

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

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

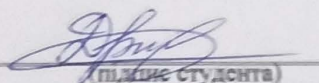
«Транспортна інфраструктура»
(повна назва кафедри)

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

на тему: Дослідження можливостей використання електропоїздів згідно вимог інтероперабельності за освітньою програмою «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

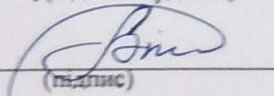
зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ІН2226


(підпис студента)

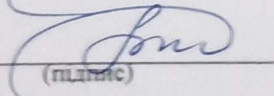
/ Роман ДОЛИНЮК /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/ к.т.н. Микола БАБ'ЯК /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

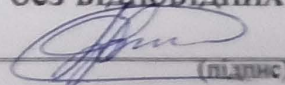
Нормоконтролер:


(підпис)

/ к.т.н. Микола БАБ'ЯК /
(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: Study of the possibilities of using electric trains according to the requirements 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 / Roman DOLYNIUK /

(name, surname)

/ Candidate of Science
(Engineering)

Scientific Supervisor:

Mykola BABYAK /

(position, name, surname)

/ Candidate of Science
(Engineering)

Normative controller:

Mykola BABYAK /

(position, name, surname)

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

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»

Кафедра: «Транспортна інфраструктура»

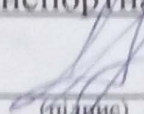
Рівень вищої освіти: «Магістр»

Освітня програма: «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
«Транспортна інфраструктура»


Олексій ТЮТКІН
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата 29.04.2023

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ОС «магістр»
(ступінь вищої освіти)

студенту Долинюку Роману Орестовичу
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження можливостей використання електропоїздів згідно вимог інтероперабельності»

Керівник роботи: Баб'як Микола Олександрович, 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: Результати аналізу українських, європейських та світових рішень щодо використання електрропоїздів та дані, що отримані під час пошуку в Internet.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):
Аналіз стану парку електропоїздів Уззалізниці; Аналіз параметрів сучасних електропоїздів; Вимоги нормативних документів до електропоїздів; Дослідження тягових властивостей електропоїздів згідно вимог інтероперабельності; Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Презентація за матеріалами досліджень, викладених в магістерській роботі (PowerPoint, 6... 8 слайдів).

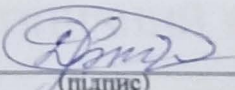
6. Консультанти розділів роботи:

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

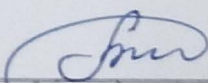
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз стану парку електропоїздів Укзалізниці.	30.10.2023- 12.11.2023	
2	Розділ 2. Аналіз параметрів сучасних електропоїздів.	13.11.2023- 28.11.2023	
3	Розділ 3. Вимоги нормативних документів до електропоїздів	29.11.2023- 10.12.2023	
4	Розділ 4. Дослідження тягових властивостей електропоїздів згідно вимог інгероперабельності	11.12.2023- 24.12.2023	
5	Висновки. Оформлення ВКР.	25.12.2023- 07.01.2024	
6	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	08.01.2024- 14.01.2024	
	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	
	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	Згідно з планом ЕК	

Студент


 (підпис)

 Роман ДОЛИНЮК
 (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


 (підпис)

 Микола БАБ'ЯК
 (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:
76 стор., 30 рис., 11 табл., 69 літературних джерел.

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуте актуальне питання використання електропоїздів згідно вимог інтероперабельності.

Проведено аналіз технічні характеристики сучасних електропоїздів, що використовуються для швидкісного та високошвидкісного руху в світі, а також електропоїздів, що на даний час забезпечують регіональні перевезення в Україні.

Аналізуючи існуючі умови експлуатації рухомого складу України з врахуванням вимог інтероперабельності, найбільш прийнятним варіантом міжрегіонального двосистемного електропоїзда обрана схема з двома головними моторними вагонами, представником яких на даний час є електропоїзд ЕКр1.

Враховуючи світовий досвід та стрімку євроінтеграцію України, а також наявність колії 1520 мм у сусідніх європейських державах, ці електропоїзди можливо використовувати і в міжнародних перевезеннях.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПОЇЗД, РУХОМИЙ СКЛАД ЗАЛІЗНИЦЬ, УКРЗАЛІЗНИЦЯ, ЄВРОСОЮЗ, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПАРКУ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ УКЗАЛІЗНИЦІ	9
2 АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ	14
3 ВИМОГИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ДО ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ	52
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ЗГІДНО ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ	67
4.1 Переваги та недоліки розподілу тягової потужності по довжині поїзда ..	67
4.2 Переваги та недоліки тягових приводів на кінцевих вагонах	69
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72

**ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

АТ «Укрзалізниця»	- акціонерне товариство Українська залізниця
TSI	(Technical Specification for Interoperability) - Технічна специфікація для функціональної сумісності
ПТЕ	Правила технічної експлуатації
ДСТУ	Державний стандарт України
ПТР	Правила тягових розрахунків

ВСТУП

Для кожної країни світу важливим питанням є транспортування вантажів та пасажирів.

Особливо гострим питання пасажирських перевезень постає тоді, коли йде мова про віддаленість проживання населення від великих підприємств, на яких працює значна кількість працівників, або ж потрібно організувати перевезення між обласними центрами, чи між столицею та віддаленими регіонами країни.

Більшість країн світу перейшли на використання швидкісних та високошвидкісних поїздів, але ще є низка країн, де використовуються морально застарілі й фізично зношені електропоїзди.

Україна займає середню ланку, де ще експлуатуються електропоїзди, яким вже немає можливості продовжувати термін експлуатації, а також сучасні імпортні електропоїзди та вітчизняні електропоїзди, що не поступаються світовим моделям.

Проте, коли постає питання про модернізацію старих поїздів, чи придбання нової техніки, у нас завжди виникає питання фінансової спроможності. Хоча потрібно пам'ятати, що не стільки вартість нової техніки впливає на вибір.

Основна задача буде полягати у пошуку грошей на утримання, технічне обслуговування та ремонти техніки.

Тому, в даній магістерській роботі проведено аналіз світових брендів найсучасніших поїздів, та обрано вітчизняний електропоїзд для регіонального сполучення з врахуванням вимог інтероперабельності.

Актуальність роботи підтверджується катастрофічним станом парку електропоїздів, що експлуатуються в моторвагонних депо України, та необхідністю оновлення парку.

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПАРКУ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ УКЗАЛІЗНИЦІ

Один із ключових показників, що свідчить про розвиток індустріальної європейської держави, - це обсяг внутрішніх вантажних та пасажирських перевезень. Україна має 49% вантажообігу та 43,4% пасажирообігу, які припадають на залізничний транспорт.

За даними фахівців, близько 70% обсягу пасажирських перевезень стосується приміського сполучення. Це пояснюється великою концентрацією приміських пасажиропотоків біля великих промислових центрів.

Приміські перевезення на залізницях в основному виконуються моторвагонним рухомим складом (МВРС), включаючи електропоїзди (63% парку МВРС). При цьому основний акцент у розвитку приміських перевезень ставиться на подальший розвиток електричного приміського транспорту.

Щодо стану електропоїздів в Україні, можна зробити висновки, аналізуючи дані з таблиці 1.

Таблиця 1 Інвентарний парк електропоїздів України

Секції електропоїздів	Інвентарний парк	Прогноз	
		Списання	Закупівля
Постійного струму	836	426	476
Змінного струму	615	425	76

Більшість електропоїздів інвентарного парку вже вичерпали свій ресурс. З природним старінням парку електропоїздів та зростанням обсягу перевезень залізниць України необхідне оновлення парку, оскільки значна частина перевезень пасажирів припадає на приміський електрорухомий склад.

Практичне вирішення цієї проблеми вимагає значних матеріальних витрат, особливо в умовах, коли залізничний транспорт не має достатніх засобів на розвиток і оновлення виробничої бази.

На сьогоднішній день понад 74% приміських поїздів, які експлуатуються на залізницях України, працюють з продовженими науково-технічними термінами експлуатації через закінчення нормативних термінів.

З 1589 секцій електропоїздів постійного та змінного струму, 905 секцій працюють з продовженням нормативних термінів [9].

Проблема старіння рухомого складу, зокрема приміського, є однією з найгостріших проблем, які стоять перед Укрзалізницею.

Для вирішення цієї проблеми Укрзалізницею була розроблена «Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки», за якою передбачалося придбати 211 електропоїздів.

За статистикою в Україні більше половини всіх несправностей виникає з вини ремонтних бригад, і певний відсоток несправностей виникає через неправильну експлуатацію електропоїздів локомотивними бригадами.

За видами обладнання несправності електропоїздів розподіляються так (рис. 1):

- механічне обладнання – 47%,
- електроапарати та електричні кола – 26%,
- тягові двигуни – 17%
- допоміжні машини – 10%.

Найвищий рівень пошкодження механічного обладнання електропоїздів виникає внаслідок ушкодження різних частин поїзда, таких як бандажі колісних пар, резино-кордові муфти, редуктор, букси колісних пар, заземлювальні пристрої, автозчіпне обладнання та авторегулятори, відмови в візках, буксове підвішування, тягові електродвигуни, міжвагонне з'єднання, пневматичне та гальмівне обладнання, колісні пари та гасителі коливань. Вихід з ладу в цих вузлах є особливо небезпечним, оскільки може призвести до сходження поїзда з рейок.

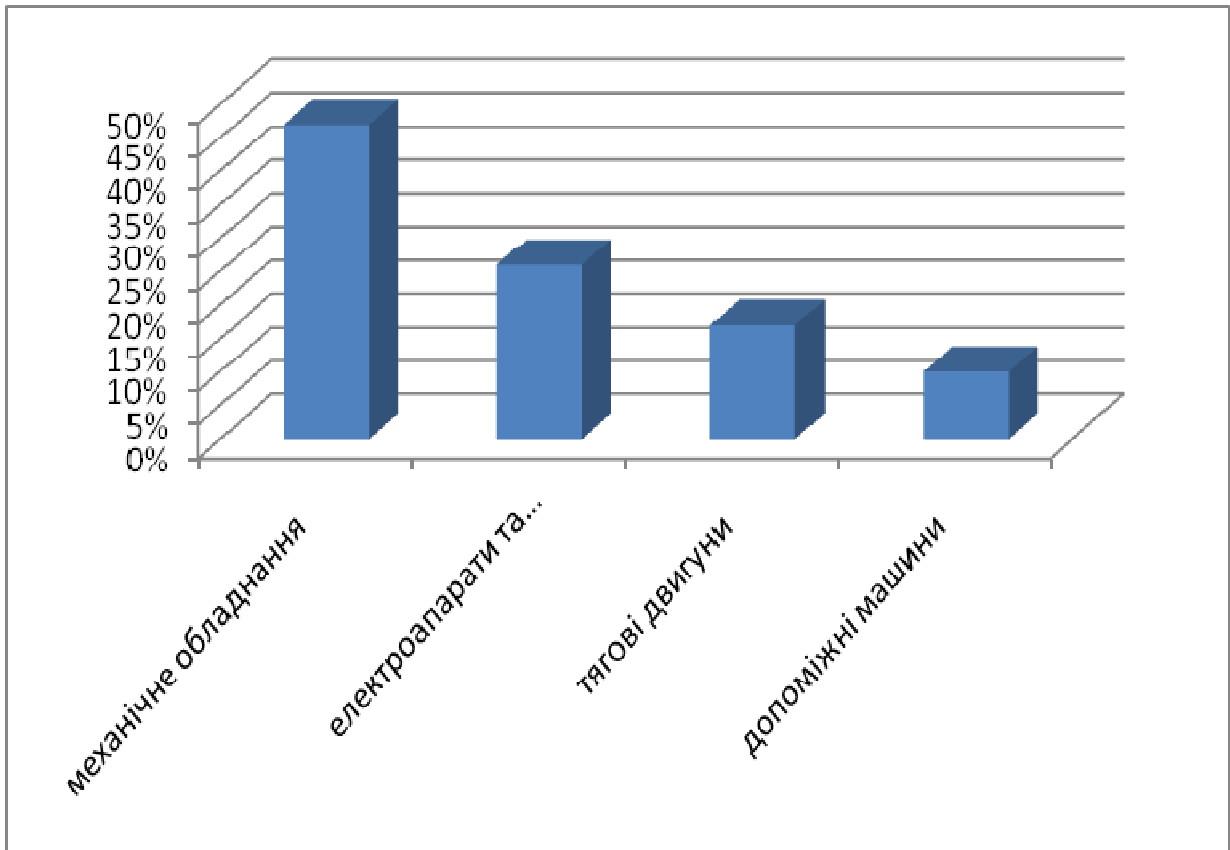


Рисунок 1 – Види несправностей електропоїздів у відсотках

Останні два десятиліття характеризуються постійним недостатнім фінансуванням приміських пасажирських перевезень.

Місцеві бюджети не виділяють кошти для оновлення та ремонту рухомого складу, і лише частково компенсують витрати залізниць на перевезення пасажирів пільгових категорій.

Такі несприятливі умови змушують Укрзалізницю скорочувати рейси технічно непридатних приміських поїздів, оскільки безпека перевезень залишається пріоритетом для залізничного транспорту.

За оцінками фахівців, загальні витрати на утримання парку моторвагонного рухомого складу становитимуть понад 1,6 млрд грн, тоді як на ремонт основних фондів заплановано менше 341 млн грн. Таким чином, дефіцит коштів для цього напрямку діяльності складає понад 1,3 млрд грн.

Щороку Укрзалізниця витрачає близько 700 млн грн на планові ремонти парку приміських поїздів, але цих коштів недостатньо для підтримання моторвагонного парку в належному стані.

Норма Закону України "Про залізничний транспорт", що передбачає придбання електропоїздів для приміського сполучення за рахунок коштів залізниць із залученням коштів місцевих бюджетів та інших джерел, постійно не виконується.

Потреба у таких масштабних інвестиціях викликана значним старінням рухомого парку електропоїздів Укрзалізниці, технічний стан якого не відповідає сучасним вимогам.

Закінчуються нормативні терміни експлуатації більшості електропоїздів, вантажних та пасажирських вагонів та іншого рухомого складу.

Упродовж наступних 10 років через високий ступінь зношеності рухомого складу, Укрзалізниці необхідно оновити 74 відсотка наявного парку.

Новий сучасний рухомий склад значно економніший в обслуговуванні та в експлуатації, таким чином витратна частина на обслуговування нової техніки значно менша, ніж вартість технічної підтримки та постійних поточних ремонтів застарілого рухомого складу.

За умов експлуатації нового рухомого складу прибуток компанії зросте і може бути спрямований на фінансування інфраструктурних проектів та на модернізаційні потреби.

За умови оновлення рухомого складу та забезпечення зростаючого попиту на швидкі якісні перевезення пасажирів.

На цей час інвентарний парк електропоїздів Укрзалізниці складають електропоїзди постійного струму (серій ЕР-1, ЕР-2, ЕР-2т, ЕР-2р, ЕТ-2, ЕД-2т, ЕПЛ-2т) та електропоїзди змінного струму (серій ЕР-9п, ЕР-9м, ЕР-9т, ЕР-9е, ЕПЛ-9т, ЕД-9м) [9].

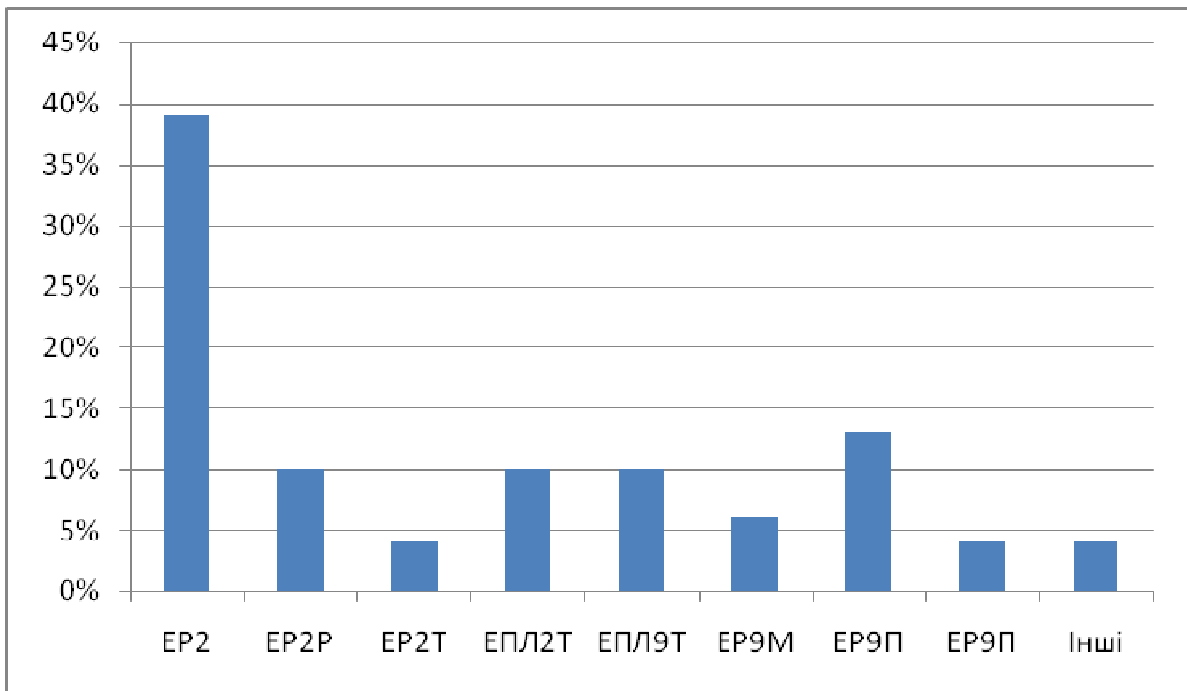


Рисунок 2 - Номенклатура електропоїздів інвентарного парку Укрзалізниці

На рисунку 2 наведені результати аналізу питомих складових інвентарного парку електропоїздів Укрзалізниці. Вони свідчать, що найбільш вагому частину (39% інвентарного парку та 60% парку електропоїздів постійного струму) складають електропоїзди серії EP-2.

Разом з тим, на сьогодні 91% електропоїздів серії EP-2 експлуатуються за межами нормативно встановленого терміну служби, який складає 28 років.

Відповідно до “Комплексної програми оновлення рухомого складу залізничного транспорту України” застарілі електропоїзди EP-2 повинні були замінюватися електропоїздами ЕПЛ-2т виробництва ВАТ “Холдингової компанії “Луганськтепловоз” [8].

Але внаслідок повільної реалізації такого напрямку їх теперішня експлуатація можлива лише через виконання комплексу заходів щодо подовження максимального можливого терміну експлуатації (ще на 15 років).

2 АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Електропоїзд «Алегро» типу «Pendolino Sm6» представляє собою четверте покоління швидкісних поїздів серії ETR600 різних модифікацій, виробництво яких було розпочато фірмою «Alstom» в 1965 р

Поїзд є розвитком існуючої моделі «Pendolino Sm3» для фінських залізниць (VR). Новий поїзд (рис.3) сформований з семи вагонів, організованих у вигляді двох тягових одиниць.



Рисунок 3 – Електропоїзд Алегро

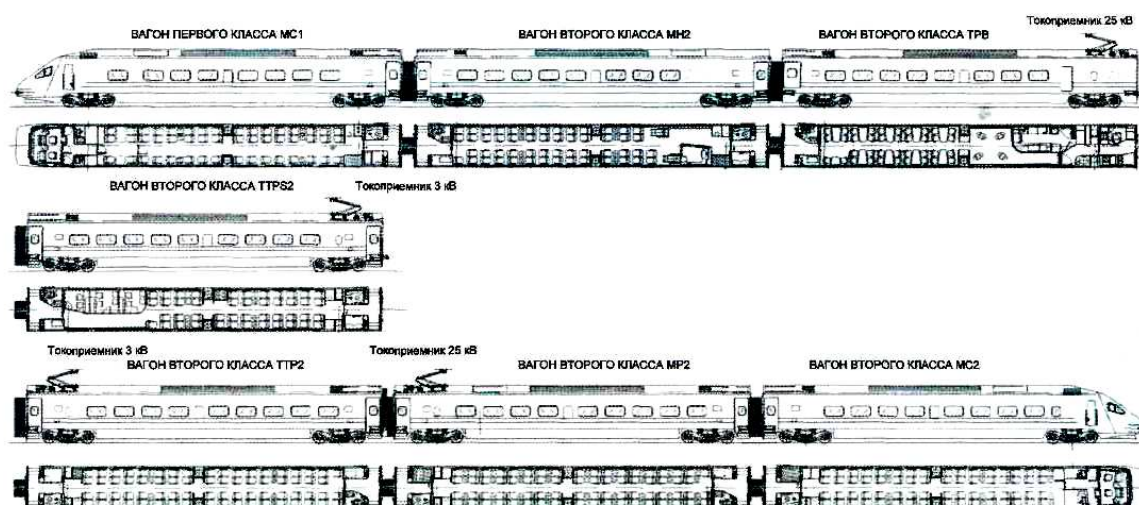


Рисунок 4 – Склад електропоїзда Алегро

Одна з них складається з чотирьох вагонів: двох моторних (МС1, МН2), причіпного (ТРВ) і причіпного вагона з трансформатором (ТТРС2). Друга тягова одиниця утворена з двох моторних вагонів (МС2, МР2) і причіпного вагона, також є трансформаторних (ТТР2) (рис.4) [11].

Поїзд може використовуватися як окремий склад або в поєднанні з другим поїздом. Загальні технічні характеристики поїзда наведені на у таблиці 1.

Таблиця 1 - Технічні характеристики електропоїзда Алегро

Загальна довжина секції поїзда, мм	184 800
Довжина головного вагона, мм	27 200
Довжина проміжного вагона, мм	25 000
Максимальна ширина каркаса кузова, мм	3200
Висота каркаса кузова, мм	3730
Висота верхньої частини даху від верху рейки, мм	4270
Відстань між шкворнями тележок, мм	19 000
Висота рівня підлоги від верху рейки, мм	1 270
Напруга в контактній мережі, кВ	25 змінного струму, 50 Гц; 3 постійного струму
Загальна тягова потужність на ободі колеса, кВт	5500
Максимальна швидкість, км/год	220
Розрахункова маса в робочому стані, т	409
Розрахункова маса в умовах нормального навантаження, т	444,3
Середнє навантаження на вісь (в умовах нормального навантаження), тс	£ 17
Колісна база тележок, мм	2700
Діаметр нових коліс, мм	890 мм

Загальна населеність секції поїзда - 352 посадочних місця + два місця для пасажирів з обмеженими можливостями (підйомники для колясок знаходяться в вагоні – барі):

- МС1 – вагон 1 класу зі схемою розміщення місць 2 + 1;

- в вагоні МН2 передбачені умови для розміщення пасажира з обмеженими можливостями (одне місце і туалет).

Решта всіх вагонів - 2 класу з розміщенням місць 2 + 2.

Вагон ТРВ включає в себе бар і кафетерій.

Кузов виготовлений з алюмінієвого сплаву. Центральна частина складена закритими профілями і поздовжніми стрижнями, що утворюють трубчасту конструкцію. Кінцеві частини конструкції виготовлені з профілів і листового металу.

З метою скорочення приварювання допоміжних конструкцій до профілів конструкції додані Т-образні пази для кріплення поперечних балок під кузовом, обладнання під кузовом, внутрішнього обладнання тощо.

Каркас кузова утворений профілями. Профілі з'єднані між собою за допомогою електричного зварювання. Конструкції рам вагонів МС1 і МС2 схожі, проте, відрізняються різним розташуванням Т-образних пазів.

Кожна сторона утворена різними типами пресованих профілів. Конструкції всіх семи вагонів здебільшого однакові, при цьому конструкції сторін ідентичні один одному.

Вони розрізняються тільки наявністю або відсутністю камери для кондиціонування, а також кількістю і типом вікон і дверей у відповідності з різними типами вагонів. Профілі сторін зварені між собою за допомогою V-подібних зварних швів [11].

Дах виготовлений з п'яти пресованих профілів. Два бічних з'єднані з центральними профілями за допомогою зварювання, в той час як центральні профілі з'єднані між собою V-подібними звареними швами, подібними до використовуваних для підлоги і сторони.

Дахи різних вагонів відрізняються отворами для проводів.

З'єднання між рамою і стороною, а також між стороною і дахом виконуються за допомогою підлозі V - подібних зварних швів.

Конструктивною особливістю поїзда є те, що в його візках передбачена гідравлічна система нахилу кузова, яка дозволяє компенсувати непогашене

прискорення і тим самим підвищити стійкість вагона при проходженні кривих, що дає можливість збільшити швидкість руху в кривих ділянках на 20 км / год.

Система нахилу інтегрована в конструкцію кожного візка і забезпечує можливість нахилу кузова вагона до 8°.

До складу кожної з двох тягових секцій входять два моторних вагона. Тягові асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором (АТД) закріплені на рамі кузова вагона і зв'язані за допомогою карданного валу з осями другої і третьої колісних пар.

Для приведення електропоїзда в рух використовуються вісім тягових двигунів. В основі роботи АТД лежить взаємодія магнітного поля, що наводиться в обмотці ротора, з обертовим магнітним полем, що отримуються в результаті живлення трифазної обмотки статора трифазною напругою.

У порівнянні з машиною постійного струму асинхронний двигун має деякі переваги, такими як велика потужність завдяки більшій довжині активної частини ротора, автоматичний перехід в режим гальмування при перевищенні ротором частоти обертання магнітного поля. Він також надійніший і менш вимогливий в експлуатації.

Електропоїздом серії 0 [11] (рис. 5) була закладена моторвагонна схема формування електропоїзда— схема розподіленої тяги, коли в якості тягової одиниці приймається незалежна секція із двох або більше вагонів на індивідуальних візках.

Кузова вагонів виконувалися цільнозварними із сталених листів, балок і вертикальних стоек. Для обшивки використовувалася сталь товщиною 1,6 мм, стійка до атмосферних впливів.



Рисунок 5 – Електропоїзд серії 0

Конструкція була розрахована на ударне навантаження при зіткненнях $9,81 \times 10^5$ Н і необхідність забезпечення герметичності при перепадах тиску до 4905 Па.

Герметичність досягалася застосуванням невідкриваючих вікон із склопакетів, спеціальною конструкцією дверей вагонів, а також використанням двошарових між вагонних гармошок.

Крісла для пасажирів розташовувались по двом схемам – 2+2 в ряді з шагом між рядами 1160 мм для першого класу і 2+3 з шагом 940 мм для другого.

Вагони оснащувалися системами електричного опалення, примусової вентиляції і кондиціонування.

В нижній боковій зовнішній частині кузова вагона встановлювалися знімні фальшборти висотою 400 мм, частково закривали під вагонне обладнання.

Кожен вагон спирався на індивідуальні двохвісні зі зварними замкненими рамами візка DT 200 з колісною базою 2500 мм.

Колеса діаметром 910 мм мали конусність катання поверхні 1:40. Вони виконувалися цільно катаними з чистовою механічною обробкою по всім поверхням і динамічним балансуванням.

На внутрішніх і зовнішніх сторонах ступиці кожного із колеса розміщувались гальмівні диски, до яких з допомогою кліщових механізмів пневмогідролічним приводом притискалися гальмівні накладки.

Для буксового вузла було прийнято повідкова конструкція. Загальна маса візка склала 10100 кг при необресореній масі 4660 кг.

В електропоїздах серії 0 використовувався тяговий привод 2 класу. Обертний момент від валу тягового двигуна, підвішеного на рамі, за допомогою напівжорсткої зубчастої муфти подавався на колісну пару через редуктор з передаточним відношенням $29:63 = 1:2,17$, який був жорстко закріплений на осі колісної пари.

Електропоїзди мали двохступінчасту систему підвішування вагонів.

В першій ступені використовувалися циліндричні пружини і гідравлічні гасителі коливань.

Для другої ступені використовувалися пневматичні ресори спочатку балонного, а потім діафрагмового типу.

Електропоїзди серії 0 формувались із 8 – ми 2 – вагонних секцій, кожна із яких має свою силові і допоміжні кола, а також систему керування. Ці кола і системи побудовані в відповідності з прийнятою схемою електропривода на базі колекторних двигунів постійного струму, регульованих за рахунок зміни амплітуди змінної напруги на вторинній обмотці трансформатора і використання реостатів в колі випрямленого струму.

Силове коло включає струмоприймач, апаратуру захисту, трансформатор з номінальним значенням на вторинній обмотці потужності 1500 кВ·А, напруга 2261 В, і струму 663 А, індуктивний фільтр, випрямляч, згладжуючий реактор, тягові двигуни з номінальним значенням потужності

185 кВт, напруга 415 В, струму 490 А і пускорегулювальні реостати. Перемикач напруги трансформатора, має 25 позицій, може змінювати напругу від 348 до 2435 В.

Електропоїзда серії 100 [11] (рис. 6) призначалися для діючих ліній Токайдо і Саньє з метою підвищення на цих лініях швидкостей руху до 240 км/год.



Рисунок 6 – Електропоїзд серії 100



Рисунок 7 – Електропоїзд серії 200

Електропоїзд серії 200 (рис. 7) повинен був забезпечувати перевезення пасажирів на споруджуваних до сходу від Токіо ліній Тохоку і Дзоєцу, котрі характеризувалися складним профілем колії по пересіченій місцевості.

Поставленої мети вдалося досягнути завдяки застосуванню схем електроприводу, використання в якості тягових двигунів колекторні машини пульсуючого струму, живлячись від тиристорного перетворювача з фазним керуванням.

Такого роду двигуни практично при тих же габаритах і масі, що і у двигунів серії 0, забезпечували потужність на 24 % більше – 230 кВт.

В результаті маса електрообладнання у електропоїздів серії 100 знизилась до 100 тон (142 тон у серії 0).

Візки моторних вагонів DT 202, аналогічні по конструкції візкам DT 200, стали важити 9870 кг при невідрахованій масі 4630 кг, а загальна маса електропоїзда знизилась на 40 тон. В результаті максимальне навантаження на рейки від колісної пари у електропоїздів другого покоління серії 100 і 200 стала не більше 15 тон.

В електропоїзді серії 100 (рис. 6) для зовнішньої обшивки кузовів вагонів використовувалася нержавіюча сталь. Відрізнявся цей електропоїзд і конфігурацією складу – із 16 вагонів 12 були моторними, а 4 всередині складу - причіпними двоповерховими. Це було зроблено для забезпечення більш комфортних умов проїзду пасажирів з метою більш широкого їх залучення до поїздів на швидкісних залізницях.

На причіпних візках вагонів в додаток до електропневматичного фрикційного гальма розміщувалися і вихрові гальма.

Лобова частина кінцевих вагонів стала більш обтічна.

Електропоїзд серії 200 (рис.7) формувалася із 12 одноповерхових моторних вагонів, з'єднаних в 2 – вагоні секції. Зовнішня обшивка вагонів виконувалася із алюмінію.

В порівнянні з електропоїздами серії 0 і 100 він мав велику енергоозброєність – 12,43 кВт (у електропоїзда серії 0 цей показник 9,18, а у

серії 100 – 8,56). Це забезпечувало рух електропоїздів серії 200 з необхідною швидкістю на затяжних підйомах Тохоку і Дзосцу.

Рясні снігопади, властиві цим районам, зажадали прийняття спеціальних заходів щодо виключенню потрапляння снігу в системи охолодження і вентиляції, а також ефективного видалення снігу зі шляху. Повітрозабірники вагонів оснащені відцентровими сепараторами, що відділяють повітря від снігу.

Конструкція щитків путеочістителей створює завихрення нижньої частини фронтальної повітряної хвилі, що забезпечує викид снігу за межі рельсошпальної решітки.

Електропоїзди серії 400 (рис.8) призначені для експлуатації на лініях Тохоку і Ямагата.



Рисунок 8 – Електропоїзд серії 400

Цим обумовлені два значення його граничних швидкостей і напруги живлення. На Тохоку – 240 км/год і 25 кВ, на Ямагата – 130 км/год і 20 кВ. В силу меншого габариту лінії Ямагата ширина вагона прийнята 2947 мм і розміщення крісел по схемам 2+1 для першого класу і 2+2 – для другого.

Тут були застосовані технології, властиві електропоїздам третього покоління.

Перше – це екстер'єр. Максимально обтічна форма лобової частини опускаються майже до рівня головки рейки кожуха, що закривають збоку під кузовне обладнання.

Друге конструкція візка (DT 204). Вона була виконана з рамами Н подібної форми, без підресорених балок, з плоскими резинOMETALІЧЕСКИМИ амортизаторами в першій ступені ресорного підвішування, повідкової конструкції кріплення буксового вузла паралелограмного типу і колесами діаметром 860 мм.

Оскільки лінія Ямагата мала криві з радіусом 400 м, колісна база була прийнята рівною 2250 мм. Максимально питома навантаження на вісь 13 тон. Тому, незважаючи на високий рівень енергоспоживання – 0,0527 кВт/пас·км – електропоїзди серії 400 можна по праву вважати передвісником електропоїздів третього покоління.

Технічні дані електропоїздів серії 0,100,200,400 показані в таблиці 2.1

До електропоїздів 3 – го покоління рухомого складу Японії Сикансен відносяться електропоїзди серії 300, 500, 700. Допустима швидкість руху порівняно з електропоїздами 2 – го покоління зросла на 15 % і досягла 270...300 км/год. Задовільну динаміку взаємодії колеса з рейкою вдалося забезпечити багато в чому завдяки зниженню навантаження на вісь колісної пари.

Таблиця 2 – Рухомий склад першого і другого покоління

Серія електропоїзда	0	100	200	400
Рік випуску	1964	1982	1985	1992
Кількість вагонів	16	12	16	6
Максимальна швидкість, км/год	220	240	240	240
Кількість пасажирів	1285	885	1285	395
Розміри, м				
довжина електропоїзда	400	303	395	128,2
ширина вагона	3,38	3,38	3,38	128,2
висота вагона	3,975	4,00	4,00	3,97
Матеріал корпусу	сталь	алюміній	сталь	сталь
Маса складу, т	970	702	930	278
Кількість візків	32	24	32	12
Навантаження на вісь, т	<16	<15	<15	11,5 (13 макс.)
Система електропостачання	~25 кВ, 60 Гц	~25 кВ, 50 Гц	~25 кВ, 60 Гц	~25/20 кВ, 50 Гц
Кількість струмоприймачів	8	6	6	2+1
Потужність тягового приводу, МВт	11,9	11	11	5
Кількість ТЕД × Потужність, кВт	64×185	48 × 230	48 × 230	24 × 210
Енергоспоживання, кВт×год/пасхкм	0,0417	0,0518	0,0357	0,0527

Це стало наслідком використання сучасних матеріалів і технологій. Для виготовлення кузовів вагонів використовувалися зварні стільникові конструкції з великорозмірних екструдованих елементів на базі алюмінієвих сплавів.

У ходової частини застосовувалися полі осі, корпусні елементи буксових вузлів і редукторів, а також елементів підвіски тягових двигунів із

алюмінієвих сплавів. Але визначним стало впровадження тягового асинхронного електропривода.

Всі елементи системи передачі потужності такого електропривода створювалися виключно у взаємному зв'язку. Так, досягнути для тягових двигунів питомої маси 1,42...1,26 кг/кВт при потужності в одиниці виконання 275...420 кВт вдалося за рахунок підвищення частоти обертання роторів до 3010...6120 об/хв і напруги на обмотці статора до 1430...2400 В. Це стало можливим завдяки зниженню діаметра коліс до 860 мм, збільшенню передатного відношення редукторів до значень 1:2,93...1:3,04, а також підвищенню напруги на вторинній обмотці трансформаторів до 1220 В.

Тягові трансформатори з одиничною потужністю до 5400 кВА мають питому масу 0,83...0,74 кг/кВА. Групове живлення тягових двигунів при задовільному регулюванні сили тяги і електричному гальмуванні дозволило отримати питому масу для перетворювачів 2,23...1,98 кг/кВт.

В результаті з'явилися раціональні схеми формування електропоїздів, коли незалежна секція компонується із 3...4 вагонів, частина з яких є причіпними. Як це все вплинуло на зниження маси електропоїздів, показано в таблиці 3. Завдяки асинхронному електроприводу і приданню електропоїздам більш обтікаючих форм вдалося знизити рівень енергоспоживання до 0,037...0,034 кВт·год/пас·км.

Належний комфорт забезпечений плавністю ходу електропоїзда. Для цього використані візки з рамами Н – образної форми як із підресореними, так із непідресореними балками, а також автоматична і напівавтоматична системи гасіння коливань як між візками і вагонами, так і між вагонами.

Вимоги високого рівня надійності задоволено багаторазовим резервуванням пристроїв рухомого складу, обумовленим прийнятою схемою розподіленої тяги, а вимога ремонтпридатності – блочно-модульної конструкцією систем перетворення енергії, охолодження і контролю, доступ до вузлів яких забезпечений з обох сторін рухомого складу. Технічні дані електропоїздів 3 – го покоління показані в таблиці 4.

Таблиця 3 - Вагові показники електропоїздів Сінкансен

Тип електропоїзда	0	100	300	500	700
Маса, т					
Загальна	970	930	710	688	708
Електричного обладнання	142	100	74	68	62

Таблиця 4 – Рухомий склад електропоїздів третього покоління

Тип електропоїзда	300	500	700
Рік випуску	1993	1996	1999
Кількість вагонів	16	16	16
Максимальна швидкість, км/год	270	300	285
Кількість пасажирських місць	1123	1324	1323
Розміри, м			
довжина електропоїзда	395	404	405
ширина вагона	3,38	3,38	3,38
висота вагона	3,65	3,69	3,65
Матеріал корпусу	алюміній	Алюміній	алюміній
Маса складу, т	710	688	708
Кількість візків	32	32	32
Навантаження на вісь, т	11,3	10,8	11
Система електроспоживання	~25 кВ, 60 Гц	~25 кВ, 60 Гц	~25 кВ, 60 Гц
Кількість струмоприймачів	3	2	2
Потужність тягового приводу, МВт	12	18,2	13,2
Кількість ТЕД × Потужність, кВт	40 × 300	64 × 285	48 × 275
Енергоспоживання, кВт×год/пас×км	0,0336	0,0459	0,037
Тип двигуна	асинхронний тяговий двигун з короткозамкненим ротором		

Електропоїзда серії 300 (рис. 9) формувалися із п'яти секцій, в кожному з яких входять два моторних вагона і одного причіпного.



Рисунок 9 – Електропоїзд серії 300

Виключення становить одна секція в кінці електропоїзда, яка включає 4 вагони (2 причіпних) (рис.10).

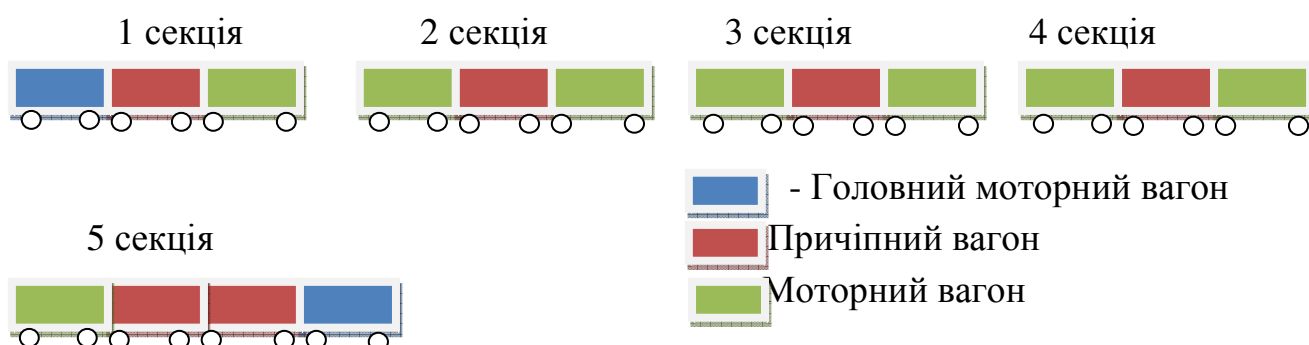


Рисунок 10 – Склад електропоїзда серії 300

В схемі тягового електропривода від одного загального на секцію трансформатора живляться дві групи із 4 тягових двигунів, ввімкнених паралельно, кожна з яких розміщена на двох візках одного вагона.

Регулювання кожної групи двигунів забезпечується за допомогою автономних інверторів напруги (АІН), які отримують живлення від 2 паралельно ввімкнених 4 –квADRANTНИХ перетворювачів (4q-s). Перетворювачі виконані на базі запираючих GTO – тиристорів.

Для візків використана Н – образна конструкція рам без кінцевих балок, що складається із лівої і правої поздовжніх балок коробчастого перетину, зварених із 8 мм сталі SM490YA, з'єднаних поперечними сталевими трубами STKM18V з товщиною стінок 9 або 12 мм.

Колеса діаметром 860 мм насаджені на полу вісь. Корпусні елементи буксових вузлів і редукторів виготовлені із алюмінієвих сплавів. Все це дозволило створити візок масою 6600 кг при необресореній масі 3500 кг.

Висока якість динаміки руху забезпечила використанням букс-балансирів, пов'язаних з рамою візка пружинними ресорами з розміщеними всередині гумовими циліндрами, а також вертикальних і поздовжніх гідравлічних гасителів коливань.

Електропоїзд серії 500 [11] (рис. 11) був створений з метою організації руху в регулярній експлуатації зі швидкістю 300 км/год.



Рисунок 11 – Електропоїзд серії 500

Опір руху вдалося зменшити завдяки поліпшенню аеродинаміки електропоїздів. По-перше, до $10,2 \text{ м}^2$ зменшено поперечний переріз вагона, за формою наближається до кола. По-друге, з метою надання більш обтічних обрисів змінена конфігурація лобової частини головного і кінцевого вагонів. Її довжина становить 15 м.

По-третє, максимально згладжені поверхні бічних стінок кузовів (різниця рівнів зовнішніх поверхонь менше 3 мм) і конструктивних елементів ходової частини, а під кузовне обладнання закрито екранами.

Маса кузова одного вагона склала 5,6 тон, а електрообладнання на рухомий склад – 68 тон. В підсумку – навантаження на вісь всього 10,8 тон.

Електропоїзда серії 500 можуть бути 16 – і 12 вагонної складових, так як формуються із електричних незалежних ідентичних 4 – вагонних груп (рис.12). Всі вагони моторні.

В одному із вагонів групи розміщується допоміжне обладнання і компресори, в другому – тяговий трансформатор, а в двох інших – по два полу провідникових силових перетворювачів, від кожного із яких живляться тягові двигуни двох візків одного вагона.

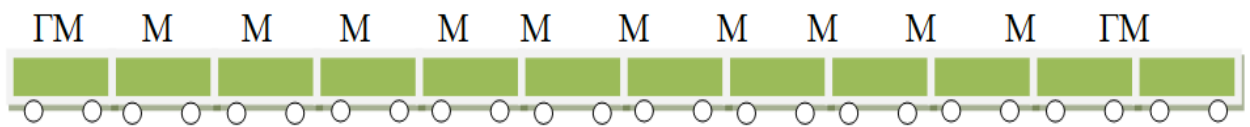


Рисунок 12 – Склад 12-ти вагонного електропоїзда серії 500

Броневий трансформатор кожної групи потужністю 5400 кВА мають в силовій схемі первину і 4 вторинних обмоток, виконаних із алюмінію і ізолюючих комбінуванням поліамідного паперу і плівки. Алюмінієві обмотки відрізняються високим значенням повного опору і можуть витримувати великі струми короткого замикання. Вибір такої конструкції і матеріалів дозволив зменшити габарити і масу трансформатора разом з системою охолодження до 4200 кг.

Виходячи з величини активної складової опору напруги вторинної обмотки трансформатора було піднято до 1100 В, а напруга на проміжковому ланцюзі постійного струму перетворювача – до максимально допустимого 2400 В, що дозволило зменшити габарити тягових двигунів.

В якості елементної бази перетворювачів взяті запираємі ГТО-тиристри, виконані в вигляді герметичних модулів. Ввімкнені в інверторну

ланку тиристорів зворотної полярності дозволило скомпонувати відносно просту схему. Згладжуючий ланцюг для зменшення втрат, виконана по схемі трикутника.

Перелічені вище заходи дозволили отримати самий потужний тяговий привод – 18,24 МВт (у серії 300 – 12 МВт) при масі 68 тон (у серії 300 – 74 тон) і забезпечити швидкість 300 км/год (серії 300 – 270 км/год), але при значно більшому енергоспоживанні – 0,0459 кВт·год/пас·км, проти 0,0336 кВт·год/пас·км у електропоїздів серії 300.

Електропоїзд серії 700 став наступним кроком в напрямку отримання співвідношення ціни і якості можна назвати створені компаніями JRCentral і JRWest (рис.13).



Рисунок 13 – Електропоїзд серії 700

При потужності тягового привода 13,2 МВт він забезпечує перевезення такого ж, як і електропоїзд серії 500, кількості пасажирів зі швидкістю 285 км/год з енерговитратами 0,037 кВт·год/пас·км.

Ці показники вдалося забезпечити за рахунок поліпшення аеродинамічних властивостей, що дозволило приблизно на 15 % знизити опір руху при швидкостях порядку 250 км/год.

Як видно із рисунка 13, обтікателі носових частин кінцевих вагонів мають складну конфігурацію при довжині 9,2 м. Вони запобігають появі турбулентності повітряного потоку вздовж як головного, так і хвостового вагонів.

Знизити масу електрообладнання і підвищити ефективність його роботи дозволило використання в якості елементної бази тягових перетворювачів біполярних транзисторів з ізолюючим затвором IGBT, розрахованих на напругу 2,5 кВ, струм 1 кА і тактову частоту 1500 Гц (GTO-тиристри допускали 4,5 кВ, 3 кА, 420 Гц).

В результаті високочастотна складова втрат в трансформаторі при використанні IGBT-транзисторів склала всього 4 % від низькочастотної, в той час як для GTO-тиристорів цей показник був 22 – 53 %.

Електропоїзд серії 700, як і електропоїзд 500, формується із 4 – вагонних груп і може мати 12 – і 16 – вагонів виконання.

Але на відміну від електропоїзда серії 500 в групу входять 3 моторних вагона і 1 причіпний. Конфігурація схеми електропривода має 3 ланки (рис.14).

На причіпному вагоні розміщується допоміжне обладнання, на одному із моторних вагонів розташовується тяговий трансформатор, а на двох інших моторних вагонах – тяговий перетворювач (на одному – два, на другому – один).

Трансформатор потужністю 4160 кВА і масою 3100 кг живиться через три вторинних обмотки напругою 1220 В, 4 – квадрантні перетворювачі з напругою постійного струму на виході 2400 В.

Підключення до цієї напруги живлять 3 групи з'єднаних паралельно по 4 асинхронних двигунів потужністю 275 кВт, 3010 об/хв, діаметром 458 мм, довжиною 717 мм і масою 392 кг.

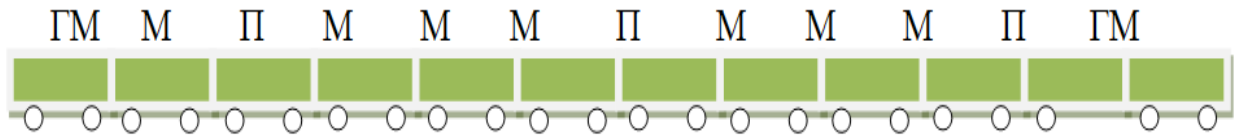


Рисунок 14 – Склад 12-ти вагоного електропоїзда серії 700

Плавність ходу підвищена за рахунок поліпшення конструкції візків і використання напівактивної системи гасіння коливань як у центральній системі ресорного підвішування, так і між вагонами.

Без шкворневий візок виконаний з рамою Н – образної форми без кінцевих брусів і підресорених балок.

В першій ступені ресорного підвішування застосовані букси-балансири з циліндричними пружинами і гідравлічними гасителями коливань.

Електропоїзд AGV [11] (Automotricea Grande Vitesse, високошвидкісний електропоїзд), значно відрізняється від попередніх трьох поколінь (рис.15).

Всі AGV побудовані по класичній схемі з головним і кінцевим моторними вагонами, що сильно обмежує максимальне навантаження на вісь (в Європі вона складає 17 тон).

AGV представляє собою електропоїзд з розподіленою тягою – моторні візки, забезпечують тягу, розподілені уздовж електропоїзда під полом вагонів. Це стало можливим завдяки появі досить потужних, але компактних синхронних електродвигунів з постійними магнітами.



Рисунок 15 – Електропоїзд AGV

Як і електропоїзда TGV попередніх поколінь, AGV мають зчленовану конструкцію - тобто колісні візки розташовані не під вагонами, а між ними. Це дозволяє зменшити кількість візків, поліпшити акустичний і вібраційний комфорт, а також підвищити безпеку, оскільки при сходженні з рейок потяг залишається єдиним цілим і не «складається» (поїзди TGV за час експлуатації тричі сходили з рейок на швидкостях від 250 до 300 км/год , при цьому лише кілька пасажирів отримали легкі травми).

Багато елементів AGV пройшли перевірку практикою - зокрема, синхронні електродвигуни з постійними магнітами і моторні візки були встановлені на модифікованому TGV Duplex, який 3 квітня 2007 року на високошвидкісній лінії Est (Схід, Париж-Страсбург) досяг рекордної швидкості 574,8 км/год .

Для установки рекорду на поїзді були встановлені більші колеса, на ділянці лінії збільшено натяг дrotів контактної мережі та піднято напругу живлення (з 25 до 30 кВ).

Метою був не тільки сам рекорд, але і перевірка різних систем - тягової, струмознімання, гальмівної. Деякі з них, наприклад моторні візки з синхронними двигунами, використовуються зараз в конструкції AGV.

Були також отримані цінні дані з аеродинаміки, акустиці і вібрації, що дозволило поліпшити комфорт пасажирів AGV.

Зовнішній вигляд AGV продиктований в основному міркуваннями аеродинаміки, яка відіграє важливу роль в економічності електропоїзда на швидкості 360 км/год.

«Профіль носової частини оптимізований з точки зору опору повітря, а щоб ще більше підкреслити високі швидкості. Довгий носовий обтічник приховує систему пасивної безпеки - деформує зону, здатну поглинути 4,5 МДж енергії при зіткненні з перешкодою. Широкі «плечі», що прикривають перший моторний візок, допомагають боротися з аеродинамічним шумом, а з робочого місця машиніста можна контролювати понад сто функцій і показників» [11].

AGV побудований за модульним принципом. Кожен модуль складається з трьох вагонів, оснащених двома моторними візками і двома звичайними, тяговою системою і трансформатором, розташованими під підлогою.

Головний і кінцевий моторні вагони також оснащуються моторними візками. До складу електропоїзда входить вагон, під підлогою якого розташовується додаткове обладнання.

Зчленована конструкція електропоїзда, тобто розташування візків між вагонами, в порівнянні з класичною конструкцією дозволяє зменшити кількість візків, що спрощує технічне обслуговування, підвищує акустичний і вібраційний комфорт. Все це збільшує жорсткість електропоїзда в поздовжньому напрямку і підвищує безпеку пасажирів.

Потяги AGV розраховані на популярні напруги живлення, що використовуються в Європі 25 кВ (50 Гц) - найпоширеніша європейська система для сучасних високошвидкісних електропоїздів.

Але для забезпечення сумісності передбачено живлення від 15 кВ, стандартизоване в Німеччині, Швейцарії, Австрії, Норвегії та Швеції, а також 1,5 і 3 кВ постійного струму (на старих лініях).

Електропоїзд HRCS2 є моторвагонним рухомим складом з розподіленою тягою.

Частина вагонів електропоїзда мають двигуни, а частина ні. Цим електропоїзд HyundaiRotem нагадує вітчизняні електропоїзди, які побудовано за таким принципом (рис.16) [5].



Рисунок 16 – Електропоїзд HyundaiRotem HRCS2

В обох кінцях електропоїзда знаходяться кабіни управління, що забезпечують легку зміну напрямку руху. Електропоїзд складається з дев'яти вагонів.

У електропоїзді Hyundai Rotem HRCS2 швидкість може доходити до 160 км/год.

Електропоїзд спеціально розроблений для залізниць України з шириною колії 1520 мм.

Електропоїзд може курсувати на електрифікованих ділянках колії з постійним струмом напругою 3000 В і змінним струмом напругою 25000 В, частотою 50 Гц. Технічні дані електропоїзда показані в таблиці 5 [7].

Таблиця 5 – Технічні дані електропоїзда

Рід струму і напруги в контактній мережі	3кВ/~25кВ
Конструкційна швидкість	176 км/год
Кількість вагонів в складі	9
Пасажироемкість	579 людей
Довжина вагона	21700 мм
Ширина вагона	3500 мм
Висота вагона	4275 мм
Матеріал вагона	оцинкована сталь, алюміній
Тип ТЕД	Асинхронний
Прискорення	0,7 м/с ²
Гальмування	електродинамічне, електропневматичне, пневматичне

Кількість вагонів у складі електропоїзда 9.

Передбачена експлуатація двох зчленованих поїздів.

Електропоїзд має двокласну компоновку вагонів: «перший клас» і «другий клас», всі місця сидячі.

Вагони першого класу - 2, 5, 8; другого - 1, 3, 4, 6, 7, 9.

У вагонах першого класу крісла розташовані по два в два ряди, в стандартних вагонах - по два і три в два ряди.

Загальна кількість місць в поїзді – 579. Місця I класу знаходяться в причіпних вагонах (три вагони по 56 місць кожен), а II класу в шести моторних вагонах.

Два місця для інвалідів знаходяться в першому головному вагоні.

На кожному головному і моторному вагоні встановлено по чотири асинхронних тягових електродвигуна номінальною потужністю 250 кВт (двигуни з'єднані в чотири паралельні групи), які отримують живлення від 4QS перетворювача і інвертора.

Технічні дані приведенні в таблиці 6.

Таблиця 6 – Технічна специфікація ТЕД

Тип	3 – фазний, 4 – полюсний короткозамкнений асинхронний двигун
Безперервна потужність	250 кВт, 2300 СКЗ В, 80 СКЗ А, 110 Гц
Годинна потужність	275 кВт, 2300 СКЗ В, 88 СКЗ А, 110 Гц
Охолодження	Самовентиляція
Розрахункова швидкість	3240 об/хв
Максимальна робоча швидкість	4951 об/хв (при 160 км/год, 790 мм діаметра колеса)
Випробування на підвищеній швидкості	5941 об/хв
Коефіцієнт передачі	4,61 (106/23)
Вага двигуна	740 кг

Електропоїзд формується з двох моторних головних, трьох причіпних і чотирьох моторних вагонів за схемою: 01МГ + 02Пте + 03М + 04М + 05Пте + 06М + 07М + 08Пте + 09МГ (рис. 17) [5].

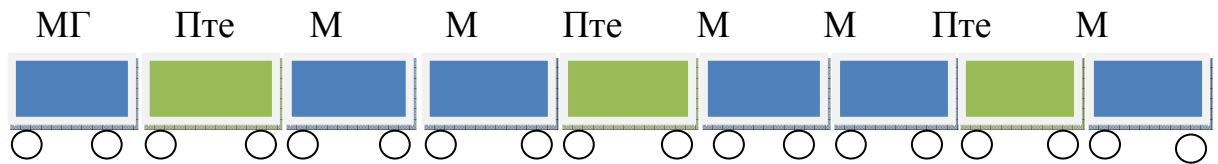


Рисунок 17 – Склад електропоїзда HRCS2

Статорні сердечники виготовлені з електротехнічної листової сталі. Товщина сердечника - 0,5 мм. Кожен лист покритий неорганічним ізоляційним матеріалом.

Статорні сердечники стиснуті між жорсткими зажимами сердечника і торцевими пластинами. Формені сталеві пластини припаяні по краю до статорних сердечників і захопленням для збереження тиску і створення нерухомої конструкції статорного сердечника.

Статорна обмотка з'єднана зіркою з петлевою точкою, зробленою всередині. Вона обмотана багатовитковими витками у вигляді алмазу, сформованими з прямокутної міді. Клас системи ізоляції - 200.

Витки тримаються в пазах за допомогою клинів з багатошарової епоксидної смоли і скла, що входять в поглиблення зубця.

Охолодження посилюється за рахунок повітряних коридорів, які формуються пазовими отворами і відсунутими назад клинками.

Після обмотки статор проходить високовольтне випробування із заземленням, а також імпульсне випробування між поворотами і фазами.

Готовий статорних сердечник і обмотка просякнуті в вакуумі під тиском смолою класу 200.

Обмотка має високу ізоляційну здатність і термічну стійкість, а також нечутливість до вібрації та забруднення вологою, снігом і брудом.

Роторні сердечники виготовлені з того ж матеріалу, що і статорні сердечники.

Роторні сердечники зістиковано на валу, а жорсткі торцеві пластини скорочують рухливість решт сердечника.

Вал виготовлений з високоміцного сплаву металу. Стрижні ротора з латунного сплаву вставляються в сердечник і затискаються для того, щоб закріпити їх на місці. Стрижні ротора покриваються до короткозамикаючих кілець сплавом срібла.

Короткозамикаючі кільця будуть сконструйовані таким чином, щоб вони могли витримувати максимальну робочу швидкість.

На рисунках 18 – 23 показанні тягова, гальмівна та струмові характеристики 9 – ти вагонного електропоїзда HRCS2 [5].

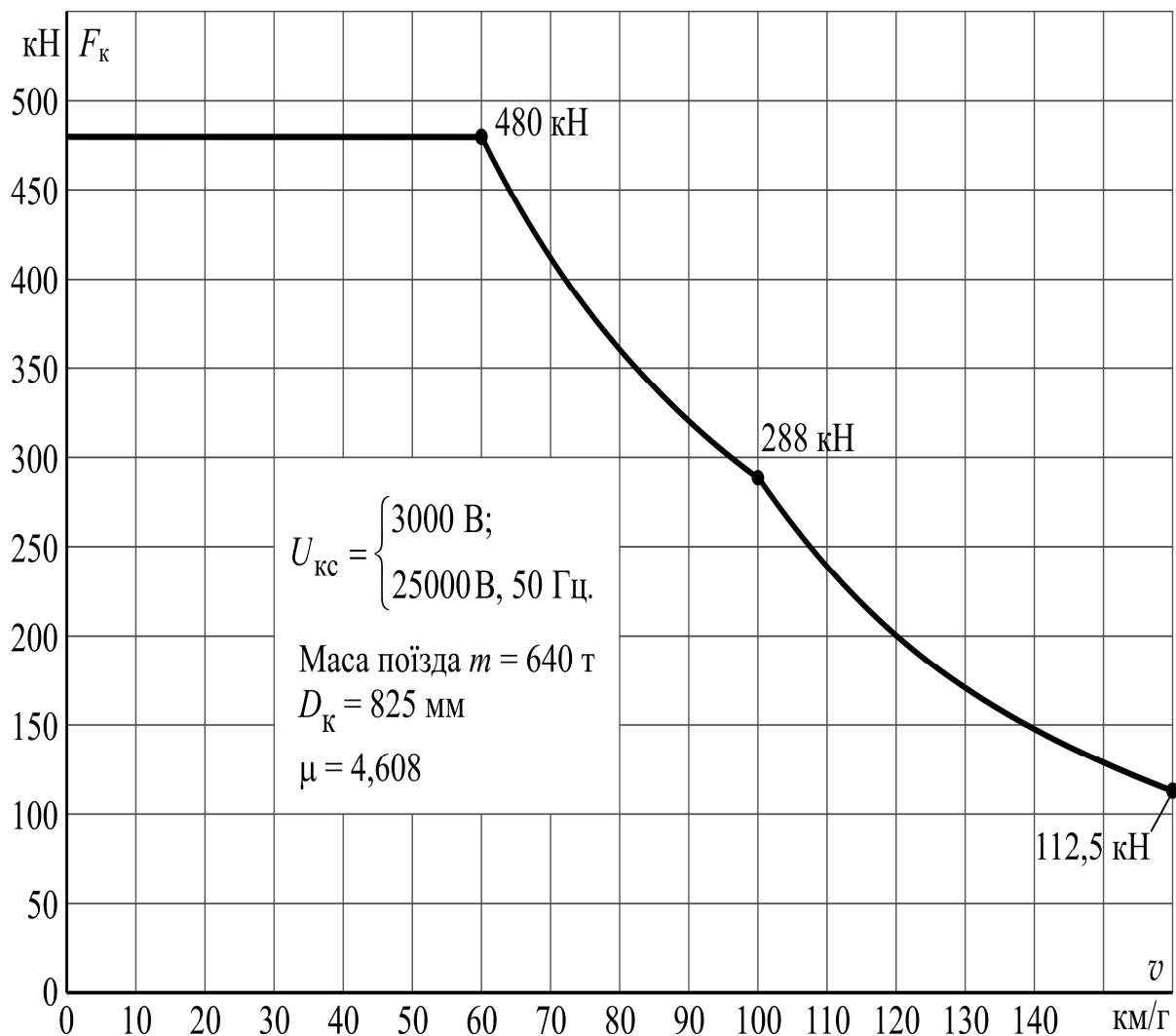


Рисунок 18 - Тягова характеристика 9-и вагонного електропоїзда HRCS2

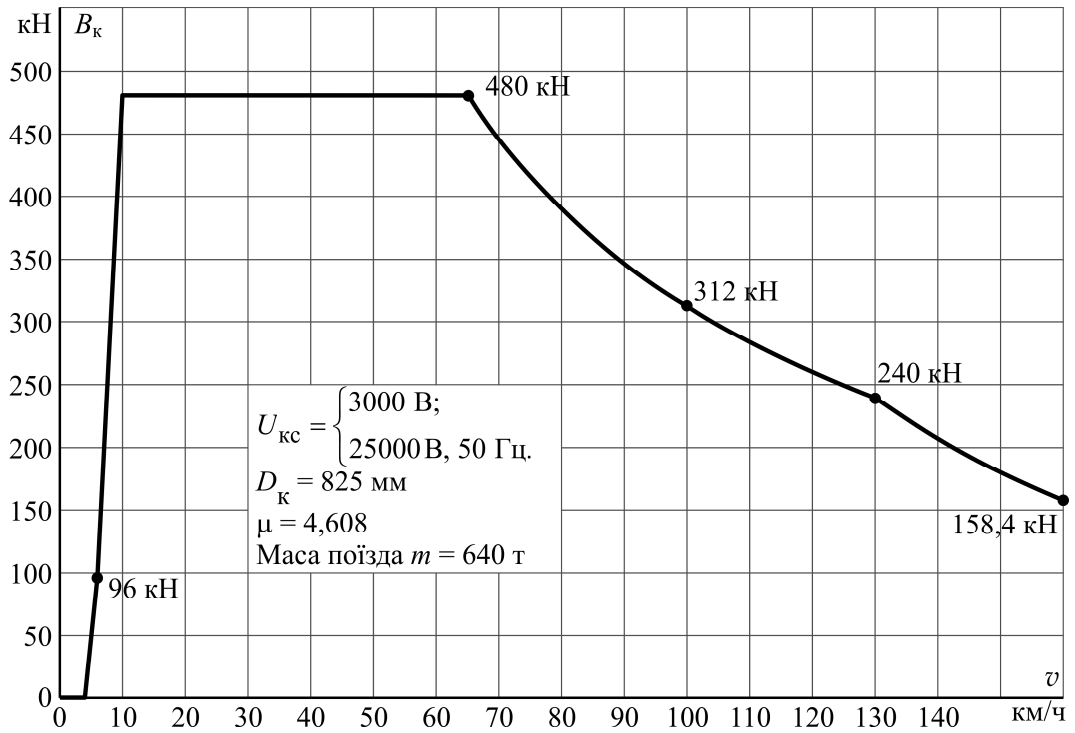


Рисунок 19 - Гальмова характеристика 9-и вагонного електропоїзда HRCS2

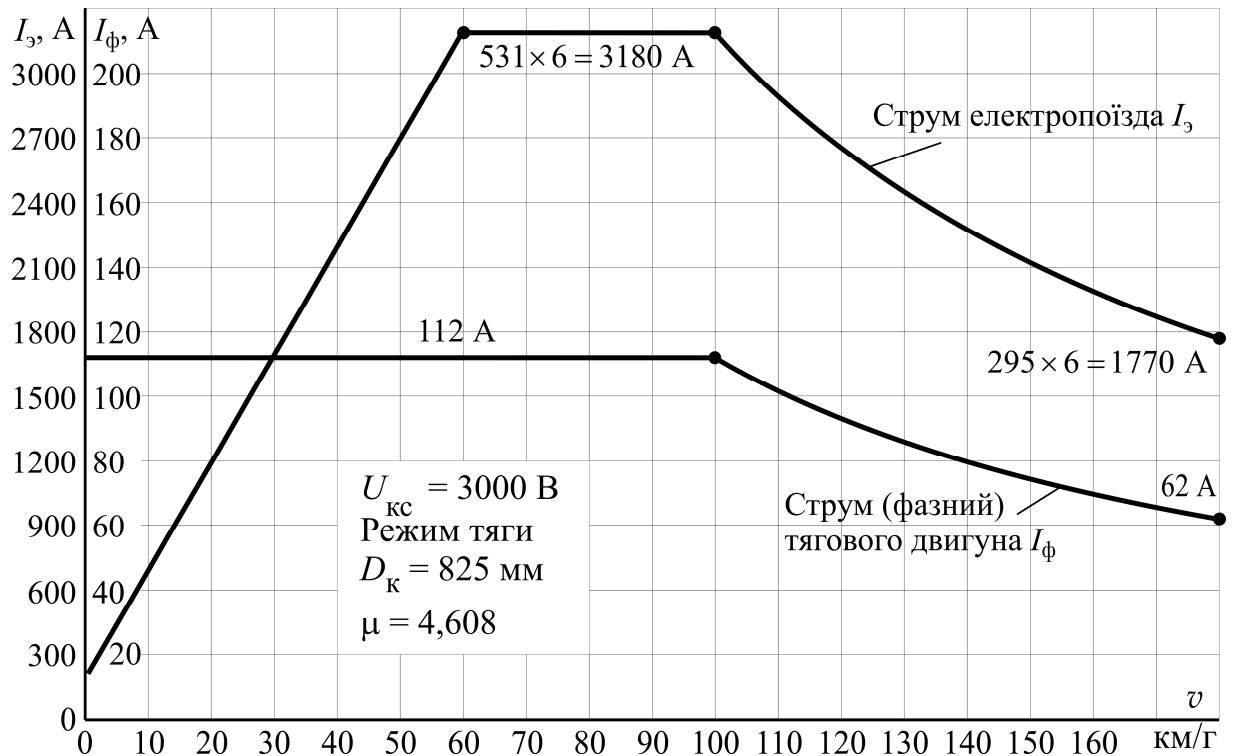


Рисунок 20 - Струмові характеристики 9-и вагонного електропоїзда HRCS2 в режимі тяги при живленні від мережі 3000 В

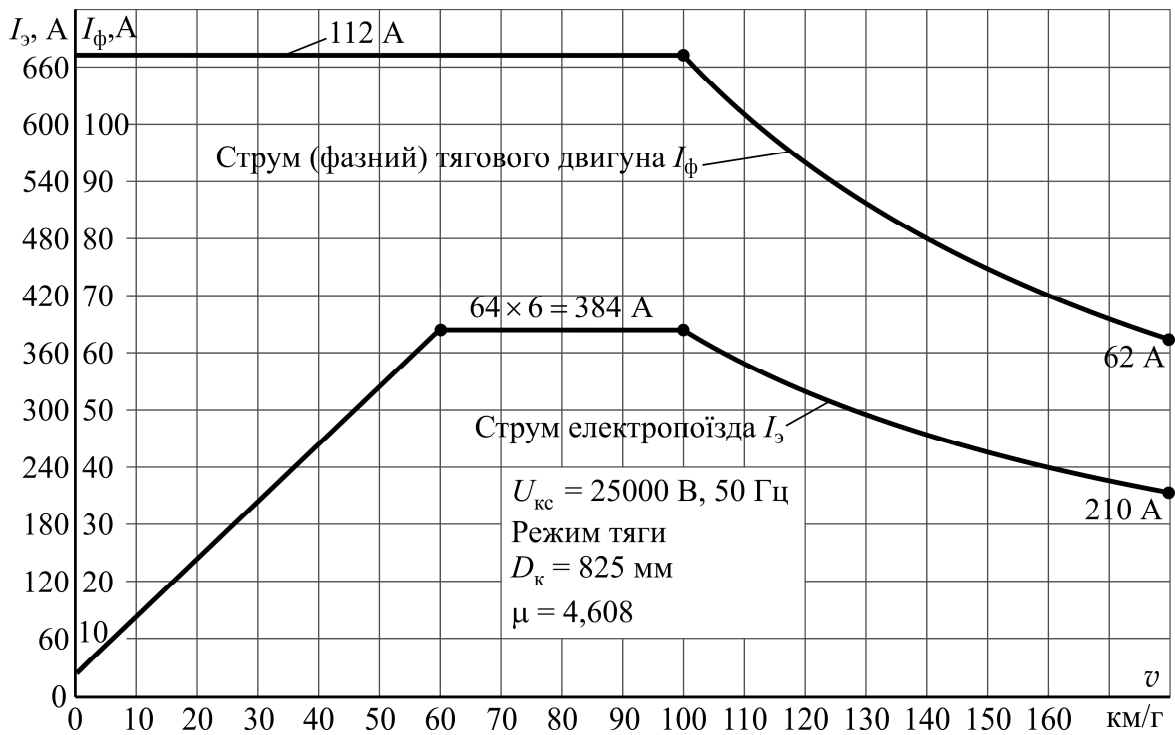


Рисунок 21- Струмові характеристики 9-и вагонного електропоїзда HRCS2 в режимі тяги при живленні від мережі змінного струму

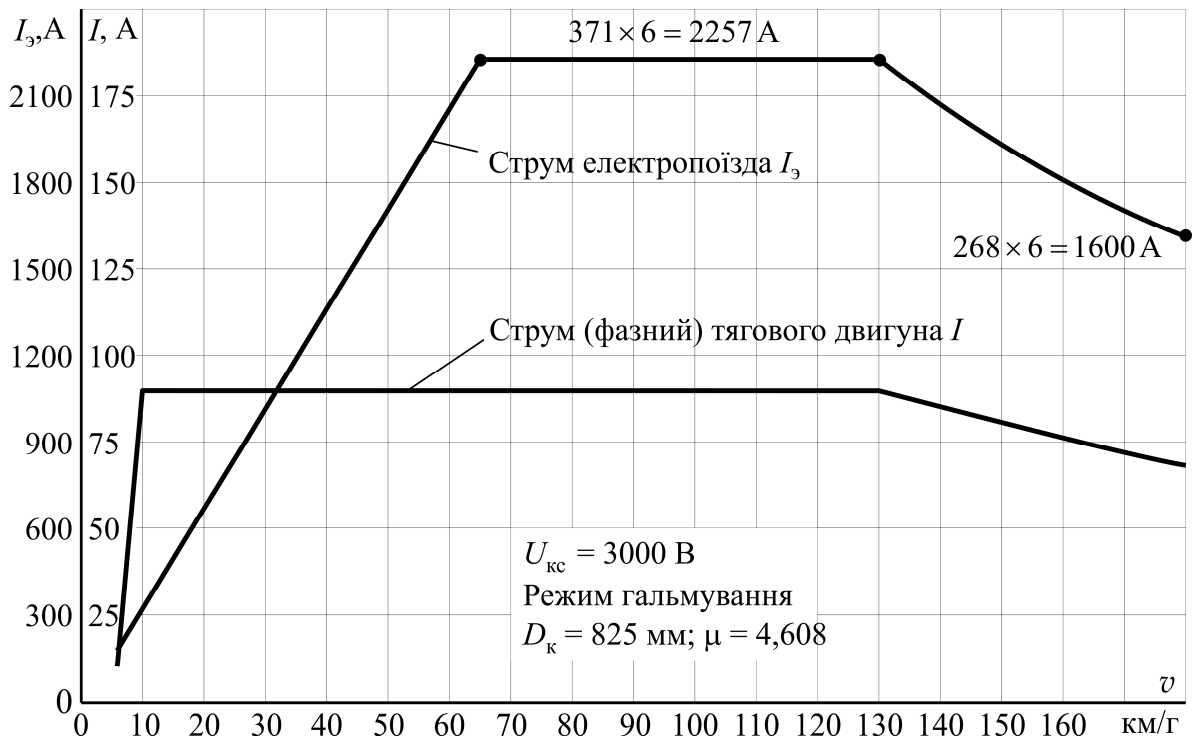


Рисунок 22 - Струмові характеристики 9-и вагонного електропоїзда HRCS2 в режимі гальмування і живленні від мережі постійного струму

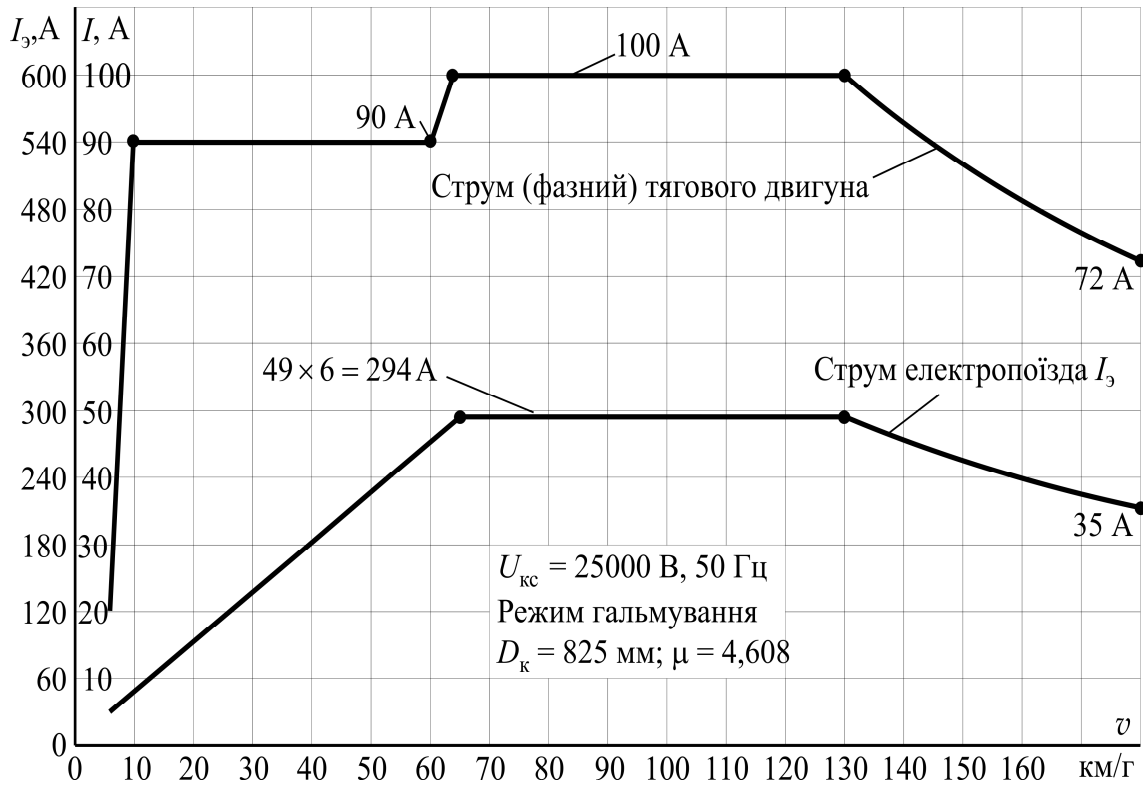


Рисунок 23 - Струмові характеристики 9-и вагонного електропоїзда HRCS2 в режимі гальмування і живленні від мережі змінного струму

Електропоїзд EJ 675 (Elektrická Jednotka, тип 675) — двоповерховий міжрегіональний електропоїзд подвійного живлення виробництва компанії Škoda Vagonka [11].

Електропоїзд призначений для міжрегіональних перевезень пасажирів залізницями України зі швидкостями 160 км / год (рис.24).



Рисунок 24 – Електропоїзд EJ675

До складу електропоїзда входять шість двоповерхових транспортних одиниць, що включають два головних моторних вагона з кабінами управління серій 225, встановлених на початку і в кінці складу, і чотири проміжних безмоторних вагони серій 227.0 і 227.1, з'єднані відповідно до схеми: EV (225) + VV (227.0) + VV (227.1) + VV (227.1) + VV (227.0) + EV (225) (рис.25) [5].

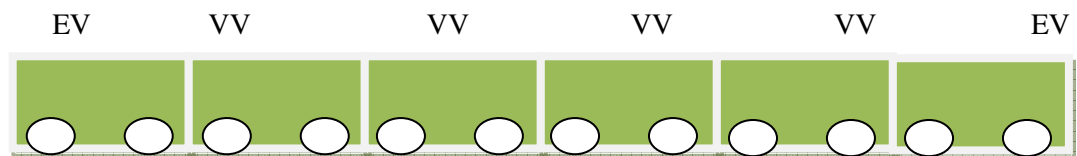


Рисунок 25 – Склад електропоїзда EJ675

Вагони електропоїзда з'єднуються між собою через напівавтоматичну безазорному жорстку зчеплення, а на головних вагонах (по кінцях поїзда) встановлюються автоматичні зчіпки, з можливістю зчеплення з автосцепкой типу СА-3 через адаптер.

Таблиця 7 – Технічні дані електропоїзда EJ675 [5]:

Ширина колії	1 520 мм
Максимальна експлуатаційна швидкість	160 км / год
Середнє прискорення порожнього поїзда на прямому шляху до швидкості 60 км / год	0,61 м / с
Уповільнення гальмування, не менше -	1 м / с
Повітряна контактна мережа згідно вимог Правил технічної експлуатації залізниць України (ПТЕ):	
Номинальна напруга -	3000 В (DC) або 25000 В, 50Гц (AC)
Максимальна робоча напруга -	4000 В (DC) або 29000 В, 50Гц (AC)
Мінімальна робоча напруга -	2400 В (DC) або 19000 В, 50Гц (AC).
Максимальне навантаження на вісь повністю оснащеного складу -	21,5 т.
- Максимальна довжина поїзда EJ 675 -	158 400 мм.
Посадка пасажирів з низьких перонів з наступними параметрами:	
Рівень від верху головки рейки шляху -	200 мм;
Відстань від осі колії	1745 мм
Кількість сидячих місць в поїзді	636, з них 1-го класу - 46.
Кількість туалетів в поїзді	12 по 2 на кожен вагон
Кількість службових приміщень на поїзд	3 (два в моторних і один в причіпному).
Кількість місць для інвалідів на візках або розміщення велосипедів	в моторних вагонах - 4
Підйомники для посадки інвалідів на візках, в моторних вагонах	по обидва боки - 4
Позначені місця для велосипедів і їх закріплення	8
Розстановка сидячих місць:	
В пасажирських салонах 2-го класу	один проти одного, - 2 + 2;
В пасажирських салонах 1-го класу	в основному, - 2 + 1.
Місця для багажу	- поздовжні або поперечні полки
Місця для великого багажу (використовується місце для перевезення велосипедів)	- близько 5 м

Двоповерховий моторний вагон серії 225 оснащується тяговим електричним обладнанням для руху в системах електричної тяги з напругою в контактній мережі 3 кВ DC і 25 кВ 50 Гц AC, кабіною управління, загальним пристроєм для управління вагоном серії 225, поїздом EJ 675 і двома шестивагонних електропоїздами EJ675, з'єднаними в поїзної склад.

Проміжний двоповерховий вагон серії 227.0 і 227.1 оснащений електричною і пневматичною поїзними магістралями для забезпечення всіх його функцій при включенні до складу електропоїзда.

Додаткове обладнання - попереджувальна акустична та світлова сигналізація про закриття дверей; зовнішнє і внутрішнє відеоспостереження; система акустичного та візуального інформування пасажирів; поручні для пасажирів, які стоять, інформаційні панелі для паперових розкладів руху поїздів, рекламних буклетів і т.д.

Ширина проходів в пасажирських салонах, не менше - 480 мм. Ширина проходів між вагонами на висоті 500 мм від рівня підлоги, не менше - 750 мм.

Моторний вагон типу 225 є тяговою одиницею двоповерхових електропоїздів з пасажирськими відділеннями 1-го і 2-го класів.

Привід виконаний асинхронними тяговими двигунами з власної вентиляцією, що живляться від інверторів напруги.

Під час роботи в системі змінного струму привід харчується через трансформатор і імпульсні випрямлячі.

Привід оснащений, крім пневматичного гальма, рекуперативним електродинамічним гальмом і пружинним гальмом стоянки.

Допоміжні приводи - трифазні з асинхронними двигунами.

Управління основними та допоміжними приводами - мікропроцесорний, що дає можливість кратного управління з керуючого вагона, включеного в голову складу.

Тягова та гальмівна характеристики електропоїзда показані на рисунках 26 та 27 [5].

Основний опір руху шестивагоного електропоїзда EJ675 показано на рисунках 28 [5].

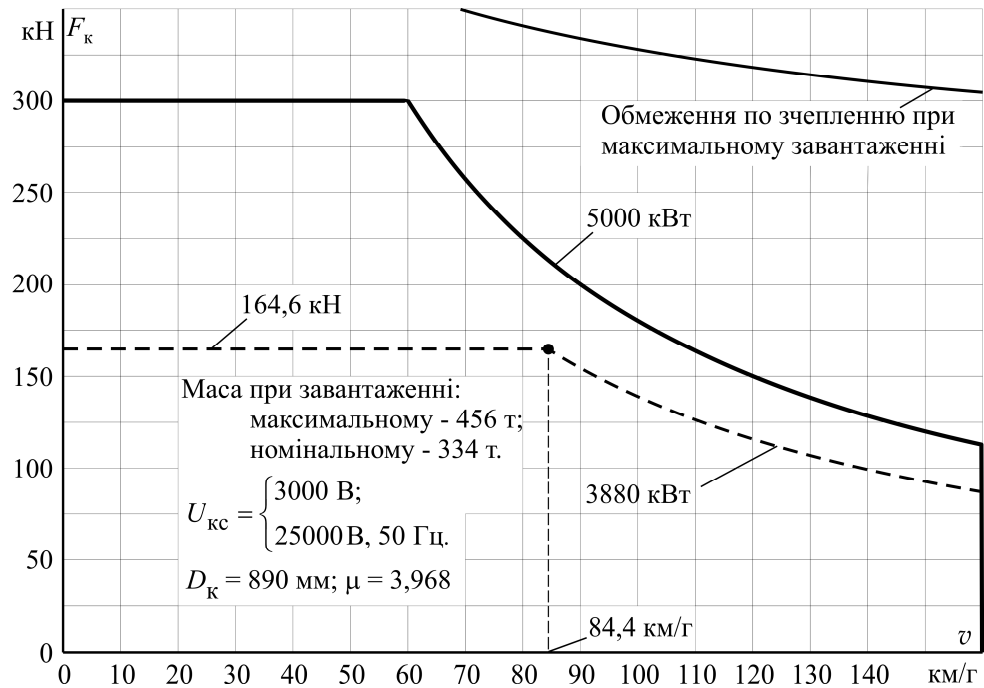


Рисунок 26 – Тягова характеристика шестивагоного електропоїзда EJ675

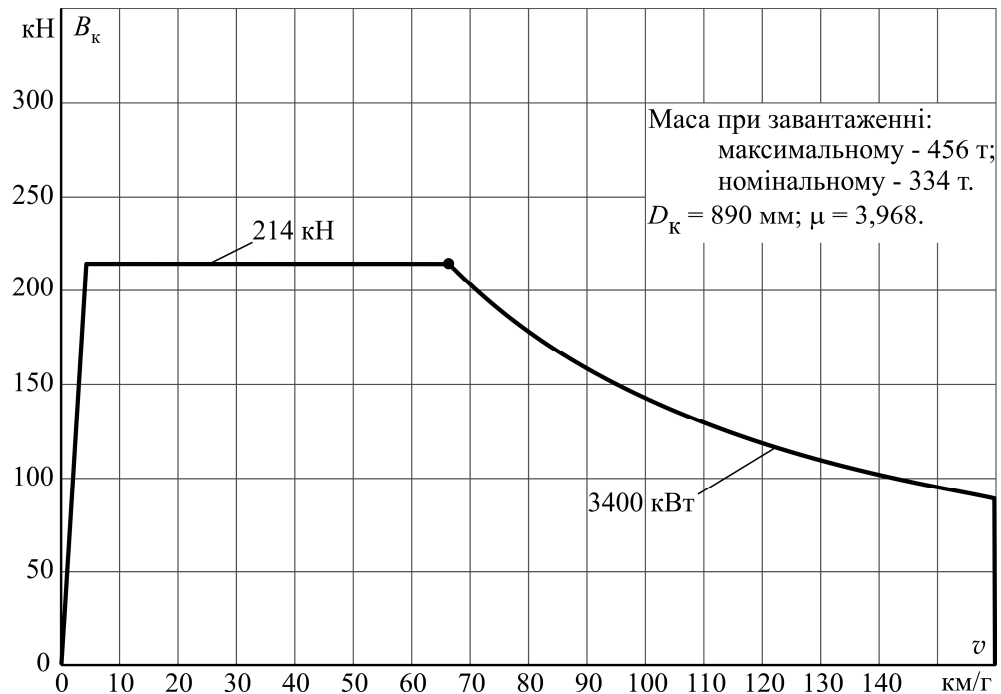


Рисунок 27 – Гальмівна характеристика шестивагоного електропоїзда EJ675

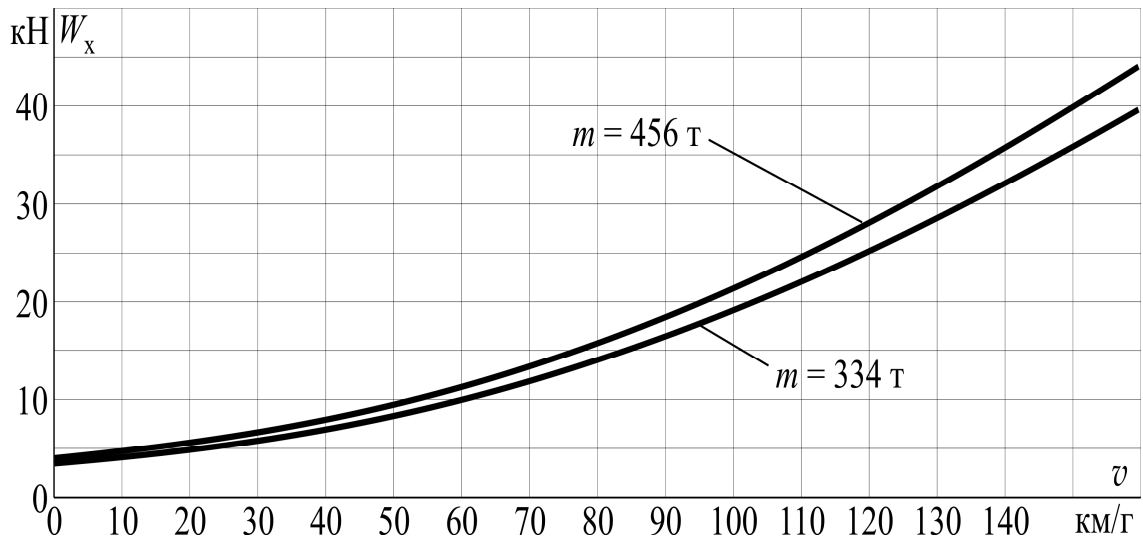


Рисунок 28 – Основний опір руху шестивагоного електропоїзда EJ675

Електропоїзд ЕКр1 «Тарпан» (Електропоїзд Крюківський перший) — міжрегіональний швидкісний двосистемний електропоїзд (рис.29), створений на Крюківському вагонобудівному заводі [10].



Рисунок 29 - Електропоїзд ЕКр1Тарпан

Електропоїзд ЕКр1Тарпан складається з 7 причіпних і 2 головних моторних вагонів (рис. 30).

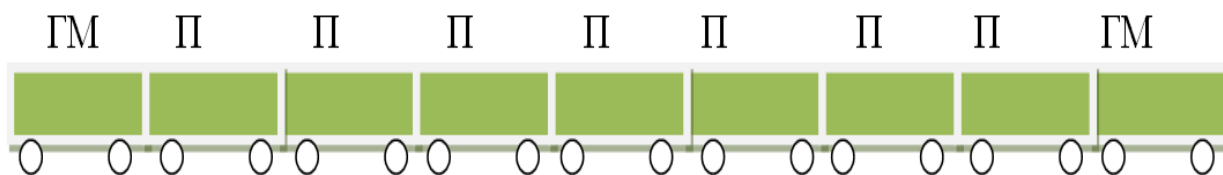


Рисунок 30 – Схема електропоїзда ЕКр1Тарпан

Особливість полягає в тому, що головні вагони являють собою, по суті, електровози, в яких передбачене пасажирське відділення.

Кузови вагонів виготовлені з нержавіючої сталі.

Конструкція вагонів поїзда в повному обсязі відповідає вимогам санітарних норм по ергономіці, мікроклімату, освітленості, шуму і вібрацій, а також вимогам безпеки на всі оздоблювальні та облицювальні матеріали.

Інтер'єри салонів, які мають сучасний дизайн виконані з пластикових і металевих панелей з використанням зносостійких, екологічно чистих, важкогорючих матеріалів.

При необхідності вони легко демонтуються і дають доступ до систем життєзабезпечення вагонів в період експлуатації.

Технічні характеристики електропоїзда представлені в таблиці 8.

Таблиця 8 – Технічні дані електропоїзда ЕКр1

Рід струму і напруги в контактній мережі	3кВ/~25кВ
Конструкційна швидкість	200 км/год
Кількість вагонів в складі	9
Пасажиро ємкість	612
Довжина вагона	26,696 м
Ширина вагона	3,42 м
Висота вагона	4,4 м
Матеріал вагона	нержавіюча сталь
Тип ТЕД	асинхронний двигун

На електропоїзді встановлені асинхронні двигуни типу ТМФ 59-39-4, технічні характеристики двигуна показано в таблиці 9.

Таблиця 9– Технічні характеристики тягового двигуна ТМФ

Номинальна напруга, В	398
Потужність, кВт	500
Струм якоря в годинному режимі, А	885
Частота, Гц	57
Частота обертання, об/хв	1698
Максимальна частота обертання, об/хв	5125
Кількість полюсів	4
Клас ізоляції	200
Система ізоляції	V1
Попередження про перегрів статора, при температурі, С	190
Відключення живлення, при температурі перегріву, С	210
Спосіб охолодження	примусова вентиляція
Маса ТЕД, кг	1157

Позначення двигуна розшифровується наступним чином:

- ТМФ — тип електричної машини (тяговий двигун з примусовою вентиляцією);
- 59 — зовнішній діаметр статора (59х10=590 мм);
- 39 — довжина пакета ротора (39х10=390 мм);
- 4 — кількість полюсів обмотки.

Даний тип двигунів встановлюється на європейських електропоїздах серії: ED74 польських залізниць та EJ 480 чеських залізниць.

Вагони обладнані:

- Безлюлечними візками з центральним пневмопідвішуванням мод.68-7072 (головний вагон) і мод.69-7049 (проміжний вагон);
- Жорсткими зчіпними пристроями і герметичними переходами;
- Місцями для перевезення інвалідів у візках;
- Системою електроживлення — централізованої від високовольтної підвагонної магістралі, через статичний перетворювач, від промислової електромережі 380В на стоянках, від акумуляторних батарей (Електрообладнання даних вагонів має резервну систему електроживлення в разі виходу з ладу основного статичного перетворювача);
- Системою гарячого і холодного водопостачання;
- Комбінованої системою опалення з автоматичним регулюванням температури;
- Системою кондиціонування повітря з автоматичним регулюванням температури;
- Санітарно-технічним обладнанням (мийка, умивальники, душ, туалети замкнутого типу);
- Протипожежним обладнанням (пожежна сигналізація, пожежні сповіщувачі, установка водяного пожежогасіння, установка автоматичного пожежогасіння в електрощиті);
- Системою автоматичного управління, контролю і діагностики (САУКД);
- Системою контролю нагрівання букс (СКНБ);
- Системою контролю стану дискових гальм (СКСГ);
- Поїздною автоматичною системою діагностики (ПАіДС);
- Системою відеонагляду;
- Інформаційною системою (інформаційні табло і покажчики);
- Системою поїзного зв'язку «провідник-пасажир»;
- Системою аудіотрансляції;

- Системою супутникової навігації та зв'язку;
- Автоматичними герметичними електропривідними дверима;
- Автоматичними тамбурними електропривідними дверима зсувного типу;
- Системою блокування дверей на швидкості понад 5 км/год;
- Головні вагони електропоїзда вперше в Україні обладнані системою поглинання енергії (до 2 МДж) при лобових зіткненнях.

3 ВИМОГИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ДО ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Усі транспортні засоби, перш ніж як будуть використовуватися в мережі залізниць, повинні мати організацію, яка відповідає за технічне обслуговування. Вона повинна бути зареєстрована в реєстрі транспортних засобів відповідно до статті 47 Директиви (ЄС) 2016/797.

Директива (ЄС) 2016/797 встановлює умови в області проектування, будівництва, введення в експлуатацію, модернізації, оновлення, експлуатації і технічного обслуговування частин залізничної системи, а також вимоги до професійної кваліфікації і умов для здоров'я і безпеки, що застосовуються до співробітників, які вносять свій вклад в її експлуатацію і технічне обслуговування.

Вказані вимоги і умови необхідно виконати для забезпечення сумісності у рамках залізничної системи Союзу відповідно до Директиви(ЄС) 2016/798 про безпеку на залізничному транспорті. У ній звертається увага на загальну нормативну базу для безпеки на залізничному транспорті.

Для використання моторвагонного рухомого складу в пасажирському прискореному русі застосовують значну кількість нормативної документації, яка стосується інфраструктури та самого рухомого складу.

Вимоги з питань безпеки руху для інфраструктури і рухомого складу на ділянках залізниць, де обертаються прискорені пасажирські поїзди встановлюються відповідно до статей 3.11 Закону України «Про залізничний транспорт» та 2.2 Правил технічної експлуатації залізниць України (далі – ПТЕ), а також Стандартом СТІ 01-005:2016 "Рух пасажирських поїздів прискорених. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу" [12].

До початку прискореного руху пасажирських поїздів, колія, пристрої електропостачання, автоматики та зв'язку, інші споруди і пристрої, рухомий склад повинні бути приведені в стан, який забезпечує рух прискорених пасажирських поїздів з встановленими швидкостями.

Основні нормативні документи, які використовуються для залізничного транспорту України, що вимагають беззаперчного виконання такі:

- Закон України «Про залізничний транспорт»
- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»
- Закон України «Про екологічну експертизу»
- Закон України «Про охорону атмосферного повітря»
- Закон України «Про відходи»
- Кодекс цивільного захисту України
- ДСТУ ГОСТ 4835:2008 Колісні пари вагонів магістральних залізниць колії 1520мм. Технічні умови
- ДСТУ ГОСТ 10791:2006 Колеса суцільнокатані. Технічні умови (ГОСТ 10791-2004. IDT)
- ДСТУ ГОСТ 11018:2005 Тяговий рухомий склад залізниць колії 1520 мм. Колісні пари. Загальні технічні умови (ГОСТ 11018-2000. IDT)
- ДСТУ ГОСТ 31334:2009 Осі для рухомого складу залізниць колії 1520 мм. Технічні умови (ГОСТ 31334-2007, IDT)
- ДСТУ 4049-2001 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки
- ДСТУ 4155-2003 Захист від пожеж. Матеріали текстильні. Методи випробування на займистість
- ДСТУ 4493:2005 Вагони магістральні пасажирські дизель- та електропотягів. Вимоги щодо безпеки
- ДСТУ 4809:2007 Ізольовані проводи та кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування
- ДСТУ 7571:2014 Рухомий склад залізниць. Норми допустимого впливу на залізничну колію шириною 1520 мм

- ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
- ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589) ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
- ГОСТ 20444-85 Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики
- ГОСТ 26918-86 Шум. Методы измерения шума железнодорожного подвижного состава
- НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок
- НПАОП 60.1-1.48-00 Правила безпеки для працівників залізничного транспорту на електрифікованих залізницях
- ВБН В.2.3-2-2009 Споруди транспорту. Електрифікація. Норми проектування
- ВБН В.2.3-3-2009 Споруди транспорту. Контактна мережа. Норми проектування
- ВНД 32.0.07.001-2001 Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць колії 1520 мм
- ЦВ-ЦЛ-0013 Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів
- ЦВ-ЦЛ-0058 Інструкція з експлуатації та ремонту вагонних букс з роликівими підшипниками
- ЦВ-ЦЛ-0062 Інструкція з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар
- ЦВ-ЦЛ-0092 Інструкція з технічного обслуговування букс, обладнаних касетними конічними підшипниками
- ЦВ-ЦЛ-ЦТ-0014 Інструкція по ремонту і обслуговуванню автозчепного пристрою рухомого складу залізниць України

- ЦВ-ЦШ-0053 Інструкція з розміщення, встановлення та експлуатації засобів автоматичного контролю стану рухомого складу під час руху поїзда
- ЦД-0058 Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України
- ЦД-ЦЕ-ЦШ-0074 Методичні рекомендації щодо складання карт освітленості, чутності гучномовного зв'язку і стійкого радіозв'язку
- ЦЛ-0025 Керівництво з технічного обслуговування пасажирських вагонів
- ЦЛ-0034 Положення про єдину технічну ревізію, зимове та літнє обслуговування пасажирських вагонів
- ЦЛ-0056 Інструкція з пожежної безпеки у вагонах поїздів
- ЦЛ-0080 Інструкція з експлуатації, технічного обслуговування та ремонту пасажирських візків моделей 68-4065/4066 та 68-7007/7012
- ЦЛ-0084 Правила ремонту та експлуатації дискових гальм пасажирських вагонів побудови ВАТ «КВБЗ»
- ЦТ-0058 Інструкція з технічного обслуговування, ремонту та випробування гальмівного устаткування локомотивів та моторвагонного рухомого складу
- ЦТ-0060 Інструкція з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складу залізниць України
- ЦТ-0067 Інструкція по забезпеченню пожежної безпеки на локомотивах і моторвагонному рухомому складі
- ЦТ-0165 Інструкція з технічного обслуговування та ремонту вузлів з підшипниками кочення локомотивів та моторвагонного рухомого складу
- ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 Інструкція по експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України

- ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ЦП-0050 Правила нагляду за котлами і повітряними резервуарами рухомого складу залізниць
- ЦТ-ЦЕ-0104 Інструкції щодо порядку використання струмоприймачів електрорухомого складу в різних умовах експлуатації
- ЦУО-0022 Інструкція про порядок дій працівників залізничного транспорту при виявленні і гасінні пожеж в рухомому складі залізничного транспорту
- ЦУО-0039 Технічні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки пасажирських вагонів
- ЦШ-0001 Інструкція з сигналізації на залізницях України
- ЦШ-0030 Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України
- ЦШ-0052 Правила експлуатації поїзного радіозв'язку

Вимоги стандарту СТП 01-005:2016 "Рух пасажирських поїздів прискорених. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу" обов'язкові для виконання при проектуванні, будівництві, ремонті (модернізації, реконструкції), технічному обслуговуванні та експлуатації споруд, пристроїв колії, електропостачання, автоматики та телекомунікацій, інших споруд та пристроїв, рухомого складу, а також на існуючих ділянках залізниць при русі прискорених пасажирських поїздів із швидкостями від 141 км/год до 160 км/год [12].

Вимоги поширюються на пасажирські та інші поїзди, яким присвоєний номер прискореного поїзда. Рух інших поїздів організовується із встановленими швидкостями у відповідності до типу поїздів та нумерації.

Рухомий склад повинен відповідати вимогам ДСТУ 7571 [12].

Струмоприймачі та силове електротехнічне обладнання, що розташоване на даху тягового рухомого складу та МВРС, повинні

забезпечувати надійну роботу в умовах відкладення ожеледі, яка характерна в регіоні обертання поїздів [12].

Для запобігання накопичення льоду на рухомих частинах струмоприймачів та даховому обладнанні обов'язково використовувати протиожеледне мастило або інші технічні рішення [12].

При швидкостях руху від 141 км/год до 160 км/год прискорені пасажирські поїзда повинні відповідати таким вимогам:

бути забезпечені гальмівним натисненням не менше ніж 80 тс на 100 т ваги поїзда;

бути обладнані композиційними гальмівними колодками або накладками;

Прискорені пасажирські поїзди локомотивної тяги повинні бути обладнані пневматичними та електропневматичними гальмами.

Відправляти прискорені пасажирські поїзда локомотивної тяги з пункту формування та обороту при непрацюючих електропневматичних гальмах забороняється.

У випадку втрати на шляху прямування контролю ланцюгу ЕПГ в прискореному пасажирському поїзді локомотивної тяги, швидкість обмежити до 120 км/год [12].

Для моторвагонного рухомого складу у Стандарті передбачено свій розділ 6.2, у якому зазначено вимоги до електропоїздів [12].

1. Для забезпечення швидкостей руху від 141 км/год до 160 км/год повинен використовуватись спеціально призначений моторвагонний рухомий склад з конструкційною швидкістю не менше ніж 160 км/год.

2. Електропоїзд повинен забезпечувати працездатність при температурі зовнішнього середовища від мінус 40°C до плюс 40°C.

Висота осі автозчепу над рівнем верху головок рейок допускається:

- електропоїзд ЕКр1 автозчепи СА-3 головних вагонів не менше ніж 1000 мм та не більше ніж 1070 мм;

- електропоїзд ЕКр1 автозчепи жорсткого типу (БСУ) на головних та проміжних вагонах не менше ніж 1130 мм та не більше ніж 1170 мм;
- електропоїзд НRCS2 з автозцепом Шарфенберга: головні вагони з боку кабін 1060 мм, між вагонами 850 мм;
- електропоїзда EJ675 висота автозчепу та короткої зчепки Dellner: (1030 ± 5) мм, при відсутності тиску в головних резервуарах (1010 ± 5) мм.

Різниця по висоті між поздовжніми осями автозчепів допускається не більшою [12]:

- електропоїзд ЕКр1з автозцепом жорсткого типу (БСУ) по вертикалі не більше ніж 70 мм, по горизонталі не більше ніж 110 мм;
- електропоїздів НRCS2 з автозцепом Шарфенберга не більше ніж 95 мм.

Зчіпні пристрої жорсткого типу повинні мати пристрій, що їх центрує та повинні забезпечувати:

- встановлення перехідного пристрою (адаптера) для зчеплення з рухомим складом обладнаним автозчепним пристроєм СА-3;
- розчеплення головок зчепів за допомогою розчіпного механізму з ручним приводом;

МВРС має бути розрахований на рух по залізничним коліям України шириною 1520 мм з наступними показниками [12]:

- баласт - щебенекий, завтовшки під шпалою не менше ніж 250 мм;
- колія - не легше за тип Р-50 завдовжки не менше ніж 25 м;
- кількість шпал - не менше 1680 штук на 1 км.

Мінімальний радіус проходження кривої колії :

- для одного вагону (у депо) 100 м;
- для поїзда (у депо) 120 м;
- для поїзда (на головних коліях) 200 м.

Електропоїзд повинен проходити по S-образній кривій радіусом 100 м з прямою вставкою не менше ніж 15 м та по S-образній кривій радіусом 170 м без прямої вставки. Швидкість руху на цих ділянках має бути не більше ніж 5 км/год. [12].

Електропоїзд має бути обладнаний системами контролю, безпеки і передачі інформації [12]:

а) автоматичною локомотивною сигналізацією безперервної дії (АЛСН) з періодичною перевіркою пильності машиніста і постійним контролем швидкості;

б) системами блокувань в нульовому положенні рукояток:

- управління сили тяги і гальмування (за винятком управління пневматичним гальмом);

- реверсивної рукоятки головного контролера електропоїзда.

в) радіостанцією КВ і УКВ діапазонів;

г) сертифікованими в системі УкрСЕПРО системами виявлення і гасіння пожеж у контрольованих приміщеннях згідно ЦУО-0039, ДСТУ 4493;

д) пневматичними звуковими сигнальними пристроями (великої гучності – тифон (від 360 Гц до 380 Гц, (120 ± 5) дБ)), і малої гучності – свисток (від 600 Гц до 700 Гц, не менше ніж 105 дБ);

е) системою гучномовного сповіщення пасажирів і двох переговорних пристроїв, на кожен вагон, для зв'язку пасажирів з машиністом в екстреній ситуації;

ж) системою виведення інформації для пасажирів, що має показчик маршруту слідування на лобовій частині головних вагонів;

Між вагонами електропоїзда мають бути герметичні перехідні площадки для забезпечення безпечного проходу між вагонами пасажирів з багажем і обслуговуючого персоналу, з технологічними візками [12].

Лобова частина кабіни машиніста нижче прорізу вікон повинна мати підсилюючі пояси для захисту обслуговуючого персоналу при зіткненні електропоїзда із сторонніми предметами. В зоні цього поясу кабіна повинна витримувати дію рівномірно розподіленого по ширині лобової частини статичного навантаження не менше ніж 290 кН [12].

Елементи кабіни та встановлені на рамі кузова пристрої, які призначені для поглинання енергії при зіткненні, повинні мати сумарну енергоємність не менше ніж 2 МДж. [12].

Гальмівний шлях МВРС із максимальним навантаженням при екстремому пневматичному гальмуванні на прямій ділянці шляху із застосуванням тільки фрикційного гальма повинен бути не більше ніж:

- при швидкості 140 км/год – 1000 м;
- при швидкості 160 км/год – 1300 м.

Електропоїзди мають бути обладнані вимірювальними приладами для перевірки гальм і системою автоматичної діагностики гальм. Результати діагностики гальм повинні виводитися на дисплей і зберігатися в системі діагностики [12].

У кабінах машиніста на пультах управління мають бути встановлені манометри тиску гальмівної магістралі, поживної магістралі і гальмівних циліндрів [12].

Основні діагностичні параметри роботи гальм на кожному вагоні:

- тиск повітря в гальмівних циліндрах кожного вагону;
- тиск повітря в гальмівній магістралі;
- тиск повітря в поживній магістралі;
- стан стояночного гальмування;
- стан екстремого гальмування (стоп-крана);
- робочий стан ланцюгів управління гальмами.

Кабіна машиніста має бути оснащена візуальними пристроями для контролю наступних параметрів гальмівної системи усіх вагонів електропоїзда:

- спрацьовування стояночного гальма на усіх вагонах;
- спрацьовування екстреного гальмування (стоп-кранів) електропоїзда;
- робочий стан компресорних агрегатів;
- наявність тиску в гальмівних циліндрах при усіх видах гальмування.

Інформація про несправність гальмівної системи електропоїзда повинна автоматично відображатися на дисплеї в кабіні машиніста, де у свою чергу відображається сам об'єкт несправності і його місце знаходження в потягу [12].

Колісні пари повинні відповідати вимогам ДСТУ ГОСТ 11018, ДСТУ ГОСТ 4835, ВНД 32.0.07.001 та таким додатковим вимогам [12]:

- виконання динамічного балансування;
- гранична товщина ободу суцільнокатаного колеса до контрольної відмітки заводу виробника на зовнішній грані суцільнокатаного колеса, або не менше ніж 40 мм для суцільнокатаних коліс без контрольної мітки;
- товщина гребеня:
 - а) на відстані 20 мм від вершини гребеня колісних пар, бандажі або ободи суцільнокатаних коліс яких оброблені за креслеником 3 ДСТУ ГОСТ 11018, не більше ніж 33 мм або не менше ніж 28 мм;
 - б) на відстані 18 мм від вершини гребеня колісних пар, бандажі або ободи суцільнокатаних коліс яких оброблені за креслениками 4 ДСТУ ГОСТ 11018, 2 ГОСТ 9036 не більше ніж 33 мм або не менше ніж 28 мм;
- різниця товщини гребенів на одній колісній парі з правої та лівої сторони не більше ніж 2 мм;
- повзун (вибоїна) на поверхні кочення допускається не більше ніж 0,5 мм. При повзуні більше ніж 0,5 мм, але менше ніж 1,0 мм дозволяється

рух зі швидкістю не більше ніж 140 км/год до депо приписки. При виявленні повзуна глибиною 1,0 мм та більше – керуватися вимогами 10.3 ПТЕ;

- прокат по колу кочення допускається не більше ніж 5 мм;

- різниця прокату між лівим і правим колесом однієї колісної пари допускається не більше ніж 1,5 мм;

- різниця діаметрів коліс по колу кочення однієї колісної пари при їх обточуванні не повинна перевищувати 0,5 мм;

- різниця діаметрів коліс по колу кочення в одному візку вагону:

- а) моторному та немоторному електропоїздів HRCS2 не більше ніж 2 мм;

- б) моторному електропоїздів ЕКр1 та EJ675 не більше ніж 2 мм;

- в) немоторному електропоїздів ЕКр1 та EJ675 не більше ніж 10 мм.

- різниця діаметрів коліс по колу кочення різних візків вагону:

- а) моторному та немоторному електропоїздів HRCS2 не більше ніж 5 мм;

- б) моторному електропоїздів ЕКр1 та EJ675 не більше ніж 5 мм;

- в) немоторному електропоїздів ЕКр1 та EJ675 не більше ніж 20 мм.

У паспорті МВРС повинні бути зазначені діаметри коліс по колу кочення кожної колісної пари при випуску його із капітального ремонту і ремонту ПР-3, а також після обточування колісних пар без викочування і одиночної їх заміни. Додаткові геометричні розміри і допуски колісних пар, спосіб і місце маркування колісної пари, критерії відбраковування колісних пар визначаються на основі проектно-конструкторської документації відповідної серії МВРС [12].

Струмоприймачі встановлені на МВРС, що задіяні для обслуговування прискорених пасажирських поїздів повинні відповідати роду струму, на який розрахований МВРС, та вимогам сумісності з контактною мережею.

Величина приведеної маси струмоприймачів прискорених електропоїздів подвійного живлення типу HRCS2 та ЕКр1 наведена в таблиці 10 [12].

Таблиця 10 - Приведена маса струмоприймача

Електропоїзд	Марка струмоприймача	Максимальна приведена маса струмоприймача, кг
HRCS2 Електропоїзд працює на трьох струмоприймачах	AX-NG 044	32
ЕКр1 Електропоїзд працює на двох струмоприймачах	ODSA 250.32	33,1

Натиснення на контактний дріт струмоприймача прискорених електропоїздів подвійного живлення типу HRCS2, ЕКр1 та EJ675 наведене в таблиці 8 [12].

Таблиця 11 - Натиснення струмоприймача на контактний дріт

Електропоїзд	Марка струмоприймача	Статичне натиснення, кГс			
		Літній період		Зимовий період	
		змінний струм	постійний струм	змінний струм	постійний струм
HRCS2	AX-NG 044	6 – 8	8 – 10	7 – 9	9 – 11
ЕКр1	ODSA 250.32	6 – 8	8 – 10	8 – 10	10 – 12
EJ675	AX-NG 040	8-10	8-10	8-10	8-10

При дії аеродинамічних сил допускається зміна сили натиску струмоприймача на контактний дріт не більше ніж на 20 %.

Електропоїзд повинен бути обладнаний системою аварійного опускання струмоприймачів. Система повинна забезпечувати:

- автоматичне опускання всіх струмоприймачів на поїзді в разі отримання сигналу про пошкодження будь якого струмоприймача;

- можливість роботи та контроль інших струмоприймачів після виключення з роботи несправного струмоприймача.

Спрацювання системи аварійного опускання струмоприймачів чи втрата контролю за їх роботою в усіх випадках вимагає зупинки потяга екстреним гальмуванням [12].

Нові серії МВРС повинні бути обладнані системою відео спостереження за роботою струмоприймачів. Допускається експлуатація раніше побудованого МВРС не обладнаного системою відео спостереження за роботою струмоприймачів [12].

В кожному тамбурі, купе начальника поїзду, купе провідників МВРС повинні бути встановлені стоп-крани. Кожна кабіна керування повинна бути обладнана стоп-краном, який повинен розміщуватися біля робочого місця помічника машиніста [12].

На МВРС прискореного руху повинні призначатися локомотивні бригади з числа кваліфікованих машиністів і помічників машиністів з правом керування електропоїздом. Машиністи та помічники машиністів повинні пройти професійний відбір, медичну комісію, спеціальне навчання з пожежно-технічного мінімуму, а також підвищення кваліфікації шляхом навчання на курсах цільового призначення в центрах професійного розвитку персоналу [12].

Машиністами МВРС прискореного руху можуть бути призначені:

- машиністи МВРС з класом кваліфікації не нижче другого та стажем роботи помічником машиніста МВРС прискореного руху не менше трьох місяців до початку підготовки на посаду машиніста МВРС прискореного руху;

- машиністи електровозу з класом кваліфікації не нижче другого та стажем роботи помічником машиніста МВРС прискореного руху не менше трьох місяців до початку підготовки на посаду машиніста МВРС прискореного руху;

- помічники машиністів МВРС прискореного руху зі стажем роботи помічником машиніста МВРС прискореного руху не менше двох років до початку підготовки на посаду машиніста МВРС прискореного руху.

Помічниками машиністів МВРС прискореного руху можуть бути призначені машиністи або помічники машиністів з правом керування електропоїздом [12].

Огляд і перевірка дії пристроїв АЛС, поїзного радіозв'язку та гальм повинні проводитися в основному депо або пункті технічного обслуговування при кожній видачі електропоїзда в експлуатацію з відміткою в журналі форми ТУ-152 [12].

Терміни і об'єми робіт по огляду і ремонту МВРС, а також норми допусків і зносу основних вузлів, визначати Керівництвами та технологічними інструкціями заводу виробника [12].

Кожен електропоїзд повинен бути укомплектований ізолюючими протигазами, що мають сертифікат відповідності державної системи УкрСЕПРО з розрахунку: два протигази для локомотивної бригади та три для поїзної бригади [12].

Електропоїзд має бути обладнаний поїзною системою діагностики, яка призначена для контролю загального стану і управління поїздом, і мати підсистеми:

- систему тяги;
- гальмівну систему;
- систему допоміжного енергопостачання;
- систему кондиціонування;
- систему управління дверима;
- РА/PIS(система інформації і сповіщення пасажирів);

- системою відео спостереження;
- АЛСН та систему безпеки.

Система повинна складатися з наступних функцій:

- (1) Функція допомоги машиністу;
- (2) Виявлення несправності і реєстрація;
- (3) Функція реєстрації під час руху.

Система технічного обслуговування і ремонту МВРС повинна бути приведена у відповідність з технічною документацією заводу-виробника [12].

Конструкція і планування електропоїзда повинні забезпечувати комфортні умови проїзду і безпеку для пасажирів, роботи і відпочинку обслуговуючого персоналу. Розташування ручної поклажі, знімного і незнімного обладнання повинне забезпечувати зручну і безпечну експлуатацію [12].

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ ЗГІДНО ВИМОГ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ

4.1 Переваги та недоліки розподілу тягової потужності по довжині поїзда

На даний час організація швидкісних і високошвидкісних залізничних пасажирських перевезень в світі здійснюється з використанням електропоїздів, в яких реалізовані різні концепції тяги:

- моторні візки розташовуються в головних вагонах;
- моторні візки розміщені в головних вагонах і проміжних вагонах.

Основними причинами, що призвели до розробки європейськими компаніями концепції створення високошвидкісних поїздів з розподіленою тягою стало:

- вимога європейських залізниць по збільшенню довжини електропоїздів до 400 м, що в свою чергу призвело до збільшення потужності тягового приводу в варіанті з зосередженої тягою, а отже, до підвищення ваги головних вагонів, або виготовлення їх двосекційними;
- необхідність підвищення гальмівної ефективності через значне збільшення ваги поїздів та експлуатаційної швидкості;
- доцільність зменшення допустимого навантаження на вісь з одночасним збільшенням експлуатаційної швидкості до 300 км / год і вище;

При створенні електропоїздів з розподіленою тягою як додаткову позитивну опцію можна розглядати можливість експлуатації поїздів різні складові і тягової потужності, що формуються шляхом блоків вагонів, найчастіше трьох (моторний - причіпний - моторний).

Переваги схеми поїзда з розподіленою тягою:

- Можливість формування електропоїзда більше складових (довжини).
- Можливість зниження осьового навантаження дозволяє забезпечити більш прийнятне вплив на залізничну колію при високих швидкостях руху 300 км / год і вище.
- Можливість використання всієї довжини поїзда для розміщення пасажирів, так як тягове обладнання є можливість розташувати в підвагонними просторі і в невеликих апаратних шафах
- Можливість формування поїздів з різною потужністю тяги в залежності від довжини, що підвищує ефективність використання поїздів на малонавантажених маршрутах.
- З огляду на більшу кількість приводних осей, є можливість підвищити ефективність електродинамічного гальмування.

Недоліки схеми поїзда з розподіленою тягою:

- Більша кількість тягового силового обладнання, тягових двигунів, трансмісій, що значно підвищує витрати в обслуговуванні, ремонті та експлуатації електропоїзда.
- Підвищується вартість електропоїзда за рахунок використання в його конструкції більшої кількості дорогого тягового обладнання.
- Обмежена можливість варіацій з складових поїзда, так як необхідно враховувати при формуванні поїзда кількість приводних (моторних) вагонів.
- Для виключення шуму від роботи тягового обладнання і трансмісії необхідно забезпечити більш ефективну звукоізоляцію в пасажирських салонах проміжних вагонів.

- Наявність в пасажирських вагонах тягового електрообладнання призводить до виникнення в зонах близьких до пасажирів магнітних і електростатичних полів.
- Використання розподіленої тяги приводить до необхідності більшої кількості пантографів, які розташовані по всій довжині електропоїзди. Відстань між ними значно менше, ніж у варіанті з зосередженої тягою, що може привести до певних проблем при проходженні стиків між різними системами живлення.

4.2 Переваги та недоліки тягових приводів на кінцевих вагонах

Переваги схеми поїзда з двома головними моторними вагонами:

- Можливість різного формування електропоїзди, за рахунок включення до його складу різних причіпних вагонів в залежності від потреби в перевезеннях на різних маршрутах.
- Менша кількість в поїзді силовий апаратури, приводних механізмів, трансмісій, що значно зменшує витрати на утримання, ремонт і експлуатацію рухомого складу.
- Для двосистемних електропоїзди розміщення пантографів на головних вагонах краще, так як при переході вставок зміни харчування це викликає менше проблем.
- Відсутність тягових приводів в проміжних вагонах створює більш комфортні умови для пасажирів за рахунок виключення шуму від роботи силового обладнання і трансмісій, а також виключена можливість виникнення магнітних і електростатичних полів роблять негативний вплив на самопочуття.

- При зменшенні базового (розрахункового) числа вагонів підвищуються динамічні характеристики, що дозволяє скоротити час руху на маршруті за рахунок підвищення середньої швидкості руху. При цьому, питоме споживання електроенергії необхідне для перевезення одного пасажирів значно не змінюється.

Недоліки схеми поїзда з двома головними моторними вагонами:

- При значному збільшенні довжини до 18-20 вагонів і ваги електропоїзди виникає необхідно збільшення осьового навантаження в головних вагонах для забезпечення необхідного зчеплення колеса і рейки, або виготовлення головних вагонів в двосекційним виконанні.

Аналізуючи викладену вище інформацію та існуючі умови експлуатації рухомого складу України з врахуванням вимог інтероперабельності, найбільш прийнятним варіантом міжрегіонального двосистемного електропоїзда є схема з двома головними моторними вагонами, представником яких на даний час є електропоїзд вітчизняного виробництва ЕКр1.

Враховуючи світовий досвід та стрімку євроінтеграцію України, а також наявність колії 1520 мм у сусідніх європейських державах, ці електропоїзди можливо використовувати і в міжнародних перевезеннях.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуте актуальне питання використання електропоїздів згідно вимог інтеперабельності.

Проведено аналіз технічні характеристики сучасних електропоїздів, що використовуються для швидкісного та високошвидкісного руху в світі, а також електропоїздів, що на даний час забезпечують регіональні перевезення в Україні.

Аналізуючи існуючі умови експлуатації рухомого складу України з врахуванням вимог інтеперабельності, найбільш прийнятним варіантом міжрегіонального двосистемного електропоїзда обрана схема з двома головними моторними вагонами, представником яких на даний час є електропоїзд ЕКр1.

Враховуючи світовий досвід та стрімку євроінтеграцію України, а також наявність колії 1520 мм у сусідніх європейських державах, ці електропоїзди можливо використовувати і в міжнародних перевезеннях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила тягових розрахунків для поїздної роботи. –М.:Транспорт,1985.
2. Гетьман Г.К.: Теорія електричної тяги : Дніпропетровськ нац. ун-т. залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, Акцент ПП, 2014 .-. Т.1. – 580 с.
3. Гетьман Г.К.:Теорія електричної тяги : Дніпропетровськ: Видавництво Маковецький , 2011.Т.2. – 364с.
4. Вибір раціональних параметрів номінального режиму пасажирських електровозів: Монографія авторів/ Г.К.Гетьман, С.В.Арпуль, А.І.Кійко, Ю.В.Міхайленко – Дн-вск: Видавництво Маковецький, 2012. – 188с.
5. Вісін М.Г. Збільшення надійності праці систем автоматичного керування електропоїздів: Монографія / Н.Г.Вісін, Б.Т. Власенко, Д.А.Забарило / -Дн-вск: видавництво Маковецький,2012.-256с.
6. Теорія електричної тяги / В. Є. Розенфельд, І.П. Ісаєв, Н. Н. Сидоров, М.Й. Озеров; Під ред. І.П. Ісаєва.-М .: Транспорт, 1995.-294 с.
7. Посмітюха А.А., Одегов М.М. Електропоїзд подвійного живлення для міжрегіональних пасажирських перевезень Hyundai Rotem // «Локомотив-інформ». - 2012. - № 1-2.
8. Комплексна програма оновлення рухомого складу залізничного транспорту України на 2006 – 2010 роки.
9. Інтегрований звіт АТ «Укрзалізниця» 2018. [Електронний ресурс] URL: <https://pbcc.com.ua/download/uz-2018.pdf>
10. [Електронний ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HRCS2>.
11. [Електронний ресурс] URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
12. Стандарт СТІ 01-005:2016 "Рух пасажирських поїздів прискорених. Вимоги до інфраструктури та рухомого складу"
13. Закон України «Про залізничний транспорт»
14. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»

15. Закон України «Про екологічну експертизу»
16. Закон України «Про охорону атмосферного повітря»
17. Закон України «Про відходи»
18. Кодекс цивільного захисту України
19. ДСТУ ГОСТ 4835:2008 Колісні пари вагонів магістральних залізниць колії 1520мм. Технічні умови
20. ДСТУ ГОСТ 10791:2006 Колеса суцільнокатані. Технічні умови (ГОСТ 10791-2004. IDT)
21. ДСТУ ГОСТ 11018:2005 Тяговий рухомий склад залізниць колії 1520 мм. Колісні пари. Загальні технічні умови (ГОСТ 11018-2000. IDT)
22. ДСТУ ГОСТ 31334:2009 Осі для рухомого складу залізниць колії 1520 мм. Технічні умови (ГОСТ 31334-2007, IDT)
23. ДСТУ 4049-2001 Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Вимоги безпеки
24. ДСТУ 4155-2003 Захист від пожеж. Матеріали текстильні. Методи випробування на займистість
25. ДСТУ 4493:2005 Вагони магістральні пасажирські дизель- та електропотягів. Вимоги щодо безпеки
26. ДСТУ 4809:2007 Ізольовані проводи та кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування
27. ДСТУ 7571:2014 Рухомий склад залізниць. Норми допустимого впливу на залізничну колію шириною 1520 мм
28. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования
29. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589) ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения
30. ГОСТ 20444-85 Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики
31. ГОСТ 26918-86 Шум. Методы измерения шума железнодорожного подвижного состава

32. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок
33. НПАОП 60.1-1.48-00 Правила безпеки для працівників залізничного транспорту на електрифікованих залізницях
34. ВБН В.2.3-2-2009 Споруди транспорту. Електрифікація. Норми проектування
35. ВБН В.2.3-3-2009 Споруди транспорту. Контактна мережа. Норми проектування
36. ВНД 32.0.07.001-2001 Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць колії 1520 мм
37. ЦВ-ЦЛ-0013 Інструкція з ремонту гальмівного обладнання вагонів
38. ЦВ-ЦЛ-0058 Інструкція з експлуатації та ремонту вагонних букс з роликівими підшипниками
39. ЦВ-ЦЛ-0062 Інструкція з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар
40. ЦВ-ЦЛ-0092 Інструкція з технічного обслуговування букс, обладнаних касетними конічними підшипниками
41. ЦВ-ЦЛ-ЦТ-0014 Інструкція по ремонту і обслуговуванню автотягачного пристрою рухомого складу залізниць України
42. ЦВ-ЦШ-0053 Інструкція з розміщення, встановлення та експлуатації засобів автоматичного контролю стану рухомого складу під час руху поїзда
43. ЦД-0058 Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України
44. ЦД-ЦЕ-ЦШ-0074 Методичні рекомендації щодо складання карт освітленості, чутності гучномовного зв'язку і стійкого радіозв'язку
45. ЦЛ-0025 Керівництво з технічного обслуговування пасажирських вагонів
46. ЦЛ-0034 Положення про єдину технічну ревізію, зимове та літнє обслуговування пасажирських вагонів

47. ЦІ-0056 Інструкція з пожежної безпеки у вагонах поїздів
48. ЦІ-0080 Інструкція з експлуатації, технічного обслуговування та ремонту пасажирських візків моделей 68-4065/4066 та 68-7007/7012
49. ЦІ-0084 Правила ремонту та експлуатації дискових гальм пасажирських вагонів побудови ВАТ «КВБЗ»
50. ЦТ-0058 Інструкція з технічного обслуговування, ремонту та випробування гальмівного устаткування локомотивів та моторвагонного рухомого складу
51. ЦТ-0060 Інструкція з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомого складу залізниць України
52. ЦТ-0067 Інструкція по забезпеченню пожежної безпеки на локомотивах і моторвагонному рухомого складі
53. ЦТ-0165 Інструкція з технічного обслуговування та ремонту вузлів з підшипниками кочення локомотивів та моторвагонного рухомого складу
54. ЦТ-ЦВ-ЦІ-0015 Інструкція по експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України
55. ЦТ-ЦВ-ЦІ-ЦП-0050 Правила нагляду за котлами і повітряними резервуарами рухомого складу залізниць
56. ЦТ-ЦЕ-0104 Інструкції щодо порядку використання струмоприймачів електрорухомого складу в різних умовах експлуатації
57. ЦУО-0022 Інструкція про порядок дій працівників залізничного транспорту при виявленні і гасінні пожеж в рухомого складі залізничного транспорту
58. ЦУО-0039 Технічні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки пасажирських вагонів
59. ЦШ-0001 Інструкція з сигналізації на залізницях України
60. ЦШ-0030 Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України

61. ЦШ-0052 Правила експлуатації поїзного радіозв'язку
62. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року.
Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів Ук-раїни від 30 травня 2018 р. № 430-р.
63. Інтегрований звіт АТ «Укрзалізниця» 2018.
64. Сучасні конструкції та динаміка рухомого складу залізниць: навч. посіб. / В.Г. Маслієв. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – 120 с.
65. Стратегія АТ «Укрзалізниця» на 2019–2023 роки.
66. Державна служба статистики України: ukrstat.gov.ua.
67. АТ «Укрзалізниця» <https://www.uz.gov.ua/>
68. Директива (ЄС) 2016/797
69. Директива (ЄС) 2016/798