передбачає встановлення гвинтової упряжі та буферів замість автозчіпного пристрою типу СА-3. Загальний вигляд європейських модифікацій тепловоза М62 наведений на рис. 1.7.

Слід зазначити, що у Польщі реалізовано ряд проектів модернізації даного тепловоза, які розглянуто нижче.

#### *Тепловоз ТЕМ2.*

Маневровий шестивісний тепловоз ТЕМ2 та його модифікації ТЕМ2М, ТЕМ2У експлуатується на багатьох промислових підприємствах України, однак у інвентарному парку АТ «Укрзалізниця» таких тепловозів немає. Даний тепловоз, а точніше його модифікація, яка називається ТЕМ2А і має збільшену на 60 мм довжину між осями автозчепів, також може використовуватись на коліях 1435 мм. Цей тепловоз експортувався до Польської Народної Республіки і мав там позначення SM48 на магістральних залізницях та ТЕМ2 – на промислових підприємствах. Крім того, у Польщі реалізовано проект модернізації даного локомотива, який отримав позначення ST 48 а також його модифікація для колії 1520 мм, яка отримала позначення 16 D і розглянута вище. Загальний вигляд тепловоза SM48 польських залізниць наведено на рис. 1.8.

#### *Тепловоз ЧМЕЗ.*

Маневровий шестивісний тепловоз, який виготовлявся на заводі Локомотивка-Сколого, що входив до чехословацького концерну «ЧКД-Прага». Даний тепловоз та його модифікації ЧМЕЗт і ЧМЕЗе складають 100% парку маневрових тепловозів АТ «Укрзалізниця».

Модифікація даного тепловоза для залізниць самої Чехословаччини отримала позначення Т669 та 770, для Польщі S200, для інших країн - LDE1500, DES3100.

а)



б)



в)



г)



Рисунок 1.7 -Експортні варіанти тепловоза М62 колії 1435 мм:  
 а) – ST44 Польських залізниць; б) - V.120 залізниць Німеччини; в) -  
 Т679.1 залізниць Словаччини; г) – М62 залізниць Угорщини.



Рисунок 1.8 – Загальний вигляд тепловоза SM48 Польських залізниць

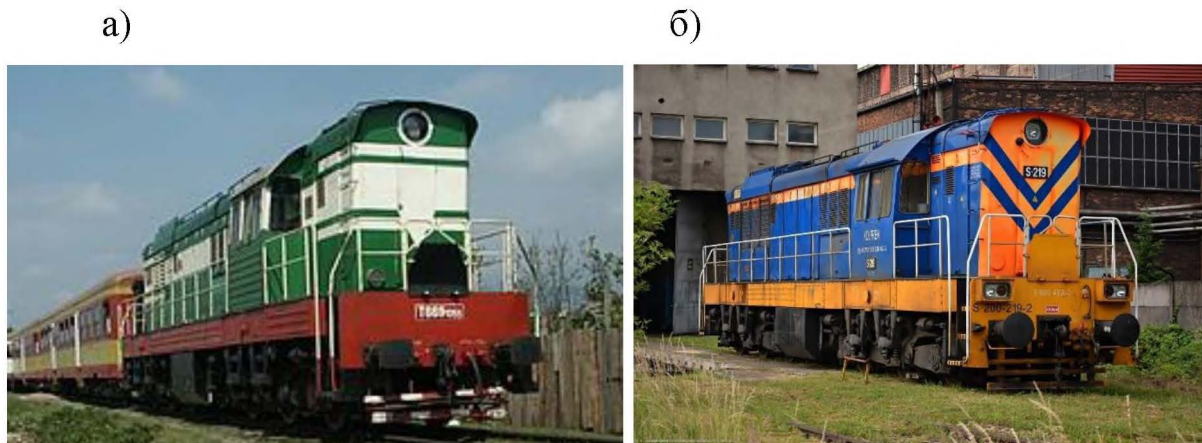


Рисунок 1.8 – Модифікації тепловоза ЧМЕЗ для колії 1435 мм

а) – Т669 залізниць Чехії; б) S200 залізниць Польщі

### 1.5. Пріоритизація варіантів вирішення проблеми локомотивного парку

На основі проведених досліджень проведено ранжування варіантів закупівель локомотивів та показано недоліки та переваги для кожного варіанту. Результати ранжування зведені до табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати ранжування локомотивів.

Серія тепловозу	Ранг	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
2М62ум	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відповідає сучасним вимогам по екологічності, ергономічності, економічності;</li> <li>- відповідає технічним вимогам до колії 1520 мм;</li> <li>- будова ходової частини і технологія ремонту відома для ремонтного персоналу в Україні</li> </ul>	- висока вартість

Продовження табл. 1.5

1	2	3	4
16D	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відповідає сучасним вимогам по екологічності, ергономічності, економічності;</li> <li>- відповідає технічним вимогам до колії 1520 мм;</li> <li>- будова ходової частини і технологія ремонту відома для ремонтного персоналу в Україні;</li> <li>- можливість використання як у маневровому так і у магістральному русі</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- висока вартість;</li> <li>- одна кабіна з середнім розташуванням;</li> </ul>
ER20 CF	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відповідає сучасним вимогам по екологічності, ергономічності, економічності;</li> <li>- відповідає технічним вимогам до колії 1520 мм</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- висока вартість;</li> <li>- конструкція невідома для ремонтного персоналу в Україні.</li> </ul>
Немодернізовані магістральні тепловози колії 1520 мм виробництва бувшого СРСР	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відповідає технічним вимогам до колії 1520 мм;</li> <li>- будова та технологія ремонту відома для ремонтного персоналу в Україні;</li> <li>- низька вартість.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не відповідає сучасним вимогам по екологічності, ергономічності, економічності;</li> <li>- вимагає подовження терміну служби;</li> </ul>
Модернізовані магістральні тепловози колії 1435 мм	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- відповідає сучасним вимогам по екологічності, ергономічності, економічності;</li> <li>- будова та технологія ремонту відома для ремонтного персоналу в Україні;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не відповідає технічним вимогам до колії 1520 мм (необхідна заміна зчіпного пристрою, колісних пар, зовнішнього освітлення, окремих елементів гальмівної системи, встановлення системи АЛСН та радіозв'язку);</li> <li>- висока вартість.</li> </ul>

Продовження табл. 1.5

1	2	3	4
Немодернізовані тепловози М62 (ST44, V.120, Т679.1) колії 1435 мм виробництва бувшого СРСР	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низька вартість;</li> <li>- будова та технологія ремонту відома для ремонтного персоналу в Україні;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- не відповідає технічним вимогам до колії 1520 мм (необхідна заміна зчіпного пристрою, колісних пар, зовнішнього освітлення, окремих елементів гальмівної системи, встановлення системи АЛСН та радіозв'язку);</li> <li>- вимагає подовження терміну служби</li> </ul>

## 2. РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛОКОМОТИВІВ

### 2.1 Загальні підходи до модернізації локомотивів

У рамках угоди про асоціацію Україна взяла на себе зобов'язання з приведення вітчизняних нормативних актів до нормативних актів ЄС. У галузі залізничного транспорту базовими документами є Директива (ЄС) 2016/797 [13] Європейського Парламенту та Ради від 11 травня 2016 про інтероперабельність залізничної системи в рамках Європейського Союзу (далі – Директива (ЄС) 2016/797). Директива передбачає технічні специфікації інтероперабельності (ТСІ), у тому числі для локомотивів.

Таким чином, при розробці нових проектів модернізації раціонально відразу передбачити дотримання вимог, які висуваються до розміщення на ринку мобільних підсистеми відповідно до ст. 20 Директиви (ЄС) 2016/797, а також вимог щодо авторизації транспортних засобів для розміщення на ринку відповідно до ст. 21 Директиви (ЄС) 2016/797.

Відповідно до ст. 21 Директиви (ЄС) 2016/797 транспортний засіб може бути розміщений на ринку (у нашому випадку – локомотив допущений до експлуатації) лише після того, як він отримав авторизацію транспортного засобу для розміщення на ринку, виданий Європейським Залізничним Агентством або національним органом безпеки (у залежності від передбачуваної сфери експлуатації локомотива. Заявка на отримання авторизації повинна містити докази того, що технічна сумісність (інтероперабельність) між локомотивом та мережею області використання була перевірена. Вимоги до технічної сумісності усіх підсистем залізниць викладені у відповідних Технічних специфікаціях інтероперабельності. Вимоги до локомотивів викладені у Технічних специфікаціях інтероперабельності, що відносяться до підсистеми «рухомий склад – локомотиви та пасажирський рухомий склад» [14] (далі – ТСІ «Лок&Пас»).

Слід зазначити, що система отримання авторизації (фактично-допуску до експлуатації) рухомого складу у ЄС є досить складною, однак окремі серії тепловозів виробництва бувшого СРСР, які експлуатуються як в Україні так і в

країнах ЄС уже отримали сертифікат типу. Наприклад, у Польщі сертифікат типу отримали модернізовані тепловози серії М62 [15]. Таким чином, якщо модернізація тепловозів буде проведена у відповідності до технічних параметрів, які наведені у даному сертифікаті типу, це дозволить отримати авторизацію за спрощеною процедурою, підтвердивши лише відповідність модернізованих тепловозів сертифікату типу.

Процедура перевірки на відповідність технічні сумісності детально описана у Додатку IV до Директиви (ЄС) 2016/797.

У проектах з модернізації повинно бути відображено, чи будуть виконуватись базові вимоги до компонентів інтероперабельності у модернізованих локомотивів. Наприклад, чи буде передбачена робота в одну особу, який вигляд матиме інтерфейс машиніста, які будуть розміри вхідних дверей, яке буде крісло машиніста і т.і. Ці вимоги не є складними, однак їх невиконання відразу виключає можливість отримання авторизації для розміщення на ринку ЄС, а у майбутньому і в Україні.

Слід зазначити, що енергетична установка та елементи передачі не є компонентами інтероперабельності, тому уже розроблені та реалізовані проекти, які передбачали модернізацію вітчизняних локомотивів, можуть бути взяті за основу. Ці проекти необхідно доопрацювати, додавши ключові вимоги до компонентів інтероперабельності.

Слід також звернути особливу увагу, що для отримання авторизації і підтвердження відповідності типу, необхідно дотриматись базових параметрів локомотивів, від яких залежить міцність конструкції. Наприклад, вага локомотива, розподіл навантаження по осях, максимальна сила тяги.

Нижче наведені базові положення Директиви (ЄС) 2016/797 та посилання на пункти ТСІ «Лок&ПАС», які стосуються теми магістерської роботи.

Важливим з точки зору мети роботи є Додаток 3 до Директиви (ЄС) 2016/797. У ньому викладені основні (критичні) вимоги до локомотивів щодо забезпечення безпеки, надійності і доступності, здоров'я працюючих, захисту навколишнього середовища, технічної сумісності та доступності. Також у цьому

додатку викладені специфічні вимоги для кожної підсистеми, у тому числі до рухомого складу.

Пропонуються наступні загальні підходи до модернізації локомотивів: при розробці нових проектів модернізації раціонально відразу передбачити відповідність вимогам, встановленим для розміщення на ринку мобільних підсистем згідно зі ст.20 Директиви (ЄС) 2016/797, як а також дотримання вимог щодо авторизації транспортного засобу відповідно до статті 20 Директиви (ЄС) 2016/797. Проекти модернізації повинні відображати, чи будуть виконані основні вимоги до компонентів сумісності для модернізованих локомотивів.

Як було відзначено вище, з метою усунення вузьких місць у питанні модернізації локомотивів магістральні локомотиви доцільно розділити на дві групи.

При цьому друга група магістральних локомотивів – це тепловози, які будуть використовуватися для перевезень територією країн ЄС.

При цьому для другої групи магістральних локомотивів можливі три напрямки роботи:

- робота на чітко визначених маршрутах однієї з країн ЄС (найпростіші вимоги до авторизації, але неможливість використання цих локомотивів поза визначеними маршрутами в майбутньому);

- експлуатація на території лише однієї країни ЄС (наприклад, Польщі). Цей варіант є найбільш оптимальним як з точки зору складності та вартості авторизації, так і з точки зору подальших перспектив;

- експлуатація на території всіх країн ЄС. Цей варіант найдорожчий і найдовше реалізується. Може бути недоступним для старих типів локомотивів.

У основі проектів модернізації повинні бути покладені два пріоритети:

Пріоритет 1 – Мінімальний час реалізації проекту;

Пріоритет 2 - Відповідність модернізованого дизельного локомотива вимогам авторизації та розміщення на ринку ЄС відповідно до вимог Директиви (ЄС) 2016/797.

Щодо другого пріоритету, то проекти модернізації, які не відповідають вимогам авторизації та розміщення на ринку хоча б однієї країни ЄС, через яку здійснюватиметься транзит вантажу, не повинні розглядатися.

При розробці проекту модернізації локомотивів цієї групи необхідно відразу передбачити можливість отримання сертифіката відповідності типу на один із типів, які вже отримали авторизацію на ринку ЄС. При розробці технічного завдання на дану групу локомотивів необхідно взяти за основу технічні характеристики, відображені в даному сертифікаті типу.

Слід зазначити, що в цьому випадку перша група локомотивів може бути легко модернізована в майбутньому відповідно до вимог до другої групи без ремонту основного обладнання.

## **2.2 Досвід модернізації локомотивів серії М62 у Польщі.**

Варіанти введення в експлуатацію старих тепловозів, завезених у Польщу з-за кордону, є наступними [16, 17].

- так звана «полонізація», що полягає, перш за все, в оснащенні локомотивів апаратами, пристроями і системами, що гарантують безпеку руху і мінімальний шкідливий вплив на навколишнє природне середовище відповідно до нормативних документів польських залізниць;
- «ремоторизація», що передбачає заміну застарілих двигунів внутрішнього згоряння на двигуни, що відповідають польським вимогам щодо токсичності вихлопних газів, довговічності, витрати дизельного палива та мастильних матеріалів;
- модернізація, що включає заміну генераторної установки, реконструкцію кабін управління та втручання в механічну та електричну системи локомотивів бази.

Незалежно від зазначених вище моментів, слід констатувати, що в широкому розумінні «модернізація» тепловозів - це, перш за все, поліпшення ними техніко-експлуатаційних параметрів, підвищення технічної готовності, зниження витрат палива і мастила, зниження впливу на навколишнє середовище в частині шуму і викидів вихлопних газів в атмосферу, зниження

експлуатаційних витрат і робіт з технічного обслуговування і ремонту, а також підвищення безпеки і комфорту експлуатації.

За останні десятиріччя, в яких з самого початку був задіяний Науково-дослідний центр залізничних транспортних засобів, а нині Інститут залізничного транспорту «Табір», в країні було проведено ряд проектів з модернізації («полонізації»), ремоторизації та модернізації тепловозів, найважливішими з яких є:

- локомотиви ST44 для LHS виробництва "Bumar" Fablok – Chrzanów;
- локомотиви ST44 та M62 виробництва "Pesa" Bydgoszcz S.A. для потреб PKP "Cargo", PKP LHS, Orion Kolej та Pol Miedź Trans;
- локомотиви ST44 (тип 311D) побудовані компанією "Newag" Новий Сонч для потреб PKP LHS та різних приватних залізничних операторів.

Крім того, за останні десятиріччя було здійснено кілька десятків проектів з модернізації (зазвичай званих «полонізацією») як імпортованих з-за кордону, так і локомотивів, що експлуатуються в країні, з метою зміни їх призначення з маневрової на поїзну роботу.

Процес модернізації («полонізації») тепловозів стосувався в основному двох основних випадків [18, 19]:

- локомотиви, які раніше експлуатувалися в країні в маневровому русі, для яких оператори захотіли змінити їх характеристики та обладнання, щоб забезпечити роботу також у магістральному русі, найчастіше з вантажними поїздами;
- локомотиви, завезені з-за кордону для потреб приватних залізничних операторів.

Зокрема, заходи з модернізації стосувалися таких робіт та обробок:

- впровадження систем і пристроїв CA, SHP і RS (radiostop);
- встановлення польської системи радіозв'язку (наприклад, Purylandia або Koliber);
- використання нових швидкостемірів або модифікація існуючих (наприклад, PIAP Warszawa);

- впровадження систем виявлення та оповіщення про пожежу, а також стаціонарних систем пожежогасіння;
- усунення азбесту в системах двигунів внутрішнього згоряння та електрообладнанні;
- усунення неметалевих матеріалів (у тому числі кабелів), які не відповідають вимогам щодо горючості, димності та токсичності;
- регулювання двигунів внутрішнього згоряння таким чином, щоб вони відповідали вимогам щодо викиду шкідливих речовин в атмосферу, принаймні на час їх виробництва.

До кожного проекту модернізації здійснювався індивідуальний підхід, серед іншого виникала додаткова потреба в заміні системи зчеплення, використанні нових кінцевих кранів і звукових сигналів, а також заміні ізоляції та обшивки у кабінах управління для зменшення шуму.

Були проведені проекти з модернізації («полонізації») 28-ми локомотивів в яких брав участь Інститут залізничного транспорту в Познані. На рис. 1-4 показані вибрані локомотиви після «полонізації».



Рисунок 2.1 – Тепловоз М62 модернізований ŽOS Nymburk на основі документації, розробленої Інститутом залізничного транспорту «Tabor» для компанії Orlen-Kol-Trans



Рисунок 2.2 – Тепловоз BR232 модернізований компанією «Pesa», Бидгощ для компанії PCC Rail



Рисунок 2.3 – Тепловоз BR231, модернізований компанією ZNTK, Познань для компанії РТК і GK Zabrze



Рисунок 2.4 – Тепловоз Т448р, модернізований компанією «Pesa», Бидгощ для компанії PCC Rail

Серед багатьох проектів «ремоторизації» проектів, реалізованих у Польщі, особливої уваги заслуговують наступні:

- ремоторизація локомотива М62, проведена компанією "Песа" Бидгощ за дорученням "Pol-Miedź-Trans" - Любін та "Orion Kolej" - Новий Сонч;
- глибока ремоторизація локомотивів М62М, проведена компанією Rail Polska - Zakład Taboru w Włocławcu/поблизу Освенцима для власних потреб;
- глибока ремоторизація локомотивів серії ST44, проведена компанією «Песа» Бидгощ як для ПКП «Вантаж» (для колії 1435 мм), так і для PKP LHS (для колії 1520 мм).

*Ремоторизація локомотива М62 для потреб "Pol-Miedź-Trans" та "Orion-Kolej" Новий Сонч*

Локомотиви були модернізовані для вантажних перевезень в кінці 2005 року, а після випробувань і випробувань були представлені користувачеві на початку 2006 року.

Модернізація локомотивів не вимагала втручання в раму локомотива і не викликала змін в розташуванні основних машин і устаткування при збереженні основних геометричних і масових параметрів (в тому числі натиснення на візь) і тягових характеристик.

Крім того, кузов, рама і візки локомотива, а також інша немодернізована техніка і агрегати були піддані капітальному ремонту відповідно до діючих в країні норм.

Загальний вигляд локомотива показаний на рис. 2.5, а розташування всіх машин і устаткування всередині локомотива - на рис.2.6.



Рисунок 2.5. Локомотив М62 "Пол-Мідзь-Транс" після ремоторизації

Локомотив М62 був оснащений новим чотиритактним дизельним двигуном 12CzN 26/26 (побудований замість існуючого 14Д40) зі збереженням існуючого головного генератора постійного струму ГП312.

Двигун внутрішнього згоряння - це сучасний (на той час), дванадцятициліндровий дизельний двигун з безпосереднім уприскуванням, з наддувом з проміжним охолодженням повітря, що відповідає вимогам по викиду токсичних компонентів вихлопних газів в атмосферу відповідно до карти УІС 624.

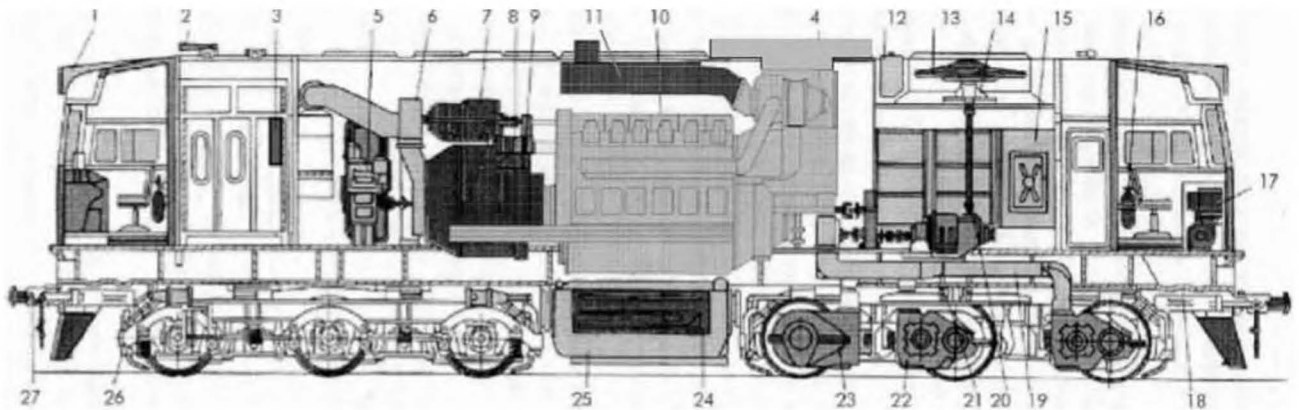


Рисунок 2.6 - Розташування основних машин та обладнання в локомотиві М62 з двигуном 12CzN26/26

1 - прожектор; 2 - комплект низькочастотних і високочастотних гудків; 3 – високовольтна камера; 4 -повітряний фільтр; 5 - головний компресор; 6 - вентиляційний канал; 7, - двохмашинний агрегат; 8 – синхронний підбуджувач; 9 - головний генератор; 10 - двигун внутрішнього згоряння; 11 - глушник; 12 - розширювальний бачок охолоджуючої рідини; 13 - вентилятор радіатора; 14 - підшипник приводу вентилятора; 15 - радіаторний блок; 16 - ручний вогнегасник; 17 - блок обігріву та вентиляції кабіни, 18 - опора локомотива; 19 - вентиляційний канал; 20 - приводний вал; 21 - поворотний палець; 22 - тяговий двигун; 23 - осьова шестерня; 24 - ящик з акумуляторними батареями; 25 - паливний бак; 26 - рама візка; 27 – ударно-тягові пристрої.

Результатом заміни двигуна внутрішнього згоряння стало впровадження наступних нових систем вузлів і супутнього обладнання:

- очищувач повітря з припливним каналом;

- самоочисний масляний фільтр;
- випускний колектор;
- система вентиляції впускного колектора;
- автоматична система контролю температури води і масла;
- розширювальний бачок з показчиком рівня охолоджуючої рідини;
- система опалення Webasto;
- нові магістралі масла, палива та охолоджуючої рідини, необхідні для підключення існуючих систем до нових систем та агрегатів.

Інші роботи з модернізації локомотива включали:

- використання нових еластомерних буферів категорії С типу КХ-ZC4;
- установка нових і перевірених відбивачів і сигнальних ламп;
- установка склоочисників і омивачів з електроприводом;
- впровадження приладів для вимірювання кількості дизельного палива в баку;
- монтаж приладів і систем, пов'язаних з безпекою руху, тобто СА, ШП і РС;
- встановлення нової приймально-передавальної системи Ruylandia та антени Radmor;
- модифікація реєструючого і показового швидкостеміра;
- впровадження системи пожежної сигналізації та виявлення та встановлення стаціонарної системи пожежогасіння (ідентичної тій, що використовується для базових локомотивів);
- встановлення системи змащення гребенів коліс Rebs;
- вбудовані сучасні, ергономічні сидіння для персоналу.

Слід також зазначити, що запроваджені модернізаційні зміни не торкнулися високо- та низьковольтного електрообладнання, а система управління генераторною установкою та локомотивом була збережена.

На рис. 2.7-2.11 показані нові або модернізовані вузли і їх і компонування.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд вбудованого двигуна внутрішнього згоряння 12CzN 26/26



Рисунок 2.8 – Загальний вигляд масляного фільтра Болла-Кірха



Рисунок 2.9 – Загальний вигляд на вбудовані пристрої автоматичного регулювання температури



Рисунок 2.10 – Загальний вигляд обігрівача Webasto



Рисунок 2.11 – Загальний вигляд системи змащення гребенів коліс

*a* – резервуар для масла і блок управління; *b* - форсунка

*Ремоторизація локомотива М62М виробництва Rail Polska для власних потреб*

Тепловоз М62М був модернізований на базі комплектуючих тепловозу стандартної колії типу М62 (серія СТ44), побудованого заводом в Брянську (Росія), і тепловоза з двигуном GM, побудованого компанією Electro-Motive з США.

Модернізація даного локомотива полягала у наступному:

- заміна генераторної установки (застосовано двигун GM типу 645E3B потужністю 2238 кВт та головний генератор типу AR10A7B з випрямлячем) та зміна системи керування локомотивом;
- зміни в системах змащення та охолодження двигуна внутрішнього згорання;
- модернізація кабін управління в у частині пульта управління, сидінь, тепло- і звукоізоляції, а також облицювання стін, стель і підлоги;
- встановлення системи СА, SHP, RS, національної приймально-передавальної системи типу Koliber та електронних швидкостемірів T130П;
- впровадження галогенного зовнішнього освітлення та червоних сигнальних ламп, а також використання омивачів та склоочисників з електроприводом;
- впровадження гальмівної системи Oerlikon замість гальмівної системи Matrosov;
- монтаж світлової та звукової сигналізації та стаціонарної системи пожежогасіння інертними газами;
- застосування нового повітряного компресора, що приводиться в рух колінчастим валом ДВС через гнучку муфту;
- заміна вентиляційної системи локомотива і тягових електродвигунів

Основним результатом модернізації стало збільшення потужності приблизно до 2240 кВт, що дозволило використовувати локомотив для приводу важких вантажних поїздів.

Загальний вигляд локомотива показаний на рис.2.12, а розташування основних машин і устаткування - на рис.2.13.



Рисунок 2.12 - Локомотив М62М переобладнаний та модернізований компанією Rail Polska для власних потреб

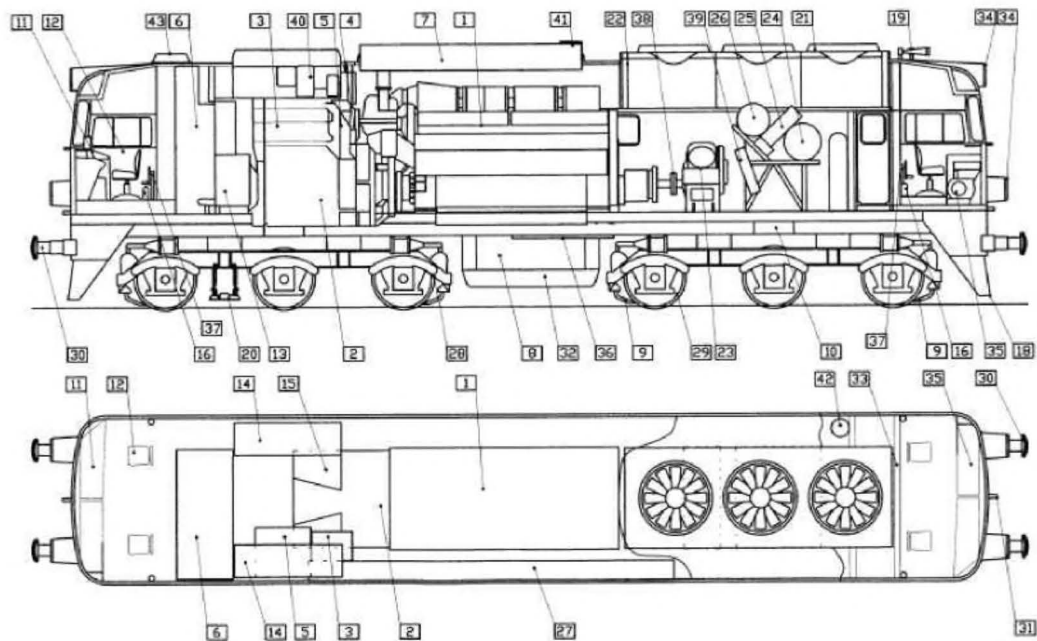


Рисунок 2.13 - Розташування машин та обладнання в модернізованому локомотиві М62М

1 - двигун внутрішнього згорання 16-645 ЕЗ; 2 - головний генератор АR10 та додатковий (змінного струму) генератор D14; 3 - генератор власних потреб 74В постійного струму, 18 кВт; 4 - вентилятор головного генератора та генератор змінного струму; 5 - вентилятор тягового двигуна; 6 - електрична шафа управління; 7 - глушник випуску; 8 - акумуляторні батареї; 9 – пісочниця і труби; 10 - пісочний бак; 11 - стіл машиніста; 12 - сидіння машиніста; 13 - повітряний фільтр електричної шафи; 14 – інерційні фільтри (10 - з правого боку, 13 - з лівого боку); 15 - фільтри повітряні двигуна, паперові; 16 – вогнегасник, закріплений в кабіні; 17 - водяний охолоджувач двигуна внутрішнього згорання; 18 - колієочишувач; 19 - тифони; 20 - соленоїд ШП; 21 - вентилятор водяного

охолоджувача ДВС; 22 – секція радіатора; 23 - повітряний компресор; 24 - масляний фільтр двигуна; 25 - масляний радіатор двигуна; 26 - водяний бак двигуна; 27 - повітропровід тягового двигуна; 28 - гальмівна колодка; 29 - тяговий двигун; 30 - бампер; 31 – тяговий гак; 32 - паливний бак; 33 - стіна машинного відділення; 34 – буферні ліхтарі; 35 - електрообігрів кабіни машиніста; 36 - головні повітряні резервуари; 37 - ручне гальмо локомотива, кабіна А і Б; 38 - коробка передач; 39 -повітряний фільтр; 40 - вентилятор пилокамери інерційного фільтра; 41 - випускний колектор; 42 - стаціонарна система пожежогасіння "СУПОН"; 43 - Залізнична радіоантена.

Вигляд окремих модернізованих систем і агрегатів подано на рис. 2.14 – 2.18.



Рисунок.2.14. -Вид модернізованої кабіни управління тепловоза М62М



Рисунок 2.15 - Вид модернізованих шаф управління тепловоза М62М



Рисунок 2.16 - Вид модернізованого моторного відсіку тепловоза М62М



Рисунок 2.17 - Двигун внутрішнього згоряння - загальний вигляд перед установкою на тепловоз М62М

*Розширена ремоторизація, проведена компанією «Песа» Бидгощ для потреб ПКП «Карго» та ПКП LHS.*

Внаслідок хороших результатів в модернізації декількох локомотивів для потреб приватних операторів, компанія «Pesa», Бидгощ приступила до розширеної ремоторизації тепловозів СТ44 на базі двигуна 12CzN 26/26 для потреб ПКП «Карго» і ПКП LHS. Всього в розширену ремоторизацію (а точніше неповну модернізацію) було включено близько 55 локомотивів.

Незалежно від ширини колії (1435 і 1520 мм), обсяг розширеної ремоторизації включав:

- заміна двотактного двигуна внутрішнього згоряння 14Д40 на чотиритактний двигун 12CzN 26/26 Коломенського заводу;
- регулювання навісного обладнання двигуна відповідно до сфери застосування;

- заміна муфт в системах допоміжного приводу
- заміна низько- та високовольтного електрообладнання з одночасною заміною контакторів на безазбестові



Рисунок 2.18. Головний генератор з випрямлячем - загальний вигляд перед складанням до локомотива М62М

- модернізація тягово-зчіпних пристроїв з еластомерами в буферах та амортизаторах;
- встановлення нового допоміжного генератора на напругу постійного струму 24В та заміна акумуляторної батареї з кислотної на лужну;
- монтаж галогенних прожекторів і сигнальних ламп (в існуючі корпуси);
- модифікація системи стисненого повітря, в тому числі з використанням нового гвинтового компресора;
- монтаж масляної системи змащення гребенів коліс;
- встановлення нової системи виявлення та оповіщення про пожежу та сучасної стаціонарної системи пожежогасіння;
- реконструкція кабін управління з повною модифікацією панелей приладів;
- застосування системи охолодження кабіни управління.

Загальний вигляд модернізованого локомотива показаний на рис.2.19, а розташування машин і устаткування - на рис.2.20.



Рисунок 2.19 – Загальний вигляд модернізованого тепловоза

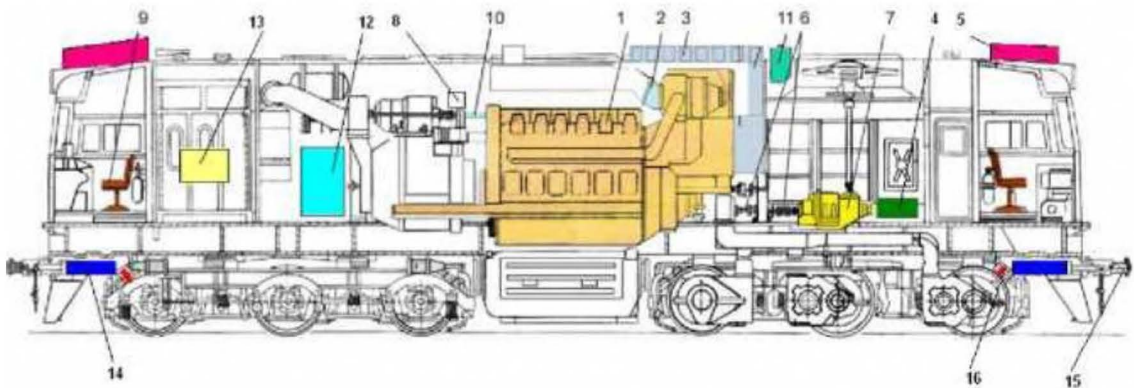


Рисунок 2.20 - Компонування нового та модернізованого обладнання, машин та агрегатів.

1 – двигун 5-26DG з масляним фільтром Boll & Kirch; 2 - колектор, що з'єднує двигун з глушником; 3 - двоступеневий повітряний фільтр; 4 - водонагрівач WEBASTO; 5 - даховий кондиціонер; 6 - приводи з боку холодильної установки; 7 - серводвигун SART; 8 - допоміжний генератор 24В постійного струму; 9 - кабіна машиніста з новим обладнанням; 10 - приводи з боку генератора; 11 - розширювальний бак для води; 12 - гвинтовий компресор; 13 - лінійний і пусковий контактори; 14 - апарат еластомерної муфти; 15 - еластомерний буфер; 16 – система змащування гребенів коліс REBS

У порівнянні з обсягом ремоторизації, що описана вище, ремоторизація в поєднанні з частковою модернізацією локомотивів для ПКП «Карго» і ПКП LHS характеризується наступними відмінностями:

Була проведена комплексна модернізація кабіни управління, яка включала в себе:

- встановлення нових ергономічних та функціональних панелей керування;
- сучасні, ергономічні та безпечні сидіння;
- застосування ефективної тепло- і звукоізоляції поряд із застосуванням облицювання стін і стель з поліефірного і скляного ламінату;
- впровадження неслизьких і маслостійких підлогових покриттів;
- впровадження та встановлення дахового кондиціонера та нової системи водяного опалення з регульованим потоком повітря;
- використання нових зовнішніх дзеркал заднього виду та сонцезахисних козирків для передніх вікон;

При модернізації системи стисненого повітря були використані:

- новий гвинтовий компресор;
- кінцеві крани з арекріпаторами;
- нові клапани та екстрене гальмо;
- нові низькочастотні та високочастотні гудки;
- нові манометри;

Був встановлений допоміжний генератор (3 кВт) для живлення дахового кондиціонера. Встановлено блок центрального швидкостеміраа, його головний модуль та перетворювач постійного струму 75/24В.

Встановлена система Metronix, яка призначена контролювати стежити за економією палива з одного боку, і визначати місцезнаходження локомотива і машиніста - з іншого.

Вибрані рішення модернізації, реалізовані на локомотивах серії ST44 для ПКП «Карго» і ПКП LHS, представлені на рис.2.21-2.28.



а)

б)

Рисунок 2.21 - Вид модернізованої панелі управління.

а - основної; б - допоміжної з сучасним кріслом



а)



б)

Рисунок 2.22 - Вид вбудованих електропневматичних контакторів

а - лінійний; б - для запуску ДВС



Рисунок 2.23 - Вид вбудованого гвинтового компресора з гідростатичним приводом



a)



b)

Рисунок 2.24. - Вигляд стаціонарної системи пожежогасіння  
а – балонна установка; б - установка пульта управління і оптико-акустичної сигналізації



Рисунок 2.25 - Вид вбудованого циклонного фільтра з автоматичним відведенням конденсату



Рисунок 2.26 – Вигляд на вбудований допоміжний генератор (24 В, 120А)

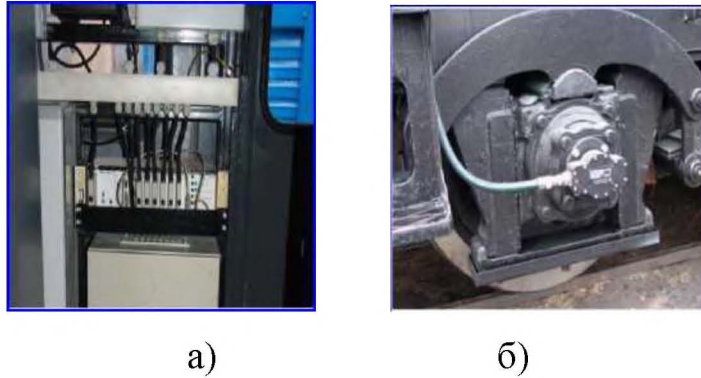


Рисунок 2.27 - Вид центрального блоку швидкостеміра (а) і вбудованого генератора швидкості (б) LZT Metre Blansko



Рисунок 2.28 - Вид вбудованого показчика рівня палива з акустичним індикатором заповнення Ente

### *Модернізація тепловозів - реалізовані та поточні проекти*

В останні роки була проведена модернізація наступних серій тепловозів:

- локомотива серії ST44 для потреб PKP LHS та для "Pol-Miedź-Trans" у виконанні Bumar Fablok Chrzanów
- локомотива типу M62 (маркування 311D) для потреб PKP LHS і планується ввести в експлуатацію вантажні поїзди, що водяться приватними залізничними операторами;

*Модернізація тепловоза ST44 для потреб ширококоліїної металургійної лінії (LHS)*

Модернізований локомотив призначений для ведення великовагових вантажних поїздів на ширококоліїних лініях з широким колом 1520 мм, а після зміни колісних пар може використовуватися і на лініях стандартної колії.

В обсяг модернізації входили:

- використання сучасного двигуна CAT 3516BHD-S.C. потужністю 2240 кВт;
- модифікація систем охолодження, вентиляції, кондиціонування та випуску;
- повна модернізація кабін управління (разом зі збільшенням їх обсягу), включаючи пульт управління, сидіння, ізоляцію і облицювання, а також ряд нових і сучасних приладів і апаратури;
- впровадження системи змащення бандажів і герметизації підвіски тягових двигунів і тягових редукторів;
- використання нової гальмівної системи, стоянкового гальма пружинного типу, компресорної установки з гвинтовим компресором і гальмівних ручок, вбудованих в пульти управління;
- впровадження системи оптичної та акустичної пожежної сигналізації та встановлення стаціонарної системи пожежогасіння;
- впровадження нового гідравлічного приводу головного вентилятора та високоефективних радіаторів;
- установка нового синхронного головного і допоміжного генератора з випрямлячем і заміна ізоляції тягових електродвигунів (від F до H);
- застосування сучасної мікропроцесорної системи управління та діагностики;
- монтаж сучасної системи опалення, що складається з допоміжного блоку та опалювального пункту;
- впровадження нових приводів компресорів, вентиляторів тягового двигуна та нової системи зарядки акумуляторів.

Крім того, були використані нові системи зовнішнього освітлення, акустичних сигналів, а також системи і апаратура, пов'язані з безпекою руху. Загальний вигляд модернізованого локомотива для потреб LHS представлений на рис.2/29, розташування машин і устаткування - на рис.2.30, а на рис.2.31-2.38 - вибрані місця модернізації.



Рисунок 2.29 - Модернізований локомотив СТ44 для LHS

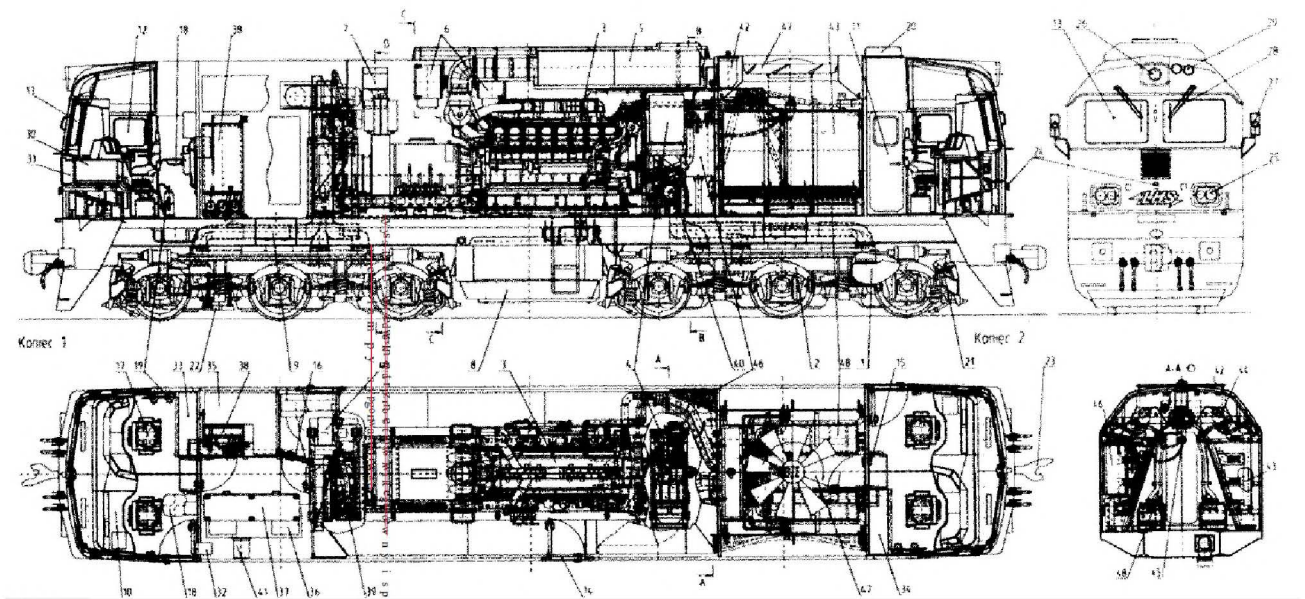


Рисунок 2.30 - Розташування машин та обладнання в модернізованому локомотиві ST44 для LHS

1 - тяговий двигун; 2 - тяговий візок; 3 - головний генератор; 4 - допоміжний нагрівальний вузол; 5 - глушник двигуна основного блоку; 6 - повітряний фільтр двигуна; 7 - вентиляційний канал випрямлячів генератора; 8 - паливний бак; 9 - пісочниця; 10 - стіл машиніста; 11 - зовнішні двері в кабіні машиніста; 12 - бокове скло в кабіні машиніста; 13 - переднє скло; 14 - зовнішні двері в моторному відсіку; 15 - двері в задній стінці кабіні машиніста; 16 - двері в перегородці, електромоторний відсік; 17 - сидіння машиніста; 18 - умивальник; 19 - вогнегасник; 20 - антена; 21 - пристрій змащення гребенів коліс; 22 - соленоїд ШП; 23 - автозчеплення; 24 - роз'єм УІС; 25 - зовнішнє освітлення (нижній прожектор і сигнальна лампа); 27 - дзеркало; 28 - склоочисник; 29 - пневматичні

сирени; 30 - кондиціонер кабіни машиніста; 31 - вхідний канал в конденсатор; 32 - холодильник; 33 - шафа для одягу NN1; 34 - шафа для одягу NN2; 36 - шафа перетворювача; 37 - тягова шафа; 38 - пневматична дошка; 39 - компресорна установка; 40 - вентилятор двигуна - вентиляційний канал; 42 - бачок компонентів охолоджуючої рідини; 43 - радіаторний блок; 44 - глухий привід; 45 - гідравлічний привід ДНІЦ; 46 - гідростатичний масляний бак; 47 - вентилятор радіатора; 48 - акумуляторна батарея.



Рисунок 2.31 - Вигляд головної панелі управління

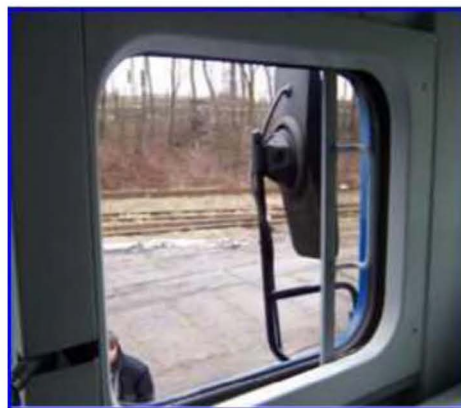


Рисунок 2.32 – Вигляд розсувного вікна



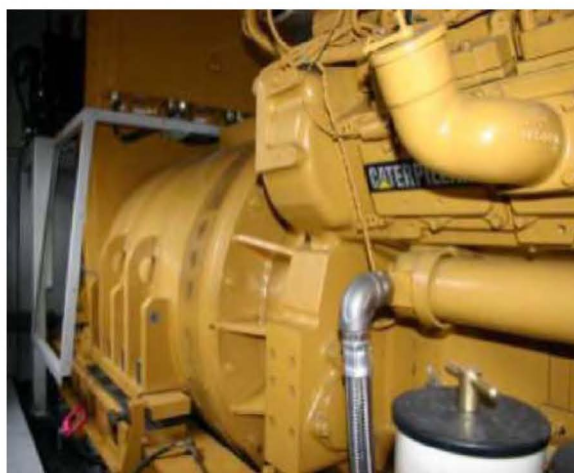
Рисунок 2.33 – Зовнішнє освітлення та сигнальні лампи



Рисунок 2.34 - Стационарні блоки системи пожежогасіння



а)



б)

Рисунок 2.35 - Вид дизельного приміщення

а - двигун з глушником; б - генераторна установка з випрямлячем



Рисунок 2.36 - Вид вбудованої пневматичної плати



Рисунок 2.37 - Вигляд приладів і апаратів в шафі управління



Рисунок 2.38 - Вид головного випрямляча і повітряного компресора

У 2007 та 2008 роках компанія Vumar Chrzanów реалізувала дещо простіший проект модернізації для потреб приватних залізничних операторів. На місці настільного кондиціонера встановили даховий охолоджувач, заодно збільшивши потужність нагріву підпанельних обігрівачів. Крім того:

- замість додаткового допоміжного опалювального агрегату впроваджені підігрівачі Webasto;
- були встановлені буфер і гвинтові муфти;
- впроваджено повноцінні та активні системи безпеки дорожнього руху, тобто СА, ШП та РС.

Модернізація локомотива М62 (311D) для потреб PKP LHS та приватних залізничних операторів

У 2007 році на заводі «Newag» S.A. в Новому Сончі була проведена модернізація локомотива М62 (ST44) з країн колишнього СРСР [20]. У сферу модернізації входило [21]:

- установка інтегрованого приводного модуля (дванадцятициліндровий двигун внутрішнього згоряння GE 7FDL 12EFJ потужністю 2133 кВт, генератор, компресор і вентилятор) виробництва General Electric;
- повна модернізація кабіни машиніста (але без збільшення її обсягу) в плані пульта управління, сидінь, утеплювача і накладок, а також лобового скла і бічних стекол;
- впровадження сучасної мікропроцесорної системи управління ТМ Bright Star і діагностики, а також системи протиковзання;
- модернізація тягових двигунів (збільшення потужності до 305 кВт);
- впровадження пневматичної гальмівної системи Oerlikon (залишаючи стару систему управління).

Крім того, локомотив був оснащений безліччю дрібних апаратів і пристроїв, включаючи зовнішнє освітлення і сигнали, двірники і омивачі з електроприводом, а також нові лобове скло, бічні стекла і зовнішні дзеркала.

Локомотив набув нової форми за зразком локомотивів, що експлуатувалися в США, тобто без типових моторних відсіків.

Вид модернізованого локомотива показаний на рис.2.39, а вибрані агрегати - на рис.2.40 і 2.41.



Рисунок 2.39 - Вид модернізованого локомотива типу 311Д



Рисунок 2.40 – Модернізований пульт управління у локомотиві типу 311Д

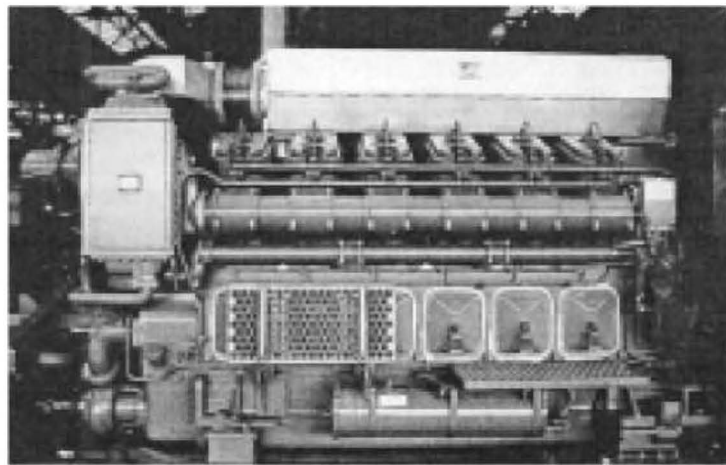


Рисунок 2.41 - Вид дизельного двигуна GE7FDL 12EFJ локомотива типу 311Д

### *Підсумки*

Представлені в короткій формі завершені проекти модернізації, ремоторизації та модернізації окремих тепловозів доводять, що:

- польські заводи з ремонту рухомого складу, у співпраці з власними або зовнішніми конструкторськими бюро, ідеально підготовлені до реалізації проектів модернізації будь-якого типу або серії тепловозів, що експлуатуються в країні, для основних користувачів, що походять з РКР (наприклад, РКР «Cargo»), а також приватних залізничних операторів (наприклад, CTL, PCC Pol-Miedź-Trans);
- польської галузі рухомого складу в сфері виробництва тепловозів не існує і найближчим часом вона повинна бути відновлена.

З представленого обсягу робіт всіх проектів також видно, що з кожним роком збільшується кількість тепловозів, що піддаються процесам та

модернізації, які, з одного боку, приносять значну економію в довгостроковій перспективі в результаті зниження витрати витратних матеріалів і кількості оглядів і ремонтів, а з іншого боку, зменшують вплив на навколишнє природне середовище і також покращують умови праці для них, експлуатація та сервісне обслуговування.

Однак існує безліч проблем і ризиків, пов'язаних з процесом ремоторизації та модернізації, найважливішими з яких є:

- невелика початкова кількість завершених модернізацій однієї серії, часто стає не вигідною для виконавця;
- тривалий період оцінки модернізації, що подовжує терміни реалізації проекту;
- обмеження в переговорах про ціни субпідрядників (ціни за одну-дві одиниці не дуже конкурентоспроможні, а час очікування поставки збільшується);
- збільшення ціни дослідного зразка, пов'язане з підготовкою продукції (у разі відмови від подальшого виробництва повернення понесених витрат не відбувається);
- у зв'язку з невеликою кількістю модернізацій часто використовуються стандартні рішення (доступні з «полиці»);
- складнощі в отриманні технічної та технологічної документації на експлуатацію локомотива та його вузлів після закінчення гарантійного терміну;
- організаційно-технічні труднощі в експлуатації через відмінності по відношенню до інших локомотивів тієї ж серії, що належать користувачеві.

Сподіватимемося, беручи до уваги наведені вище спостереження, що процес модернізації дизельного рухомого складу у поєднанні з раціональним впровадженням на вітчизняний ринок сучасних тепловозів, виготовлених вітчизняною промисловістю, а також закуплених за кордоном, буде раціональним, і за короткий проміжок часу державні та приватні залізничні оператори матимуть сучасні тепловози для XXI століття для виконання своїх транспортних завдань.

### 2.3 Визначення техніко-економічних параметрів модернізованих тепловозів.

Магістральні локомотиви можуть бути односекційними або двосекційними. Кожна секція двосекційного локомотива повинна мати змогу працювати як окремий локомотив.

Усі параметри, що наведені нижче, стосуються однієї секції локомотива.

Типовий пробіг визначено на основі середньої дільничної швидкості руху вантажних поїздів, яка у 2020 році на залізницях України становила 36,3 км/год. Очікується, що для залізниць ЄС значення середньої дільничної швидкості вантажних поїздів не буде вищим.

Виходячи з тривалості безперервної роботи машиністів локомотивів (8 годин) типовий пробіг буде становити 293 км.

Розрахункова маса (вага) поїзда визначена на основі Інтегрованого звіту АТ «Укрзалізниця» (звіт керівництва) за 2020 рік і становить 3200 т (31400 кН).

Розрахункова довжина поїзда визначається на основі даних формування складу. Прийнято, що поїзд буде сформований із вагонів типу 19-765Е виробництва Крюківського вагонобудівного заводу. Даний вагон виготовлений за європейським габаритом IRR (RAI) і має наступні параметри:

маса (вантажопідйомність + маса тари)  $67+23 = 90$  т

довжина – 13,22 м.

Тоді:

типова довжина поїзда (у вагонах)  $3200/90=36$  вагонів;

типова довжина поїзда (в метрах)  $= 36 \cdot 13,22 = 476$  м.

Основними вихідними параметрами локомотива (секції) є:

- вага;
- навантаження на вісь;
- потужність двигуна;
- потужність локомотива;
- тривала сила тяги;
- сила тяги при рушанні з місця;
- керівний ухил;

- розрахункова (тривала) швидкість;
- розрахункова вага поїзда.

Слід зазначити, що ці параметри взаємопов'язані. Їх значення залежать від розрахункової швидкості локомотива. Діапазон розрахункових швидкостей магістральних локомотивів становить 20...50 км/год. Для цього діапазону розрахункова (тривала) сила тяги, потужність локомотива (секції), потужність двигуна та керівний ухил (для поїзда розрахункової маси 3200 т) визначаються на основі наступних міркувань.

Сила тяги при рушанні з місця не може перевищувати силу зчеплення колеса з рейкою (силу статичного тертя).

Сила зчеплення колеса з рейкою визначається за формулою:

$$F_{зч} = P \cdot \psi, \quad (2.1)$$

де  $P$  - вага локомотива, кН;

$\psi$  - коефіцієнт тертя між колесом та рейкою.

Для тепловозів М62

$$\psi = 0,118 + \frac{5}{27,5 + v}. \quad (2.2)$$

Якщо  $v = 0$ ,

$$\psi = 0,118 + \frac{5}{27,5 + 0} = 0,3,$$

і

$$F_{зч} = 1177 \cdot 0,3 = 353 \text{ кН.}$$

Тобто, для ваги секції локомотива 1177 кН (яка не може бути вищою за умови забезпечення міцності конструкції) сила тяги при рушанні з місця становить **353 кН**.

Розрахункова сила тяги, розрахунковий підйом, розрахункова вага поїзда та розрахункова швидкість взаємопов'язані наступними формулами:

$$Q = \frac{F_{\text{кр}} - (w'_0 + i_p)P}{(w''_0 + i_p)g}, \quad (2.3)$$

де  $Q$  - розрахункова маса поїзда, т;

$F_{\text{кр}}$  - розрахункова (тривала) сила тяги, Н;

$w'_0$  - основний питомий опір руху локомотива, Н/кН;

$i_p$  - розрахунковий підйом, ‰;

$P$  - вага локомотива, кН;

$w''_0$  - основний питомий опір руху вагонів, Н/кН;

$g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Основний питомий опір руху локомотива та вагонів при русі по ланковій колії визначається за формулою:

$$w'_0 = 1,9 + 0,01 \cdot v_p + 0,0003 \cdot v_p^2; \quad (2.4)$$

$$w''_0 = 0,7 + \frac{(3 + 0,1 \cdot v_p + 0,0025 \cdot v_p^2)g}{q_0}, \quad (2.5)$$

де  $v_p$  - розрахункова (тривала) швидкість, км/год;

$q_0$  - середнє навантаження на вісь у поїзді, кН.

З формули (3.3):

$$i_p = \frac{F_{\text{кр}} - Pw'_0 - Qgw''_0}{(Qg + P)}. \quad (2.6)$$

Залежність між швидкістю та силою тяги називається «тяговою характеристикою» (рис. 3.1).

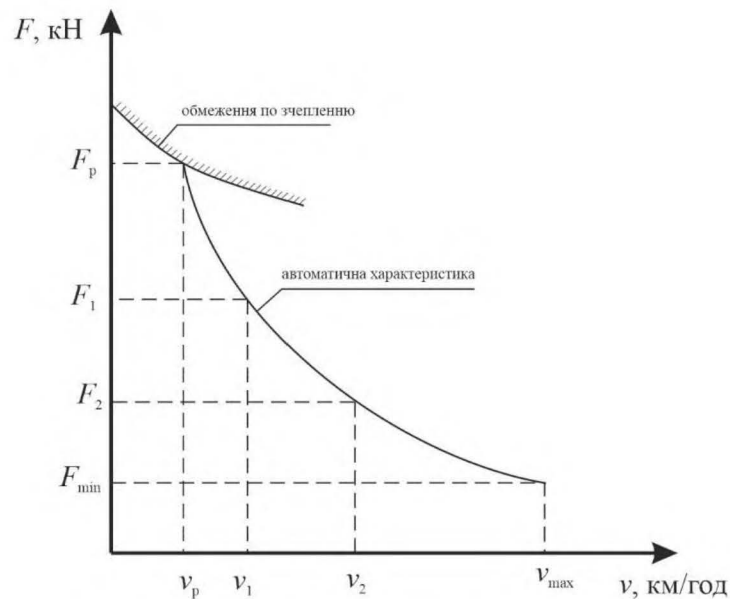


Рисунок 2.42 – Тягова характеристика тепловоза з електричною передачею

Необхідно відзначити, що тягова характеристика має дві криві – крива обмеження по зчепленню та автоматична характеристика. При роботі по кривій обмеження по зчепленню (з  $v=0$  до  $v=v_p$ ) потужність локомотива і, відповідно, потужність двигуна обмежуються, виходячи з наступної умови

$$F = F_{зч} = P \cdot \psi. \quad (2.7)$$

При роботі по автоматичній характеристиці конструктори намагаються досягнути рівності

$$F_p \cdot v_p = F_1 \cdot v_1 = F_2 \cdot v_2 = F_{\min} \cdot v_{\max} = N_{\text{loc}} = \text{const} \quad (2.8)$$

де  $N_{\text{loc}}$  - потужність локомотива.

Співвідношення між потужністю локомотива та потужністю двигуна наступне:

$$N_{\text{eng}} = \frac{N_{\text{loc}}(1+k)}{\eta_{\text{tr}}}, \quad (2.9)$$

де  $k$  - коефіцієнт відбору потужності на допоміжні потреби (для компресора, допоміжного генератора, електродвигунів насосів і т.д);

$\eta_{\text{tr}}$  - коефіцієнт корисної дії передачі.

Для тепловозів з електричною передачею можна прийняти, що

$$\frac{(1+k)}{\eta_{\text{tr}}} = 1,3. \quad (2.10)$$

Тоді

$$N_{\text{eng}} = 1,3N_{\text{loc}}. \quad (2.11)$$

Діапазон значень розрахункової (тривалої) швидкості магістральних локомотивів становить 20...50 км/год. Для вказаного діапазону, з використанням формул (3.4) – (3.11). Результати розрахунку наведені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри модернізованих локомотивів

Розрахункова (тривала) швидкість $v_p$ , км/год	Розрахункова (тривала) сила тяги $F_p$ , кН	Потужність локомотива (секції) $N_{\text{loc}}$ , кВт	Потужність двигуна $N_{\text{eng}}$ , кВт	Розрахунковий підйом $i$ , ‰ (для поїзда масою 3200 т)
20	262,8	1460	1890	7,3
30	241,2	2010	2603	6,5
40	226,1	2512	3253	5,9
50	214,8	2985	3863	5,4

Таким чином, діапазон потужностей двигунів внутрішнього згорання має бути 1890...3863 кВт. У залежності від цього тягові характеристики будуть мати вигляд, який показаний на рис. 3.2.

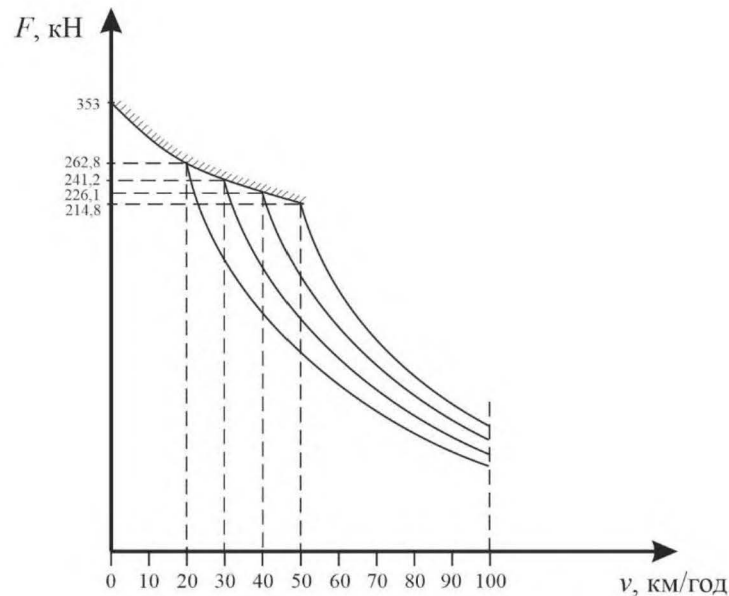


Рисунок 2.43 – Тягова характеристика магістральних локомотивів з електропередачею та з двигунами різної потужності

## 2.4 Розрахунок критерію вартості життєвого циклу модернізованих локомотивів

У зв'язку зі значними коштами інвестиційних проектів, заходи з модернізації локомотивів повинні бути ретельно проаналізовані з точки зору економічної ефективності. Вибір найбільш економічно вигідного варіанту модернізації тепловозів серії М62 може бути здійснено за допомогою економічної оцінки альтернатив за критерієм найнижчої вартості життєвого циклу локомотива (LCC – LifeCycleCost). Такий підхід є більш ефективним і прозорим, ніж такі показники, як чиста економія, коефіцієнт економічної ефективності, внутрішня норма прибутковості і термін окупності. В рамках даного аналізу оцінюються і аналізуються всі статті витрат: витрати на придбання, витрати на експлуатацію і витрати на утилізацію.

Порівняльний аналіз тепловозів М62 для різних варіантів їх модернізації був проведений в Інституті залізничного рухомого складу Краківської

політехніки на основі узагальненої методики визначення ефективності рухомого складу, розробленої фахівцями Інституту [1].

*Основні вихідні дані для аналізу*

Як було визначено у попередньому розділі, максимальна потужність тепловоза після модернізації повинна бути на рівні серійного локомотива, тобто близько 1500 кВт.

Виконаємо оцінку LCC за наступними варіантами модернізації тепловозів серії М62:

- Варіант I - модернізація з використанням дизелів 12ЧН 26/26;
- II варіант - модернізація з використанням дизелів Caterpillar типу 3512B;
- Варіант III - модернізація із застосуванням дизелів MTU типу 12V4000 R41.

У табл.2.2 представлені основні параметри перерахованих вище типів дизелів.

Таблиця 2.2 - Основні параметри дизельних двигунів для модернізації тепловозів М 62

Найменування параметра	Значення для дизеля типу		
	12ЧН 26/26	3512B	12V4000 R41
Номінальна потужність, кВт	1470	1500	1500
Частота обертання колінчастого вала номінальна / холостий хід, об / хв	750/350	1800/600	1800/600
Діаметр / хід поршня, мм	260/260	170/190	170/210
Ступінь стиснення	13,5:1	14:1	16,5:1
Робочий об'єм, л	165,6	51,8	57,2
Годинна витрата палива на холостому ході, кг/год	10	9,5	9,5
Питома витрата палива при номінальній потужності, г/кВт·год	202	208	202
Маса сухого дизеля, кг	10500	6300	6200

Варіанти II і III модернізації передбачають наступні основні роботи: заміна дизеля, установка синхронних тягових і допоміжних генераторів, переробка електричної схеми на варіант змінного струму за допомогою мікропроцесорного контролера системи управління локомотивом, модернізація системи охолодження і подачі повітря дизеля.

В якості варіанту 0 для аналізу LCC був прийнятий серійний тепловоз М62 з дизельним двигуном типу 14Д40.

Для вищевказаних обсягів модернізації тепловозів М62 у структурі LCC визначено витрати на придбання локомотива (капітальні вкладення на модернізацію):

варіант I – 954000,0 євро;

варіант II - 1210000,0 євро

варіант III - 1234 000,0 євро.

Для варіанту 0 приймаються витрати, пов'язані з капітальним ремонтом локомотива.

Для порівняльного аналізу вищевказаних варіантів модернізації тепловозів М62 були використані наступні дані:

- середній пробіг локомотива – 80 000 км/рік;
- середній час роботи дизельного двигуна - 4 000 годин/рік;
- середня витрата палива - 282 080 кг/рік;
- середня витрата масла становить 10 509 кг/рік.

*Визначення експлуатаційних витрат в структури LCC*

У зв'язку з різними схемами, обсягами і трудомісткістю технічного обслуговування і ремонту обраних типів дизелів визначення витрат на планове технічне обслуговування і ремонт локомотивів проводилося на основі нової схеми системи планово-попереджувального ремонту і ремонту тепловозів М62, розробленої для кожного варіанту модернізації. На рис. 2.43 показана схема періодичності технічного обслуговування і ремонту тепловоза М62 з дизельним двигуном 12ЧН 26/26 у вантажних перевезеннях на залізниці.

Витрати на технічне обслуговування і ремонт тепловозів М62, що

проводяться через встановлені проміжки часу, включають в себе вартість запасних частин і трудомісткість робіт. Протягом гарантійного терміну (3 роки) передбачалася вартість однієї робочої години на рівні:

- варіант I - 32 євро;
- варіант II - 40 євро;
- варіант III - 72 євро.

Різна вартість робочої години пов'язана з наявністю або відсутністю сервісу дизельних двигунів даного типу. Після закінчення гарантійного терміну робіт з технічного обслуговування та ремонту дизельних двигунів / тепловозів здійснюються заводом-виробником модернізації.

При цьому при аналізі LLC була прийнята величина вартості робочої години на рівні 25 євро.

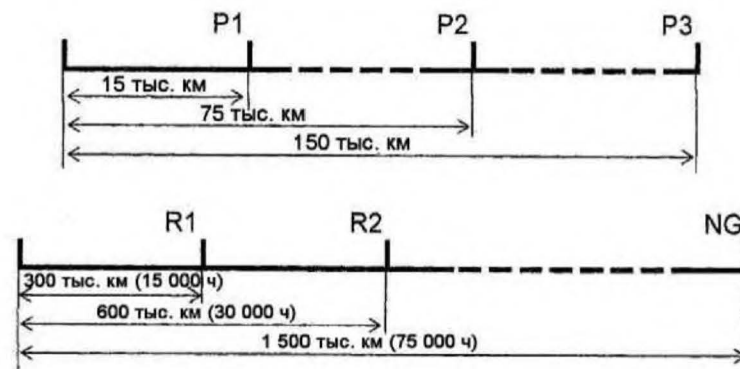


Рисунок 2.44 - Циклічність технічного обслуговування та ремонту тепловозів М62 з дизельним двигуном 12ЧН 26/26:

R1, R2, R3 - технічне обслуговування R1, R2 - періодичні ремонти (ревізії), NG - капітальний ремонт

Для варіанту 0 були прийняті існуючі стандарти періодичності технічного обслуговування і ремонту серійних тепловозів М62.

В результаті розрахунків були визначені значення планового технічного обслуговування модернізованих тепловозів М62 в повному періоді ТО і ремонтів:

- варіант 0 - 1 028 625,0 євро або 51 431,0 євро/рік;
- варіант I - 907 470,0 євро або 48 400,0 євро/рік;

- варіант II - 757 785,0 євро або 42 100,0 євро/рік;
- варіант III - 1 098 605,0 євро або 48 830,0 євро/рік.

З наведених даних випливає, що модернізація тепловоза М62 дає щорічну економію витрат на планове технічне обслуговування та ремонт тепловоза в розмірі: 6,3% на версію тепловоза з дизельним двигуном 12ЧН 26/26; 22,2% з дизельним двигуном 3512В і 5,3% з дизелем 12V4000 R41, в порівнянні з серійним тепловозом М62.

Витрати на позапланове технічне обслуговування тепловозів пов'язані з витратами на поточний ремонт з виведенням локомотива з виведенням локомотива з експлуатації або без нього. При аналізі ССС передбачалося, що вартість поточного ремонту повинна враховувати зниження надійності тепловозів в процесі експлуатації, а у випадку з серійним локомотивом М62 - додатково труднощі з доступом до оригінальних запчастин, в основному до дизеля 14Д40.

Аналіз даних щодо відмов і позапланових ремонтів показав, що протягом року зареєстровано в середньому 21,4 поточних ремонтів тепловозів з виключенням з експлуатації (*MeanTimeBetweenFailure MTBF* = 409,3 години) і 56,7 ремонтів без локомотивної потужності (*MTBF* = 154,5 годин). Середня вартість поточного ремонту склала 550 і 130 євро відповідно.

На основі отриманих даних за допомогою методів прогнозування надійності [22] була оцінена функція інтенсивності відмов  $\lambda(t)$  для локомотива.

Для серійного тепловоза М62 функція  $\lambda(t)$  апроксимується залежністю:

Для поточного ремонту з виведенням локомотива з експлуатації:

$$\lambda(t) = 1,384 \cdot 10^{-3} \cdot t^{0,104}, \text{ відмов/ГОД}$$

для поточних ремонтів без виводу локомотива з експлуатації:

$$\lambda(t) = 4,19 \cdot 10^{-5} \cdot t^{1,1}, \text{ відмов/ГОД}$$

де  $t$  - час роботи локомотива між ревізіями в ремонтному циклі, ч

В ході аналізу передбачалося, що плановий ремонт локомотива в обсязі ревізії відновлює початкові споживчі властивості локомотива.

Для модернізованого тепловоза прийнята постійна частота відмов, яка за розподілом Вейбула, визначає період нормальної роботи тепловоза, при якому виникають випадкові відмови, викликані зовнішніми факторами. Частота відмов ( $\lambda$ ) визначається на наступному рівні:

- для поточних ремонтів з виключенням локомотива з експлуатації  $\lambda = 7,75 \cdot 10^{-4}$  відмов на годину, тобто час між відмовами МТВФ = 1290,3 год;

- для поточних ремонтів без виключення локомотива з експлуатації  $\lambda = 1,875 \cdot 10^{-4}$  відмов /год, тобто час між відмовами МТВФ = 533,3 год.

Виходячи з вищевказаних завдань, були визначені витрати на поточний позаплановий ремонт тепловоза М62, євро/рік за формулою:

$$C_{НР} = [\lambda(t) \cdot 8760] \cdot [C_{МАТ} + (T_{ТР} \cdot C_{РЧ})], \quad (2.12)$$

де  $C_{НР}$  – середня вартість матеріалів для поточного ремонту, євро,

$T_{ТР}$  - середня трудомісткість поточного ремонту, год,

$C_{РЧ}$  - вартість робочої години на поточний ремонт, євро/год.

В результаті розрахунків були визначені сумарні річні витрати на позапланове технічне обслуговування тепловоза М62 за проаналізованими варіантами:

- варіант 0 - 19 318,0 євро/рік;
- варіант I/II/III - 2 104,0 євро/рік.

Таким чином, модернізація тепловоза М62 дає економію на позаплановому ремонті в розмірі близько 86% в порівнянні з серійним локомотивом.

Оцінка витрати палива, при аналізі варіантів модернізації тепловозів М62, проводилася на основі загальноприйнятих методик з використанням характеристик витрат палива дизельними двигунами - рис. 2.45 і середніх

режимів роботи тепловозів М62 у вантажних перевезеннях на залізниці. Ціна дизельного палива була прийнята на рівні 1 294 євро/тонна (1 085 євро/м<sup>3</sup>).

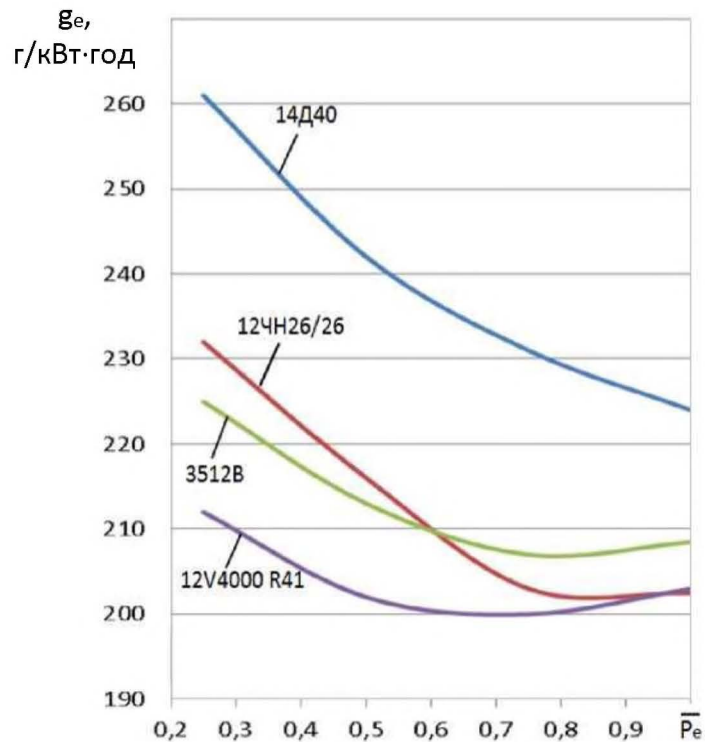


Рисунок 2.45 - Питома витрата палива дизелів за швидкісними характеристиками тепловоза М62

Шляхом порівняння витрати палива дизелів для аналогічних осереднених режимів їх роботи на тепловозах М62 була визначена економія палива в порівнянні з серійним локомотивом:

- варіант I з дизельним двигуном 12ЧН 26/26 - 14%;
- варіант II з дизельним двигуном Caterpillar типу 3512В - 15%;
- варіант III з дизельним двигуном MTU типу 12V4000 R41 - 17%.

Для проаналізованих варіантів модернізації тепловозів М62 витрата палива дизелями на холостих обертах знижується в середньому на 60%.

Оцінка витрат на дизельне масло в аналізі LCC проводилася на основі даних, отриманих від виробників дизеля, з урахуванням вартості рекомендованих ними до застосування марок масел. Для нових дизелів витрата масла становить відповідно: дизель 12ЧН 26/26 - 0,5%; 3512В - 0,22% і 12V4000 R41 - 0,3% від витрати палива. Витрата масла серійного дизеля 14Д40 становить

близько 3,7% від витрати палива. Економія витрат на масло в середньому становить близько 90% для проаналізованих модернізацій.

*Оцінка ефективності модернізації тепловозів серії М62.*

Передбачалося, що аналіз має характер порівняння, що полягає в порівнянні економічних ефектів, отриманих при експлуатації серійного тепловоза, з ефектами, отриманими після його модернізації. Розрахунок сумарних витрат життєвого циклу тепловозів М62 в аналізованих варіантах їх модернізації проводився в 25-річний період їх експлуатації. Аналіз LCC був виконаний для недисконтованих вартісних значень на основі фіксованих цін з рівня 2021 року.

Витрати на утилізацію тепловозів незначні і не враховувалися при визначенні LCC.

На рис. 2.46 наведено порівняння загальних витрат тепловозів М62 на модернізацію тепловозів М62 за 25-річний період їх експлуатації.

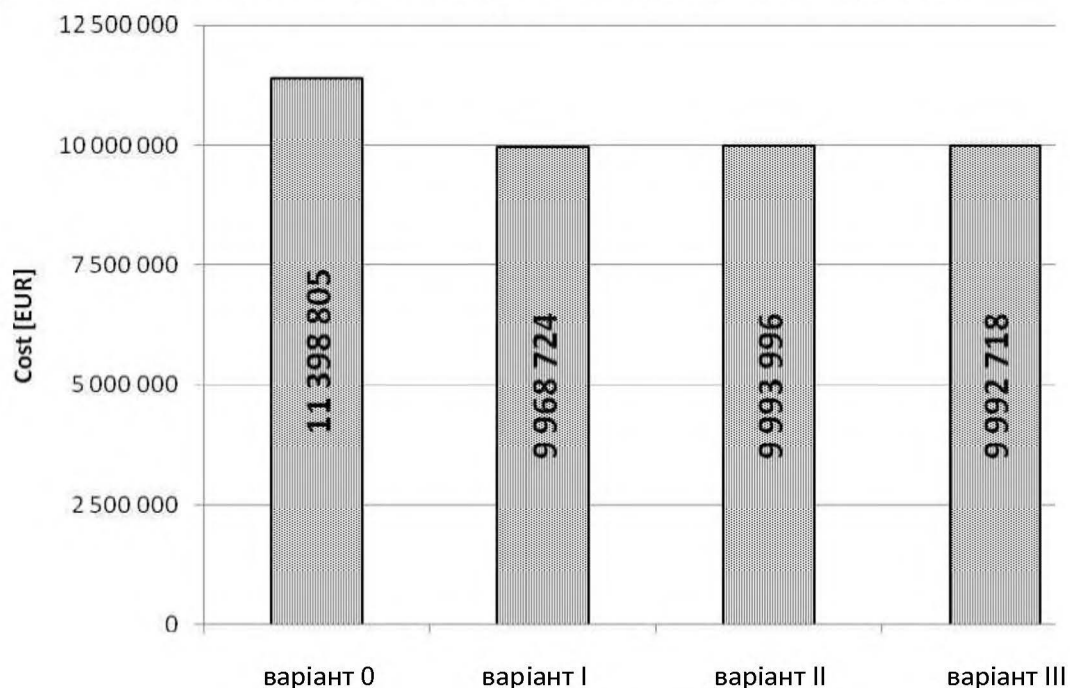


Рисунок 2.46 - Порівняння витрат на проаналізовані варіанти модернізації тепловозів М62

На підставі цих даних можна констатувати, що запропоновані варіанти модернізації тепловозів серії М62 цілком економічно обґрунтовані. Модернізація забезпечує високу фінансову економію в порівнянні з серійним локомотивом і може досягати в районі 1,41 - 1,43 мільйона євро для одного

тепловоза.

Основні категорії витрат у структурі LCC наведені на рис. 2.47. Переважаючими витратами є витрати на паливо (KZP). Найнижчі витрати на придбання, пов'язані з інвестиціями в модернізацію, припадають на I варіант модернізації.

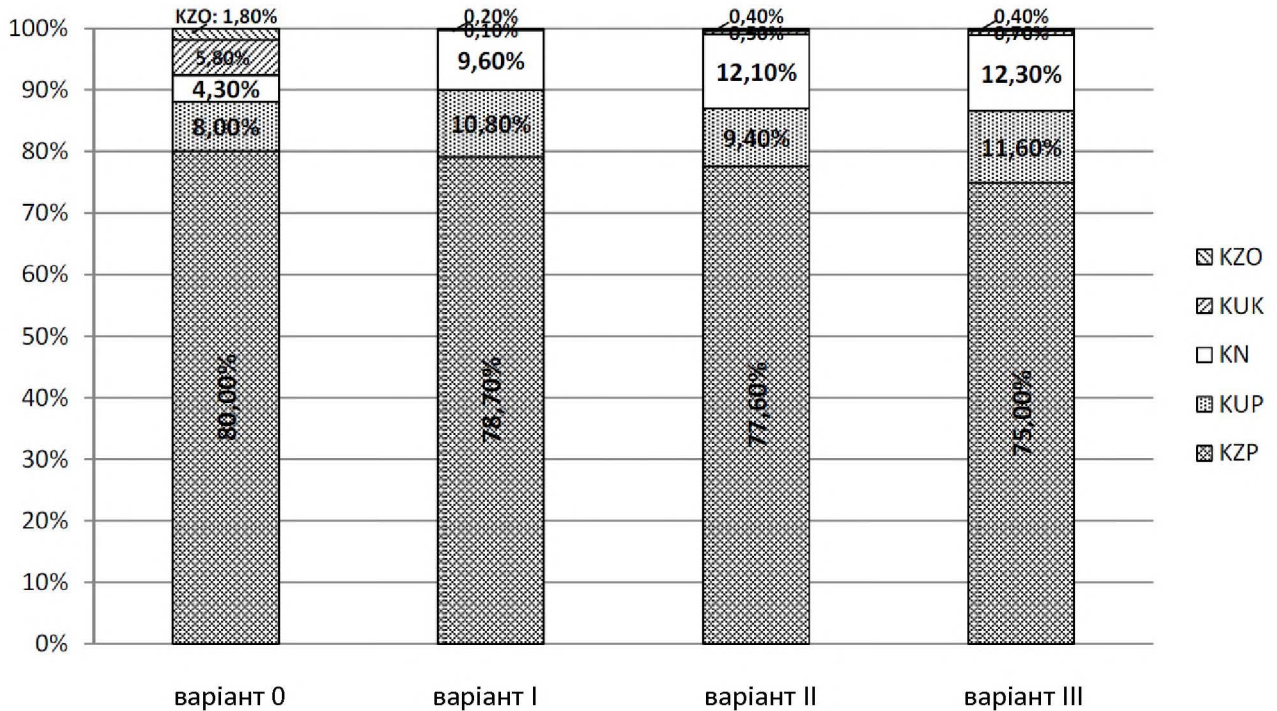


Рисунок 2.47 - Основні категорії витрат в LCC проаналізованих варіантів модернізації тепловозів М62:

KUK – витрати на непланові ремонти та ТО, KUP – витрати на планові ремонти та ТО, KN - витрати на придбання, KZO - витрати на масло, KZP - витрати на паливо

Аналіз даних, отриманих в результаті оцінки ефективності варіантів модернізації - усіх витрат і їх розподілу в LCC локомотива дозволяє прийняти рішення про вибір варіанту модернізації парку тепловозів серії М62.

Порівняння показників продуктивності тепловозів М62, наприклад, за витратами палива, масла, витрат на технічне обслуговування, визначених в рамках аналізу тепловозів М62, з аналогічними даними експлуатаційних випробувань і експлуатації модернізованих тепловозів М62, показало їх задовільну адекватність. Це свідчить про те, що запропонована методика визначення ефективності рухомого складу має достатню точність розрахунків.

## 3 АЛГОРИТМ ДОПУСКУ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОДЕРНІЗОВАНИХ ТЕПЛОВОЗІВ.

### 3.1 Визначення головних термінів

Відповідно до Закону України "Про технічні регламенти та оцінку відповідності" [23]:

**виробник** - будь-яка фізична чи юридична особа (резидент чи нерезидент України), яка виготовляє продукцію або доручає її розроблення чи виготовлення та реалізує цю продукцію під своїм найменуванням або торговельною маркою (знаком для товарів і послуг);

**оцінка відповідності** - процес доведення того, що задані вимоги, які стосуються продукції, процесу, послуги, системи, особи чи органу, були виконані;

**процедура оцінки відповідності** - будь-яка процедура, яка безпосередньо чи опосередковано використовується для визначення того, що задані вимоги виконуються;

**орган з оцінки відповідності** - орган (підприємство, установа, організація чи їх структурний підрозділ), що здійснює діяльність з оцінки відповідності, включаючи калібрування, випробування, сертифікацію та інспектування;

**сертифікація** - підтвердження відповідності третьою стороною, яке стосується продукції, процесів, послуг, систем або персоналу;

**технічний регламент** - нормативно-правовий акт, в якому визначено характеристики продукції або пов'язані з ними процеси та методи виробництва, включаючи відповідні адміністративні положення, дотримання яких є обов'язковим. Він може також включати або виключно стосуватися вимог до термінології, позначень, пакування, маркування чи етикетування в тій мірі, в якій вони застосовуються до продукції, процесу або методу виробництва;

Заявником дозволу на транспортний засіб є фізична або юридична особа, яка подає дозвіл. Закон не встановлює обмежень щодо того, хто може виступати в ролі заявника: це може бути залізничне підприємство, менеджер інфраструктури, виробник, власник або утримувач.

### *Перелік етапів.*

У загальному вигляді процедура постановки продукції на виробництво передбачає наступні етапи роботи:

1. Розробка та затвердження ТУ;
2. Розробка конструкторської та технологічної документації (включаючи технічні умови);
3. Виготовлення та випробування дослідних зразків продукції;
4. Корекція конструкторської та технологічної документації за результатами випробувань;
5. Узгодження та реєстрація технічних умов;
6. Підтвердження відповідності технічним регламентам та/або сертифікація продукції.

Стосовно залізничного транспорту вищевказаний наказ змінено таким чином:

Для нестандартної продукції (на яку відсутні національні або міжнародні стандарти) порядок введення її у виробництво додатково передбачає:

1. Розробка та затвердження ТУ;
2. Розробка, затвердження та реєстрація ТУ.

Для типової продукції (на яку існують національні або міжнародні стандарти) порядок введення її у виробництво передбачає:

3. Узгодження конструкторської документації з Конструкторсько-технологічним бюро рухомого складу;
4. Виготовлення та випробування дослідних зразків (дослідних партій) продукції;
5. Організація та проведення міжвідомчої комісії УЗ (МК);
6. Сертифікація продукції;
7. Отримання умовного номера підприємства.

Питання про те, які з цих пунктів є обов'язковими для імпортного рухомого складу, потребує додаткового дослідження. Але в будь-якому випадку пункт 6 обов'язковий.

### *Процедура сертифікації продукції*

Відповідно до взятого Україною курсу на євроінтеграцію, наразі триває перехід від сертифікації продукції за системою УкрСЕПРО до підтвердження її відповідності технічним регламентам.

Відповідно до постанови Кабінету Міністрів України № 95 «Про затвердження модулів оцінки відповідності...»[24] передбачено 16 модулів оцінки відповідності (модуль - набір уніфікованих процедур оцінки відповідності).

Модуль А (внутрішній контроль виробництва)

Модуль А1 (внутрішній контроль виробництва з проведенням випробувань продукції під наглядом)

Модуль А2 (внутрішній контроль виробництва з проведенням перевірок продукції під наглядом через певні інтервали часу)

Модуль В (експертиза типу)

Модуль С (відповідність типові на основі внутрішнього контролю виробництва)

Модуль С1 (відповідність типові на основі внутрішнього контролю виробництва з проведенням випробувань продукції під наглядом)

Модуль С2 (відповідність типові на основі внутрішнього контролю виробництва з проведенням перевірок продукції під наглядом через певні інтервали часу)

Модуль D (відповідність типові на основі забезпечення якості виробничого процесу)

Модуль D1 (забезпечення якості виробничого процесу)

Модуль Е (відповідність типові на основі забезпечення якості продукції)

Модуль Е1 (забезпечення якості контролю та проведення випробувань готової продукції)

Модуль F (відповідність типові на основі перевірки продукції)

Модуль F1 (відповідність на основі перевірки продукції)

Модуль G (відповідність на основі перевірки одиниці продукції)

Модуль H (відповідність на основі цілковитого забезпечення якості)

Модуль Н1 (відповідність на основі цілковитого забезпечення якості з експертизою проекту).

Вказані модулі детально розписані у Постанові [24].

Стаття 45 Закону [23] передбачає можливість прийняття результатів оцінки відповідності, наданих іноземними органами з оцінки відповідності. Відповідно до цієї статті: „ 1. Результати оцінки відповідності вимогам технічних регламентів, проведеної в іншій державі, визнаються і приймаються в Україні, якщо застосовані в цій державі процедури оцінки відповідності (навіть якщо вони відрізняються від українських процедур) забезпечують такий самий або вищий рівень відповідності вимогам відповідних технічних регламентів, як і українські процедури оцінки відповідності.

. Результати оцінки відповідності (протоколи випробувань, документи про відповідність тощо) вимогам технічних регламентів, проведеної в інших державах, визнаються і приймаються в Україні згідно з положеннями чинних міжнародних договорів України, які передбачають взаємне визнання результатів оцінки відповідності.

3. Призначені органи мають право визнавати і приймати результати оцінки відповідності (протоколи випробувань, документи про відповідність тощо) вимогам технічних регламентів, проведеної іноземними акредитованими органами з оцінки відповідності, на підставі укладених з такими органами договорів про визнання результатів оцінки відповідності, за умови якщо:

національні органи з акредитації, які акредитують органи з оцінки відповідності як в Україні, так і в іншій державі, є членами міжнародної або регіональної організації з акредитації та/або уклали угоду про взаємне визнання з такою організацією стосовно відповідних видів діяльності з оцінки відповідності;

призначений орган на підставі результатів оцінки відповідності (протоколів випробувань, документів про відповідність тощо), проведеної іноземним акредитованим органом з оцінки відповідності, застосовує процедуру оцінки відповідності або її частину та видає документ про відповідність, передбачений цією процедурою, під свою відповідальність”.

### 3.2 Загальні вимоги ТСІ «Лок&Пас» до модернізованих тепловозів.

Як уже було відзначено вище, базовою вимогою до авторизації транспортних засобів для розміщення на ринку (у нашому випадку – допуску модернізованих локомотивів до експлуатації) є відповідність компонентів локомотивів (їх підсистем, складових частин, елементів) вимогам ТСІ. Цим забезпечується технічна сумісність (інтероперабельність) локомотивів з залізничною інфраструктурою на ділянці, на якій передбачається експлуатація модернізованих локомотивів. Нижче наведені посилання на пункти ТСІ «Лок&Пас», у яких викладені вимоги інтероперабельності. Текст ТСІ «Лок&Пас» а також тексти інших ТСІ та відповідні зміни до них у хронологічному порядку їх прийняття знаходяться у вільному доступі на сайті Європейського Залізничного Агенства [25].

Таблиця 3.1 – Загальні технічні вимоги ТСІ «Лок&Пас», які стосуються модернізації тепловозів

Підсистема (складова, елемент) локомотива	Пункт ТСІ «Лок&Пас»
1	2
Кінцевий зчпний пристрій	4.2.2.2.3
Доступ персоналу до зчеплення та розчеплення	4.2.2.2.5
Міцність структури рухомого складу	4.2.2.4
Пасивна безпека	4.2.2.5
Піднімання та піддомкочування	4.2.2.6
Механічні характеристики скла	4.2.2.9
Умови завантаження та вага	4.2.2.10
Габарит – Кінематичний габарит	4.2.3.1
Навантаження на вісь	4.2.3.2.1
Навантаження на колесо	4.2.3.2.2
Параметри рухомого складу, які взаємодіють з підсистемою сигналізації, управління та контролю	4.2.3.3.1

Продовження табл. 3.1

1	2
Умови моніторингу осьових підшипників	4.2.3.3.2
Безпека від сходу з рейок при русі по S-подібних кривих	4.2.3.4.1
Динамічна поведінка у русі	4.2.3.4.2
Граничні значення безпеки руху	4.2.3.4.2.1
Граничні значення навантаження на колію	4.2.3.4.2.2
Еквівалентна конусність	4.2.3.4.3
Конструктивні параметри профілів нових коліс	4.2.3.4.3.1
Експлуатаційні параметри еквівалентної конусності колісних пар	4.2.3.4.3.2
Структурна будова рам візків	4.2.3.5.1
Механічні та геометричні характеристики колісних пар	4.2.3.5.2.1
Механічні та геометричні характеристики коліс	4.2.3.5.2.2
Мінімальний радіус кривих	4.2.3.6
Колієочисники	4.2.3.7
Гальма – функціональні вимоги	4.2.4.2.1
Гальма – вимоги безпеки	4.2.4.2.2
Тип гальмівної системи	4.2.4.3
Екстрене гальмування	4.2.4.4.1
Службове гальмування	4.2.4.4.2
Прямодіюче гальмування	4.2.4.4.3
Стоянкове гальмування	4.2.4.4.5
Ефективність гальм – загальні вимоги	4.2.4.5.1
Ефективність гальм – екстрене гальмування	4.2.4.5.2
Ефективність гальм – службове гальмування	4.2.4.5.3
Розрахунки, що стосуються поглинання теплової енергії	4.2.4.5.4
Ефективність гальм – стоянкове гальмо	4.2.4.5.5
Обмеження характеристики зчеплення між колесом та рейкою	4.2.4.6.1

Продовження табл. 3.1

1	2
Система захисту від проковзування	4.2.4.6.2
Індикація стану гальм та відмов	4.2.4.9
Вимоги до гальм при усуненні наслідків аварії	4.2.4.10
Вимоги щодо захисту навколишнього середовища	4.2.6.1
Вплив повітряного потоку на пасажирів на платформі	4.2.6.2.1
Головне світло	4.2.7.1.1
Габаритні вогні	4.2.7.1.2
Хвостові вогні	4.2.7.1.3
Контроль стану ламп	4.2.7.1.4
Гудок – загальні вимоги	4.2.7.2.1
Рівень гучності попереджувального гудка	4.2.7.2.2
Гудок (захист)	4.2.7.2.3
Гудок (контроль)	4.2.7.2.4
Тягова потужність	4.2.8.1
Дизелі та інші теплові тягові системи	4.2.8.3
Електробезпека	4.2.8.4
Кабіна машиніста – загальні вимоги	4.2.9.1.1
Вхід та евакуація	4.2.9.1.2
Зовнішня видимість	4.2.9.1.3
Внутрішній інтер'єр	4.2.9.1.4
Крісло машиніста	4.2.9.1.5
Стіл машиніста - ергономіка	4.2.9.1.6
Клімат-контроль та якість повітря	4.2.9.1.7
Внутрішнє освітлення	4.2.9.1.8
Лобове скло – механічні характеристики	4.2.9.2.1
Лобове скло – оптичні характеристики	4.2.9.2.2
Лобове скло - обладнання	4.2.9.2.3

Продовження табл. 3.1

1	2
Функція контролю активності машиніста	4.2.9.3.1
Індикація швидкості	4.2.9.3.2
Блок дисплею та дисплей машиніста	4.2.9.3.3
Контроль та індикатори	4.2.9.3.4
Маркування	4.2.9.3.5
Інструменти і портативне обладнання	4.2.9.4
Ніша для зберігання особистих речей персоналу	4.2.9.5
Пристрій звукозапису	4.2.9.6
Протипожежна безпека – вимоги до матеріалів	4.2.10.2
Особливі заходи для легозаймистих рідин	4.2.10.3
Очищення зовнішньої поверхні поїзда	4.2.11.2
Інтерфейс для заправлення води	4.2.11.5
Особливі вимоги до відстою поїздів	4.2.11.6
Обладнання для заправки паливом	4.2.11.7
Загальна документація	4.2.12.2
Документація, що відноситься до технічного обслуговування	4.2.12.3
Експлуатаційна документація	4.2.12.4
Схема піднімання та інструкції	4.2.12.5
Описи, що стосуються ліквідації аварії	4.2.12.6

### **3.3 Алгоритм процесу авторизації у тендерних процедурах і публічних закупівлях.**

АТ «Укрзалізниця» є державною акціонерною компанією залізничного транспорту України, тому всі норми та вимоги щодо державних закупівель повністю стосуються закупівлі локомотивів.

Управління закупівельною політикою розроблено АТ «Укрзалізниця» [26].

Основним нормативним документом є Закон «Про публічні закупівлі» [Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

Наприклад, до війни на сайті державних закупівель „Prozorro” проходили публічні закупівлі електропоїздів для приміського пасажирського сполучення [28]. Детальне ознайомлення з усіма представленими тут документами показує практичну процедуру придбання та авторизації транспортних засобів також для іноземних виробників.

Наприклад, послідовність дій при купівлі електропоїздів така:

а) Ініціатор закупівлі (АТ «Укрзалізниця») оголошує тендер на закупівлю та розміщує тендерну документацію на сайті «Prozorro» або іншому сайті публічних закупівель. Тендерна документація містить додатки та містить наступну інформацію:

- вимоги до постачальника;
- вимоги до технічних і якісних характеристик рухомого складу, у тому числі гарантійного терміну експлуатації всього електропоїзда та його основних частин;
- порядок підтвердження відповідності та необхідні документи;
- умови поставки продукції тощо.

б) у разі визнання переможцем тендеру Учасник повинен розробити технічне завдання та погодити його з ПАТ «Укрзалізниця».

в) Учасник, який буде визнаний переможцем конкурсу, також повинен розробити проектно-технічну документацію (креслення) та завірити її відповідно до Положення про сертифікаційну діяльність на залізничному транспорті України.

г) документи, зазначені в пунктах б) і в), повинні бути підготовлені під час доставки першої одиниці товару.

На основі проведених досліджень можна запропонувати наступну схему постачання локомотивів (включаючи авторизацію) (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Алгоритм сертифікації модернізованих локомотивів

## ВИСНОВКИ

Вирішення актуального питання нестачі тягових засобів на залізницях України є можливим. Одним зі шляхів вирішення даного питання є модернізація локомотивів виробництва бувшого СРСР, базові частини яких володіють значним залишковим ресурсом. При цьому доречним є використання досвіду європейських країн, у першу чергу – Польщі, науковці і виробничники якої розробили і реалізували ряд проектів модернізації локомотивів серії М62 різного ступеня. Окремі з цих варіантів отримали європейський допуск до експлуатації на ринку ЄС.

У випускній кваліфікаційній роботі магістра:

- проаналізовано актуальний стан вітчизняного локомотивного парку, європейський досвід вирішення проблеми його нестачі та розглянуто варіанти його вирішення у порядку пріоритетності;
- на основі європейського досвіду розроблено пропозиції щодо модернізації локомотивів серії М62 з врахуванням вимог інтеперабельності;
- визначено основні техніко-економічні параметри модернізованих локомотивів – потужність силової установки, розрахункову силу тяги і швидкість, силу тяги при рушанні з місця.
- запропоновано алгоритм допуску модернізованих тепловозів до експлуатації в Україні.

Реалізація запропонованих пропозицій покращить стан забезпечення залізниць України тяговими засобами, тобто поставлену у роботі мету можна вважати досягнутою.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Копилов, М. Робочий парк магістральних вантажних тепловозів УЗ у 2021 році скоротився. Сайт RailInsider. [Електронний документ]. Режим доступу: <https://www.railinsider.com.ua/robochyj-park-magistralnyh-vantazhnyh-teplovoziv-uz-u-2021-roczyi-skorotyvsya/>
2. Понад 600 локомотивів УЗ із простроченими термінами ремонтів. Сайт Railway Supply. [Електронний документ]. Режим доступу: <https://www.railway.supply/bolee-600-lokomotivov-uz-s-prosrochennymi-srokami-remontov/>
3. Парк маневрових локомотивів АТ “Укрзалізниця” складає 1253 одиниці. Сайт Railway Supply. [Електронний документ]. Режим доступу: <https://www.railway.supply/uk/park-manetrovih-lokomotiviv-at-ukrzalizniczya-sklada%D1%94-1253-odiniczi/>
4. У приватному тяговому парку в Україні більше 2,5 тис. локомотивів. Сайт Центру транспортних стратегій. [Електронний документ]ю Режим доступу: [https://cfts.org.ua/news/2019/08/12/v\\_chastnom\\_tyagovom\\_parke\\_v\\_ukraine\\_bol\\_ee\\_25\\_tys\\_lokomotivov\\_54685](https://cfts.org.ua/news/2019/08/12/v_chastnom_tyagovom_parke_v_ukraine_bol_ee_25_tys_lokomotivov_54685)
5. Середній знос локомотивів становить 96,8% – дослідження Rail.insider. Сайт RailInsider. [Електронний документ]. Режим доступу: <https://www.railinsider.com.ua/serednij-znos-lokomotyviv-stanovyv-968-doslidzhennya-rail-insider-2/>
6. Diesel-electric freight locomotive Eurorunner ER20 CF for Lithuanian Railways (LG) [Електронний документ]. Режим доступу: <https://web.archive.org/web/20071031173452/http://www.siemens.pl/upload/images/TS-ER20%20CF.pdf>
7. Список рухомого складу Siemens Eurorunner (ER20CF) [Електронний документ]. Режим доступу: <https://railgallery.ru/list.php?mid=242>
8. Estonia’s Operail rebuilds US diesel locomotives. International Railway Journal. [Електронний документ]. Режим доступу: <https://www.railjournal.com/locomotives/operail-rebuilds-ge-locomotives/>

9. CZ Loko відправила ArcelorMittal Кривий Ріг другий маневровий локомотив Сайт Rail Ехро. [Електронний документ]. Режим доступу: <https://railexpoua.com/novyny/cz-loko-vidpravyla-arcelormittal-kryvyi-rih-druhyi-manevrovyi-lokomotyv/>
10. CZ Loko. Офіційний сайт. [Електронний документ]. Режим доступу: <https://www.czloko.com/>
11. Список серій і моделей локомотивів. [Електронний документ]. Режим доступу: <https://railgallery.ru/models.php>
12. Reference projects CZ Loko. Офіційний сайт. [Електронний документ]. Режим доступу: <https://www.czloko.com/reference-projects-1.htm>
13. Директива (ЄС) 2016/797 Європейського Парламенту та Ради від 11 травня 2016 про інтероперабельність залізничної системи в рамках Європейського Союзу [Електронний документ]. Режим доступу: <http://doszt.gov.ua/content/media/Direktiva-797-UA.pdf>
14. Commission Regulation (EU) No 1302/2014 of 18 November 2014 concerning a technical specification for interoperability relating to the ‘rolling stock — locomotives and passenger rolling stock’ subsystem of the rail system in the European Union Text with EEA relevance [Електронний документ]. Режим доступу: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_.2014.356.01.0228.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2014.356.01.0228.01.ENG)
15. European Register of Authorised Types of Vehicles. 11-017-0005-0-001-001 M62 [Електронний документ]. Режим доступу: <https://eratv.era.europa.eu/Eratv/Home/View/11-017-0005-0-001-001>
16. Marciniak Z., Durzyński Zb.: Projekt modernizacji lokomotyw spalinowych serii ST44, Technika Transportu Szynowego, 2005r. nr 9.
17. Marciniak Z.: Dotychczasowe projekty modernizacji lokomotyw spalinowych w Polsce. Technika Transportu Szynowego, 2005r, nr 9.
18. Marciniak Z.: Wyposażenie spalinowych i elektrycznych pojazdów szynowych w układy, zespoły i urządzenia gwarantujące bezpieczeństwo ruchu na polskich liniach kolejowych. Technika Transportu Szynowego, 2006r. nr 7/8 (cz.1) i 2006r. nr 9 (cz.2).

19. Marciniak Z.: Modernizacja lokomotywy spalinowej typu M62 w oparciu o silnik 12 CZN 26/26 – konstrukcja i badania. Technika Transportu Szynowego, 2007r. nr 1/2.
20. Kowalski S., Szewczyk W.: Lokomotywa 311D – sposób modernizację lokomotywy M62/ST44 – Technika Transportu Szynowego, 2008r, nr 3.
21. Kowalski S., Szewczyk W.: Przegląd modernizacji pojazdów szynowych na przykładzie firmy „Newag” S.A. Materiały XVIII Konferencji Naukowej „Pojazdy Szynowe” Katowice-Ustroń.
22. Oprędkiewicz J. Wspomaganie komputerowe w niezawodności maszyn. WNT, Warszawa, 1993. 219 str.
23. Закон України «Про технічні регламенти та оцінку відповідності» [Електронний документ] Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/124-19#Text>
24. Постанова Кабінету Міністрів України від 13 січня 2016 р. №95 « Про затвердження модулів оцінки відповідності, які використовуються для розроблення процедур оцінки відповідності, та правил використання модулів оцінки відповідності» [Електронний документ] Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/95-2016-%D0%BF#Text>
25. Structural TSIs and their amendments, by year (September 2023) [Електронний документ] Режим доступу: <https://www.era.europa.eu/system/files/2022-10/TSIs%20chronology%20table.pdf>
26. Політика управління закупівлями в АТ «Укрзалізниця» [Електронний документ] Режим доступу: <https://www.uz.gov.ua/about/procurement/>
27. Закон України «Про публічні закупівлі» [Електронний документ] Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19#Text>
28. Electric train for passengers transporting of alternating current for suburban passenger traffic; Electric train for passengers transportation of direct current for suburban passenger traffic; Electric train of alternating current for regional passenger traffic [Електронний документ] Режим доступу: <https://prozorro.gov.ua/tender/UA-2021-10-01-009871-b>