

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Будівництво, архітектура та інфраструктура
(назва факультету)

Транспортна інфраструктура
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему: Особливості застосування рухомого складу при переході наді на європейську ширину колії
за освітньою програмою Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті
зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ІН2321


(підпис студента)

/ Михайло ДІДЕНКО / /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/ проф. Дмитро КУРГАН / /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

(назва розділу)

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент


(підпис)

Дніпро – 2025 рік

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

Construction, Architecture and Infrastructure

(faculty)

Transport Infrastructure

(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Specifics of rolling stock usage during the transition to the European track gauge

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: IN2321

/ Mykhailo DIDENKO /

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Full Professor Dmytro KURHAN /

(position, name, surname)

/

(position, name, surname)

/

Supervisors

(Chapter title heading)

/

(position, name, surname)

/

(Chapter title heading)

/

(position, name, surname)

/

(Chapter title heading)

/

(position, name, surname)

/

(Chapter title heading)

/

(position, name, surname)

/

Dnipro – 2025

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 _____

Олексій ТЮТКІН

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

магістр

(ступінь вищої освіти)

студенту Діденко Михайлу Андрійовичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Особливості застосування рухомого складу при переході на європейську ширину колії

Керівник роботи: Курган Дмитро Миколайович, д-р техн. наук, професор

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від

"16" 02 2024 р. № 157ст

2. Строк подання студентом роботи: 13.01.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Характеристики сучасного рухомого складу та залізничної інфраструктури, відповідні нормативні документи

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

4.1 Аналітична частина:

Стан питання переходу з національної на європейську ширину колії

4.2 Основна частина:

Вимоги до залізничної інфраструктури та варіанти її реконструкції; позитивні та негативні наслідки переходу до рухомого складу європейського виробництва; аналіз можливості застосування українського рухомого складу для європейської колії

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

Набір демонстраційних слайдів для захисту роботи

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
1	Курган Д. М., професор		
2	Курган Д. М., професор		
3	Курган Д. М., професор		
4	Курган Д. М., професор		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Сучасний стан питання переходу в Україні на європейську ширину колії		
2	Розділ 2. Вимоги до залізничної інфраструктури та варіанти її реконструкції		
3	Розділ 3. Позитивні та негативні наслідки переходу до рухомого складу європейського виробництва		
4	Розділ 4. Аналіз можливості застосування українського рухомого складу для європейської колії		
5	Формування реферату, загальних висновків та рекомендацій		
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	13.01.25	100%
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії		

Студент

_____ (підпис)

Михайло ДІДЕНКО

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Дмитро КУРГАН

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра містить 81 сторінку, 17 рисунків, 13 таблиць, 19 джерел.

Об'єкт розробки – процес переходу з національної на європейську ширину колії.

Мета роботи – проведення досліджень щодо особливостей застосування рухомого складу при переході на європейську ширину колії.

У цій роботі було проаналізовано сучасний стан проблеми переходу з колії 1520 мм на європейську 1435 мм. Розглянуто основні вимоги до залізничної інфраструктури та варіанти її реконструкції. Встановлено позитивні та негативні наслідки переходу до рухомого складу європейського виробництва, а також проведено аналіз можливості застосування українського рухомого складу для руху по європейській колії.

На основі проведеного дослідження були вироблені рекомендації щодо застосування рухомого складу на європейській колії.

Ключові слова: ПРИКОРДОННІ ПЕРЕХОДИ, ШИРИНА КОЛІЇ, СУМІСНІСТЬ МЕРЕЖІ ЗАЛІЗНИЦЬ, РУХОМИЙ СКЛАД, КРУГОВІ КРИВІ, ПЛАН ТА ПРОФІЛЬ КОЛІЇ.

ЗМІСТ

Реферат	5
Вступ.....	7
1 Сучасний стан питання переходу в Україні на європейську ширину колії... 9	9
1.1 Ширина колії залізниць в країнах світу.....	9
1.2 Вибір ширини колії для ВШМ і спільна експлуатація магістралей із різною шириною колії	12
1.3 Стан забезпечення сумісності мережі залізниць України з залізницями Європи	14
2 Вимоги до залізничної інфраструктури та варіанти її реконструкції.....	26
2.1 Кругові криві в плані	26
2.2 Поздовжній профіль та план високошвидкісних магістралей	32
3 Позитивні та негативні наслідки переходу до рухомого складу європейського виробництва	36
4 Аналіз можливості застосування українського рухомого складу для європейської колії	41
4.1 Вимоги технічних специфікацій інтероперабельності (TSI) до рухомого складу	41
4.2 Застосування українського рухомого складу для європейської колії .	47
4.3 Застосування європейського рухомого складу для реалізації руху поїздів між Україною та Європейським Союзом.	52
4.4 Визначення економічної ефективності вводу в експлуатацію швидкісного електропоїзда	65
Висновки та рекомендації	73
Перелік посилань	74
Додаток А Демонстраційні матеріали до захисту магістерської роботи на тему: «Особливості застосування рухомого складу при переході на європейську ширину колії».....	76

ВСТУП

Прагнення України до європейського рівня виробництва продукції, зокрема для залізничного транспорту, є об'єктивним та незаперечним фактом. Але на цьому шляху є певні труднощі, які полягають у існуванні відмінностей української законодавчої системи з технічного регулювання у залізничній галузі, у особливостях національного характеру щодо впровадження нормативно-правових актів у цій сфері, та у дуже повільному процесі впровадження нормативних документів (національних стандартів, гармонізованих з європейськими чи міжнародними) методом перекладу.

Угодою про асоціацію [1] між Україною та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами визначено впровадження в Україні високошвидкісного залізничного транспорту із забезпеченням імплементації низки нормативно-правових актів Європейського Союзу (директив, регламентів та рішень), що стосуються зокрема забезпечення інтероперабельності (або експлуатаційної сумісності) рухомого складу та інфраструктури залізничного транспорту.

Перехід на європейську ширину колії – це масштабний і складний процес, який потребує ретельного аналізу та комплексного підходу. Він має значний вплив на всі аспекти залізничного транспорту, зокрема на використання рухомого складу та залізничної інфраструктури.

Інтероперабельність – це здатність залізничного транспорту різних країн взаємодіяти між собою без обмежень [2]. Саме інтероперабельність є ключовою метою при переході на європейську колію. Вона дозволяє забезпечити безперервність руху поїздів, спрощує логістичні процеси та сприяє розвитку міжнародних залізничних перевезень.

Безпека – це невід'ємний аспект будь-якого виду транспорту, і залізничний не є винятком. Перехід на нову ширину колії вимагає суворого дотримання всіх норм і правил безпеки, щоб уникнути аварійних ситуацій.

Актуальність теми зумовлена прагненням України інтегруватися в європейський залізничний простір та створити сучасну і ефективну транспортну

систему. Перехід на європейську ширину колії відкриває нові можливості для розвитку економіки країни, сприяє залученню інвестицій та зміцненню торговельних відносин з країнами ЄС.

Мета магістерської роботи – проаналізувати особливості застосування рухомого складу при переході на європейську ширину колії, дослідити питання інтероперабельності та безпеки на залізничному транспорті, а також розглянути можливі шляхи вирішення виникаючих проблем.

Задачі дослідження:

- проаналізувати сучасний стан питання переходу в Україні на європейську ширину колії;
- проаналізувати вимоги до залізничної інфраструктури та варіанти її реконструкції для використання на залізницях різної ширини колії;
- охарактеризувати особливості рухомого складу, що використовується на залізницях з різною шириною колії;
- проаналізувати вимоги до рухомого складу для забезпечення інтероперабельності;
- оцінити економічні та соціальні наслідки переходу на європейську ширину колії.

Об'єкт дослідження: залізнична інфраструктура та рухомий склад залізничного транспорту.

Предмет дослідження: особливості застосування рухомого складу при переході на європейську ширину колії в контексті забезпечення інтероперабельності та безпеки.

Результати дослідження дозволять розробити рекомендації щодо вдосконалення процесу переходу на європейську ширину колії, забезпечення безпеки руху поїздів та підвищення ефективності залізничного транспорту в Україні.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПЕРЕХОДУ В УКРАЇНІ НА ЄВРОПЕЙСЬКУ ШИРИНУ КОЛІЇ

Перехід України на європейську ширину колії (1435 мм) є важливим питанням для інтеграції української залізниці до європейської транспортної системи [3]. Зараз в Україні використовується колія шириною 1520 мм, що відрізняється від стандарту, прийнятого в більшості країн Європи.

Існують різні варіанти реалізації переходу на європейську колію, включаючи будівництво нових колій паралельно існуючим або поступову заміну існуючих колій.

Важливим аспектом є також гармонізація технічних стандартів та правил експлуатації залізниць між Україною та ЄС та координація дій між різними державними органами, залізничними компаніями та європейськими партнерами [3, 4].

1.1 Ширина колії залізниць в країнах світу

Залізничні мережі України (рис. 1.1) – одні з найбільших національних систем залізниць світу, побудовані із застосуванням ширини колії, відмінної від більшості європейських країн. Розвиток швидкісних і високошвидкісних сполучень між Україною і Заходом, безумовно, зробить найближчими роками проблему сумісності залізничних мереж різних країн більш актуальною [4, 5].

На початковому етапі розвитку залізничного транспорту окремі залізниці розглядалися як ізольовані транспортні системи, ширину колії яких будівельники обирали довільно, виходячи з різних техніко-економічних міркувань. До 40-х років XIX століття у Великій Британії, наприклад, було побудовано залізниці, які мали понад 33 стандарти колії.

Питання про можливе об'єднання залізниць у єдину мережу країни, спершу дуже невпевнено, постало у Великій Британії наприкінці 30-х років XIX століття, в інших країнах – пізніше, а на міждержавному рівні континентальної Європи тільки в другій половині XIX століття.



Рисунок 1.1 – Територіальний поділ залізниць України

У перші десятиліття існування залізниць багато інженерів пов'язували підвищення швидкості руху поїздів із необхідністю застосування ширшої колії, яка, як вони вважали, забезпечувала б більшу стійкість рухомого складу, давала б змогу збільшувати габаритні розміри паровозів для підвищення потужності. Тим часом будівництво інженером Дж. Стефенсоном в Англії першої залізниці з паровою тягою Манчестер – Ліверпуль 4 фути, 8½ дюймів, що становить 1435 мм, мало дуже велике значення не лише з погляду дедалі більшого розповсюдження паровозів, а й з позицій становлення зазначеної колії, яку часто іменують «степенсонівською», як нормальної, спершу для Англії, а згодом і для багатьох інших країн. Поширенню цього стандарту сприяло те, що Джордж Стефенсон і його син Роберт започаткували на своєму заводі в Нью-Кастл Апон Тайн – одному з перших паровозобудівних заводів у світі, випуск локомотивів і вагонів саме для цієї колії.

Однак цей стандарт залізничної колії піддавався критиці багатьма інженерами у Великій Британії та інших країнах. Були прихильники і більш

вузької колії, ніж 1435 мм. Вони виходили з економічної доцільності вузькоколіїних залізниць. Інші вважали за необхідне прийняття ширшої колії, перш за все, з метою безпечного підвищення швидкості руху [4, 6].

Одним із послідовних прихильників широкої колії був британський інженер І. Брюнель. Основоположним фактором прийняття ним ширшої колії, ніж використовував Дж. Стефенсон, було саме прагнення створити швидкісну залізницю.

Будівництво у Великій Британії Великої Західної залізниці шириною колії 7 футів і $\frac{1}{4}$ дюйма (2140 мм – найширшої з тих, що коли-небудь застосовувалися на магістральних залізницях), розпочалося 1833 р. Справді, спочатку на цій дорозі, довжина якої до 1841 р. становила 275 км, було встановлено кілька рекордів швидкості. Однак незабаром швидкісні показники залізниць, побудованих Дж. Стефенсоном із колією 1435 мм, зрівнялися, а потім і перевершили ті, що були досягнуті на Великій Західній залізниці. Тим часом, капітальні вкладення під час будівництва та експлуатаційні витрати на ній виявилися вищими, ніж на «стефенсонівській».

«Битва на коліях» – так іменують в історичній літературі драматичний період вибору стандартної колії на Британських островах, за яким стояли економічні та навіть політичні інтереси окремих груп промисловців і банкірів, закінчилася в 1846 р., коли Парламент Великої Британії ухвалив «Закон про колію» (Gauge Act), затвердивши як стандартну для країни ширину колії 4' 8 $\frac{1}{2}$ " (1435 мм). Вона стала найпоширенішою у світі й отримала крім назв «стандартна», «нормальна» ще й найменування «стефенсонівська».

У світовій залізничній літературі колію 1435 мм заведено називати «стандартною» або «нормальною», ширшу - «широкою», вужчу - «вузькою». В Україні та країнах колишнього СРСР «стандартною» називають колію 1520 мм, а «стефенсонівську» - 1435 мм, іменують «вузькою». Ширшу колію, ніж в Україні, мають кілька країн: Ірландія – 1600 мм, Іспанія нині – 1668 мм (до недавнього часу – 1676 мм), Португалія – 1676 мм (Іберійська колія), Фінляндія – 1524 мм. Поширені у світі й вужчі види колії: 1067 мм – Японія, багато країн

Африки. Австралія має три стандарти: 1067, 1435 і 1600 мм. У світі широко використовується також колія шириною 750 і 1000 мм.

В історичній літературі представлено різні версії того, чому було прийнято колію шириною 5 футів (1524 мм). Дослідження великого вітчизняного історика залізниць професора Д. І. Каргіна показують, що прийняття цієї колії як стандартної для нашої країни було засновано на ретельному порівнянні експертами Відомства шляхів сполучення досвіду різних країн. Було визнано, що в США на той час було створено залізничну техніку, яка найбільше відповідала умовам Росії, для колії 5 футів (1524 мм), що і було найвищою мірою затверджено 14 лютого 1843 р. Пізніше ширина колії 1524 мм стала стандартною і для залізниць Фінляндії - Великого князівства Фінляндського, яке в ті роки входило до складу Російської Імперії.

Наприкінці 60-х років ХХ століття на залізницях СРСР було проведено грандіозну роботу зі звуження колії на 4 мм до 1520 мм, що, на думку авторів пропозиції – вчених ВНІЗТу, мало забезпечити більшу стабільність рухомого складу під час руху з високою швидкістю. Колія шириною 1520 мм була узаконена на залізницях СРСР Правилами технічної експлуатації (ПТЕ) в 1970 р. і збереглася в даний час для залізниць України та інших країн з числа колишніх республік СРСР. (Нині мережу цих залізниць прийнято називати «простір колії 1520»).

Ефект стабілізації руху рухомого складу (зменшення впливання за рахунок менших кутів набігання коліс на рейки) після звуження колії дійсно підтвердився. Але низка вчених і практиків вважають, що звуження колії стало причиною більш інтенсивного «підрізу» гребенів коліс – підвищеного зносу колісних пар.

1.2 Вибір ширини колії для ВШМ і спільна експлуатація магістралей із різною шириною колії

При створенні високошвидкісного залізничного транспорту в ХХ столітті кілька країн зіткнулися з проблемою вибору для своїх високошвидкісних

магістралей ширини колії [7]. В Японії національна мережа залізниць має колію 1067 мм, в Іспанії більшість залізниць побудована з колією 1668 мм. Як було вже зазначено раніше в Україні та країнах колишнього СРСР ширина колії магістральних залізниць дорівнює 1520 мм, у Фінляндії – 1524 мм. У двох країнах – в Японії та Іспанії – було ухвалено рішення про спорудження ВШМ нормальною колією (1435 мм), унаслідок чого виникла проблема забезпечення сумісності мережі наявних залізниць із новими ВШМ.

В Японії для того, щоб зробити високошвидкісний рух доступнішим для населення, було влаштовано примикання до мережі нормальної колії «Сінкансен» у вигляді так званих ліній «Міні Сінкансен». Вони зроблені на базі наявних магістральних залізниць вузької колії. На цих лініях посилено мости, випрямлено деякі ділянки з кривими малого радіусу, проведено комплексне оздоровлення земляного полотна, після чого покладено нову колію на посилених залізобетонних шпалах із трьома ходовими рейками, що утворюють дві колії: 1435 і 1067 мм. На деяких лініях «Міні Сінкансен» відмовилися від руху поїздів вузької колії та залишили тільки колію шириною 1435 мм. Лінії «Міні Сінкансен» мають менший габарит наближення будов (такий самий, як на всіх залізницях вузької колії). Цими лініями обертається як рухомий склад колії 1067 мм, так і спеціальні поїзди серії 400 та ЕЗ, які мають менший габарит рухомого складу.

Ще до появи ВШМ в Іспанії в низці прикордонних районів із Францією було влаштовано ділянки, на яких суміщалися колії залізниць колії 1435 мм і 1668 мм. Такі суміщені ділянки побудовані останніми роками і на примиканнях до ВШМ.

Однак прокладання на одних шпалах колії ВШМ 1435 мм і звичайної для цієї країни колії (широкої або вузької колії) не вирішує проблему суміщення руху поїздів по ВШМ і звичайними залізницями. У зв'язку з цим у низці країн створено рухомий склад, що має пристрій колісних пар, який дає змогу йому переходити з однієї колії на іншу.

1.3 Стан забезпечення сумісності мережі залізниць України з залізницями Європи

З початком широкомасштабного вторгнення Росії в Україну в лютому 2022 року Україна закрила прикордонні переходи з країною-агресором та її сателітом Білоруссю. Відтоді всі залізничні перевезення спрямовуються на захід.

Поточний стан та проблеми:

- різна ширина колії – головна проблема полягає у різниці ширини колії, що створює перешкоди для безперешкодного руху поїздів між Україною та країнами ЄС. Наразі на кордонах використовуються перевантаження вантажів або зміна колісних пар вагонів, що збільшує час та вартість перевезень;

- необхідність значних інвестицій – перехід на європейську колію вимагає значних фінансових вкладень у реконструкцію існуючої інфраструктури, будівництво нових колій та закупівлю нового рухомого складу;

- технічні складнощі – процес переходу є технічно складним та потребує ретельного планування та координації. Необхідно враховувати особливості рельєфу, існуючу інфраструктуру та інші фактори.

Позитивні аспекти та перспективи:

- покращення сполучення з ЄС – перехід на європейську колію сприятиме покращенню транспортного сполучення з країнами ЄС, збільшенню обсягів торгівлі та розвитку туризму;

- підвищення ефективності перевезень – уніфікація ширини колії дозволить скоротити час та вартість перевезень, підвищити ефективність логістичних операцій;

- залучення інвестицій – реалізація проєкту з переходу на європейську колію може залучити іноземні інвестиції та сприяти розвитку залізничної галузі України.

На кінець 2024 року діють 14 прикордонних залізничних переходів, що з'єднують Україну з п'ятьма країнами Європи: Польщею, Словаччиною, Угорщиною, Румунією та Молдовою.

За даними інтернет-видання [1] найбільше переходів Україна має з Польщею

- це 6 стиків, з яких працюють 4. Передача вагонів проводиться по переходах:
- Ягодин – Дорогуськ (вигляд цього переходу 100 років тому показано на рисунку 1.2);
 - Ізов – Грубешув;
 - Мостиська-2 – Медика (рисунок 1.3);
 - Рава-Руська – Верхрата.

В 2023 році обсяги перевезень вантажів зросли більш ніж на 30 %.

Прикордонний перехід Ягодин – Дорогуськ є основним пунктом пропуску між Києвом та Варшавою. Він знаходиться на суміщеній лінії 1435/1520 мм залізничного сполучення Ковель – Хелм загальною довжиною 66 км.

Більшість пасажирських поїздів завдяки суміжній лінії 1435/1520 мм не проходять перестановку колісних пар. Із 4 пар потягів лише в поїзді № 67/68 Київ – Варшава замінюють візки. Інші состави рухаються з Києва до Хелма колією 1520 мм.



Рисунок 1.2 – Митний перехід Ягодин-Дорогуськ 100 років тому



Рисунок 1.3 – Митний перехід Мостиська-2 – Медика

Щодо вантажних перевезень, то об'єми останнім часом дещо впали (як і на інших переходах) у зв'язку з проблемами експорту українського зерна до сусідніх країн. Так, згідно обсягів здачі поїздів через прикордонні переходи, станом на початок червня 2023 року, через стик Ягодин – Дорогуськ фактично середньодобова здача за звітний місяць становить 4 поїзди.

У майбутньому даний перехід має великий потенціал, зокрема, на колії 1435 мм. Так, влітку 2022 року Ковельська міська рада та американська компанія A.M. Geller International Inc. підписали меморандум про співпрацю при створенні індустріального парку «Ковель». У ньому йдеться про плани на модернізацію та реновацію залізничної колії Ковель – Хелм [1].

Даний пункт пропуску забезпечує найкоротший транзит до портів Литви, Латвії та Естонії з центральної, північної та східної частини України загальною лінією Київ – Ковель – Ягодин – Дорогуськ – Люблін – Білосток – Елк – Моцкава – Шештокай – Каунас – Клайпеда. Далі можливі відгалуження ще до ряду великих та малих портів Латвії та Естонії. До слова, за рік повномасштабного вторгнення в обох напрямках між Україною та Литвою прослідували 282 поїзди.

Прикордонний перехід Ізов – Грубешув – другий діючий залізничний перехід

на Волині. Особливість його полягає в тому, що продовження залізниці територією Польщі відбувається колією стандартом 1520 мм довжиною 394 км до вантажної станції Славкув. Ця залізниця більш відома як LHS («Металургійна ширококолійна лінія»). Завдяки цьому даний перехід є одним із найбільш затребуваних.

Влітку 2022 року українські залізничники завершили електрифікацію дільниці Ковель – Ізов – Держкордон довжиною 94 км. За рахунок цього планувалося збільшити вагу вантажних поїздів з 4600 т до 5500 т.

Прикордонний перехід Рава-Руська – Верхрата розташований в однойменному місті Львівської області. Підхід до стику відбувається лініями Львів – Рава-Руська довжиною 67 км та Червоноград – Рава-Руська довжиною 55 км. Перехід не є електрифікованим, можливість проведення таких робіт не розглядається. До того ж тут розібрана колія 1435 мм. Однак свої функції перехід виконує, хоча тут здають в середньому лише 6 вагонів на добу.

Від Верхрати у Польщі залізниця 1435 мм тягнеться до вузлової станції Муніна, яка розташована між Перемишлем та Пшеворськом. Тож прикордонний перехід Рава-Руська – Верхрата може стати при нагоді для вантажів, які направляються у напрямку Кракова, Вроцлава, а також до Німеччини та Чехії. Варто зауважити, що ще за півроку до початку повномасштабного вторгнення ворога в Україну, залізниця Польщі оголосила про відновлення широкої та європейської колії на товарній станції у Верхраті.

Починаючи з 2016 року, прикордонний перехід Мостиська-2 – Медика демонструє позитивну пасажирську динаміку. Проте і вантажні перевезення мають тут неабияку перспективу. Особливо цьому сприяє побудований торік контейнерний термінал «Мостиська», одним із інвесторів якого є компанія «Лемтранс», найбільший приватний оператор вагонів в Україні.

З 2010 року де-факто на кордоні України з Польщею не працює перехід Хирів – Кросценко, хоча останнім часом йдуть розмови про його відкриття. Аналогічна ситуація зі стиком Рава-Руська – Гребенне, який не використовувався останні 18 років після відміни поїзда Варшава – Рава-Руська. Проте вже восени його

планують відновити, тим самим надавши нове дихання переходу.

Українську та Словацьку залізниці з'єднують два прикордонні переходи, зокрема Чоп – Чірна над Тісоу (з коліями 1435/1520 мм) та Ужгород – Матевці (колія 1520 мм). При цьому 90% вантажів прямують з рудними вантажами.

Через перехід Ужгород – Матевці пролягає найдовша ширококолійна залізниця в Словаччину до станції Ганиська, що поблизу міста Кошице. У травні 2023 року тут перевезено півмільйона тонн залізної руди. Окрім традиційних металургійних вантажів, перехід може приймати зернові. Для підтримки інфраструктури Словацька залізниця у червні провела ремонт колій та контактної мережі на дільницях Держкордон – Матевці та Матевці – Ганиська при Кошицях.

Важливо зазначити, що через прикордонний перехід Ужгород – Матевці відсутній пасажирський рух. Зважаючи на це та можливість заїжджати в Словаччину без перестановки колісних пар, даний прикордонний перехід є швидким рішенням доставити вантажі до Словаччини та, згодом, до Австрії.

Щодо переходу Чоп – Чірна над Тісоу, то тут передача вагонів може відбуватись коліями 1435 та 1520 мм.

Зважаючи на заборону експорту зернових вантажів до ряду країн ЄС, вантажовідправники нині шукають інші логістичні шляхи для їхнього транспортування. Переходи з Угорщиною стали лідерами у пропуску зернових.

Через стик Чоп – Захонь станом на початок червня в середньому передавалося 73 вагони на добу. Невдовзі показники можуть зрости завдяки анонсованому запуску у серпні австрійською Rail Cargo Group інтермодального сполучення між Києвом, Львовом, Будапештом і Віднем.

Затребуваним є сусідній стик Батьово – Еперешке. Через нього Укрзалізниця передавала на початку червня в середньому 164 вагони, більшість яких були завантажені зерном.

Між Україною та Румунією здача вантажів відбувається по двох стиках Дяково – Халмеу та Вадул-Сірет – Дорнешти.

По переходу Дякове – Халмеу у середньому на початку червня передавалося

19 вагонів, по стику Вадул-Сірет – Дорнешти значно більше – 179. Це один із найпопулярніших переходів для перевезення української агропродукції.

Зокрема, поблизу станції Вадул-Сірет ГК Alebor Group збудувала зерновий комплекс «Вадул-Сіретський термінал». На нього заїжджають румунські локомотиви, які забирають українські вагони з зерном.

Ще два прикордонних переходи готують до вантажних перевезень. На початку 2023 року в АТ «Укрзалізниця» зазначали, що відновлення роботи переходів Рахів – Валя-Вішеулуй та Тересва – Кимпулунг-ла-Тіса дозволить щодня відправляти 6 пар вантажних поїздів.

Перехід Рахів – Валя-Вішеулуй відновив свою роботу у січні 2023 року одночасно з запуском міжнародних пасажирських поїздів. До цього стик не діяв з 2011 року. Проте, чи зможе цей стик приймати вантажні поїзди? Питання риторичне, адже інтенсивність пасажирських поїздів рахівського напрямку, низька пропускна спроможність дільниці Івано-Франківськ – Рахів та складний рельєф колії ставлять це під сумнів.

А от ситуація з переходом Тересва – Кимпулунг-ла-Тіса значно цікавіша. Минулого року Укрзалізниця відремонтувала дільницю Тересва – Держкордон протяжністю 1,1 км, проте, на відміну від «сусіднього» стику Рахів – Валя-Вішеулуй, руху і досі немає, навіть пасажирського. Востаннє тут курсували до 19 жовтня 2007 року приміські поїзди Тересва – Сігет. На відміну від рахівського стику, профіль колії тут значно легший, кількість пасажирських поїздів менша та більша пропускна спроможність. Однак перспективи вантажних перевезень поки примарні, враховуючи що через стик Дякове – Халмеу здається набагато менше вагонів, аніж, приміром, через Вадул-Сірет.

З іншого боку, через перехід могли би проходити транзитом вантажі з Закарпаття до Буковини, адже маршрут через Румунію на 40 км коротший, ніж через Стрий. Але ефективність таких перевезень малоімовірна, враховуючи застосування виключно тепловозної тяги, низьку допустиму швидкість та перетин державного кордону.

Тому, скоріш за все, перший та другий додаткові стики з Румунією поки

можуть бути цікаві лише в контексті розвитку пасажирського сполучення.

Молдова

Між Україною та Молдовою діє кілька залізничних переходів, по яких сумарно у середньому, станом на початок червня, передавалося 170 вагонів на добу.

Через відновлення нещодавно руху на лінії Березине – Басарабська були внесені зміни в план формування поїздів, що дозволяє Укрзалізниці розвести вагонопотоки. Зокрема через переходи Сокиряни – Окниця та Могилів-Подільський – Велчинець рухаються вантажі до Молдови зі станцій регіональних філій «Південно-Західна залізниця» та «Львівська залізниця», а от на відновлений перехід Серпневе-1 – Басарабська – з інших регіональних філій: Придніпровської, Донецької, Одеської та Південної залізниць.

Варто зазначити, що завдяки розмежуванню вагонопотоків та, відповідно, зменшенню тарифних відстаней, вантажовідправники мають можливість зменшити логістичні витрати. Окрім того, це значне скорочення терміну доставки українських вантажів на 4–6 діб до портів Рені, Галац, Джурджулешти.

Крім основних діючих прикордонних переходів є ще кілька стиків, які призупинили свою роботу внаслідок загрози національній безпеці з боку так званої «Придністровської Молдавської Республіки». Зокрема не працюють переходи Слобідка – Ковбасна, Кучурган – Новосавіцька, Кучурган – Лівада.

В перспективі, за словами заступника директора департаменту комерційної роботи АТ «Укрзалізниця», загалом діючі прикордонні залізничні переходи в змозі щодоби передавати 3422 вагони, це біля 220 тис. т.

Пропускна спроможність прикордонних переходів виглядає таким чином:

- Ягодин – Дорогуськ – 4 поїзда, 200 вагонів;
- Ізов – Грубешув – 12 поїздів, 605 вагонів;
- Рава-Руська – Верхрата – 5 поїздів, 150 вагонів;
- Мостиська-2 – Медика – 6 поїздів, 306 вагонів;
- Вадул-Сірет – Дорнешти – 6 поїздів, 180 вагонів;
- Дякове – Халмеу – 4 поїзда, 120 вагонів;

- Чоп – Чієрна-над-Тисоу – 7 поїздів, 490 вагонів;
- Ужгород – Матевці – 10 поїздів, 500 вагонів;
- Чоп – Захонь (широка колія) – 1 поїзд, 30 вагонів;
- Батьово – Еперешке – 7 поїздів, 420 вагонів;
- Сокиряни – Окниця – 2 поїзди, 86 вагонів;
- Могилів-Подільський – Велчинець – 4 поїзди, 140 вагонів;
- Басарабська – Серпневе-1 – 3 поїзди, 150 вагонів, у перспективі – 5 поїздів.

Проте, через завантаженість стиків лише на 50%, обсяги суттєво менші. По всіх стиках Укрзалізниця передає в середньому 1750 вагонів. Найбільший за останній рік показник складав близько 2000 вагонів.

Для збільшення кількості переданих вагонів та пришвидшення їхнього проходження через кордон потрібно проводити спільний прикордонний контроль, впровадити електронний документообіг між залізницею та митницею, розвивати інфраструктуру.

Згідно з Програмою розвитку залізничних станцій та переходів, що межують з країнами Європейського Союзу та Республікою Молдова на 2022–2025 роки, планується довести кількість прикордонних переходів з 14 до 19, аби збільшити передачу вагонів з вантажами. Зокрема, у планах додати прикордонні переходи із Польщею: Хирів – Старжава – Держкордон, Рава-Руська – Гребенне, Хирів – Нижанковичі – Держкордон. Ще два переходи планують відкрити для вантажних перевезень до Румунії: Ділове – Валя-Вішеулуй та Тересва – Кимпулунг-ла-Тіса.

На деяких прикордонних напрямках, згідно програми, заплановані ті чи інші роботи. Приміром, лінія Ковель – Ягодин – Держкордон буде пропонуватись до електрифікації. На інших стиках у планах провести модернізацію пристроїв сигналізації та зв'язку, збільшити локомотивний парк для обслуговування прикордонних переходів, відремонтувати підкранові колії та пункти перестановки візків вантажних вагонів. Планується також і капітально відремонтувати колії у напрямку стиків зі Словаччиною, Угорщиною та Румунією, а саме, на дільницях Ужгород – Чоп – Батьово – Тересва – Держкордон

та Івано-Франківськ – Рахів – Берлибаш. Певну допомогу в цьому процесі надасть ЄС через програму підтримки транспортних коридорів.

Проте, навіть якщо Укрзалізниця збільшить кількість переходів до 45, як, приміром, між Польщею та Німеччиною, це не вирішить питання пропускну спроможності у сусідів. Навіть нинішні переходи можуть теоретично обробляти 80 млн. т вантажу на рік. Однак і половину цих обсягів важко транспортувати. Адже все упирається в пропуску спроможність європейської інфраструктури. Приміром, українські вантажі прямують до чотирьох портів у Польщі, які за рік обробляють 8,3 млн. т зерна. Ці цифри еквівалентні потужностям українських портів всього за місяць. До війни через морські гавані України експортувалося 120 млн. т вантажів (зерна 60–67 млн. т, руди та вугілля від 31 до 42 млн. т, олії 5–6 млн. т).

Як вихі, потрібно розглядати логістичні ланцюжки для експорту через порти Латвії, Литви та Естонії. Наразі через залізниці цих держав практично припинився транзит російських вантажів, що потрапили під міжнародні санкції. Тож на місце цих товарів може прийти український експорт. Через залізничні прикордонні переходи можуть слідувати вантажі до портів Литви (Клайпеда та Бутінге), Латвії (Лієпая, Рига, Вентспілс, Скулте, Мерсграс, Салацгрива, Павілоста, Роя, Юрмала і Енгуре) та Естонії (Таллінн, Мууга, Палдіскі).

Проте для цього треба вирішити питання з перестановкою колісних пар або з перевантаженням вагонів з широкої на європейську колію та навпаки. Успішні приклади таких логістичних маршрутів уже є, зокрема, у компанії Syngenta.

Окрім портів Балтії нині розглядається збільшення перевезень через порти Дунаю, а саме, Ізмаїл, Рені, Усть-Дунайськ та Кілія шляхом перевантаження у морі з малих фідерних суден на великі.

Щодо терміналів на прикордонні, то впродовж 2022–2023 років їх було збудовано близько сотні, як з боку України, з можливістю заїжджати колією 1435 мм, так і з боку сусідів, з можливістю їздити по колії 1520 мм. Тому терміналів, за словами представника УЗ, зараз достатньо.

На думку повноважного представника компанії Freightliner в Україні,

збільшення кількості терміналів на прикордонних лініях призводить до зростання обсягів перевезень вантажів євроколією. Тож потрібно розширювати пропускну спроможність «вузької» колії на прикордонних станціях для здійснення фітосанітарного, митного та прикордонного контролю.

Приміром, «вузька» колія на дільниці Ягодин – Ковель у 2019 році була повністю відновлена для приймання вантажних поїздів з допустимою швидкістю 50 км/год. Таким чином, проїзд по колії 1435 мм з Ягодина до Ковеля може зайняти в середньому 1,5 години.

Звісно наявності лише колії недостатньо, для її ефективності потрібно вирішити ще ряд залізничних питань.

В Укрзалізниці існує таке поняття як «ефективний поїзд», який має достатню кількість рухомого складу у составі. Але парадокс полягає у тому, що через зношеність тепловозів державної компанії, які працюють на «вузькій» колії, вони не можуть брати більше певної кількості вагонів з вантажем.

Гостроти в цьому питанні додають нові термінали на прикордонних переходах. Якщо на початку широкомасштабної війни на дільниці Яготин – Ковель їх було 3, то зараз уже понад 11. При цьому вкладаються великі капітальні інвестиції. Так, колії будуються з можливістю приймати поїзди до 50 вагонів для ефективності та максимальної завантаженості.

Враховуючи ситуацію зі зношеним парком тепловозів Укрзалізниці потрібно створити на залізниці аналогію «відкритого неба» та передбачити доступ іноземним перевізникам до перевезень на території України їхніми локомотивами по колії 1435 мм до Ковеля.

Водночас, можна передбачити зміну локомотивних бригад – польської на українську – на першій же прикордонній станції Укрзалізниці. Таким чином, після прибуття з Польщі до України, поїзд передаватиметься в керування УЗ до кінцевого пункту призначення.

«В Угоді про асоціацію з ЄС вказано, що сертифіковані в Європі локомотиви мають бути допущені до використання на інфраструктурі Укрзалізниці. Там, де є можливість їздити колією 1435 мм, повинні використовуватися локомотиви

європейських перевізників» [3].

Щодо питання про перестановку колісних пар для вантажних вагонів колії 1520 мм, то експерти ставляться до цього досить скептично. Питання в тому, що подальше курсування в Польщу та країни ЄС певними дільницями дозволяється із навантаженням не більше 20,5 т на вісь, тобто вагон має завантаженість 53–54 т. Як на мірки Укрзалізниці, состав з такими вагонами є «недозавантаженим» та, відповідно, «неефективним». Особливо гостро стоїть питання щодо масових вантажів, які прямують з Кривого Рогу, Дніпра чи Запоріжжя.

Тож, для вантажних поїздів краще обирати євроколію з перевантаженням, а для пасажирських потрібні системи автоматичної зміни ширини колії.

Щодо перспектив нових українсько-польських переходів на Львівщині (Хирів – Кросценко та Нижанковичі – Мальховіце), то, за словами члена правління ГО «Linia102.ua», вантажні перевезення можуть зайняти левову частку на напрямках з Хирова до Кросценко та Перемишля. Для цього є передумови, зокрема наявність перевантажувальної станції у Хирові.

Крім того, на території Добромильської та Хирівської ОТГ планують збудувати три індустриальні парки (один у Хирові та два у Добромилі), два «сухі порти» і два зернові термінали (у Нижанковичах та Хирові). Поштовхом до планування їхнього будівництва стало відновлення залізничної колії у цьому прикордонному регіоні, однак ці плани можуть стати реальністю лише після того, як колія 1435 мм на цій ділянці реально запрацює.

Враховуючи сьогоденні умови вантажних перевезень, кількість переходів між Україною та ЄС є достатньою. Проте їм потрібно приділяти значну увагу, зокрема, у пропускній спроможності, розгалужувати колійну інфраструктуру прикордонних станцій, створювати умови швидкого пропуску поїздів з урахуванням допуску до колій УЗ іноземних перевізників.

За словами експертів, у майбутньому, в процесі євроінтеграції, кількість переходів потрібно буде однозначно збільшувати. Будівництво нових стиків дозволить економічно розвивати прикордонні регіони, будувати нові термінали, зменшувати черги на вже існуючих стиках. Крім того, збільшення кількості

переходів дозволить підвищити надійність перевезення вантажів в міжнародному сполученні. Це завжди буде запасний варіант для тих, хто відправляє вантажі морським чи навіть авіаційним транспортом.

Перехід України на європейську ширину колії є складним, але важливим завданням для інтеграції країни до європейської транспортної системи. Реалізація цього проєкту потребує значних інвестицій, технічної підготовки та політичної волі. Успішне вирішення цього питання сприятиме розвитку економіки України, покращенню транспортного сполучення з країнами ЄС та підвищенню конкурентоспроможності української залізниці.

2 ВИМОГИ ДО ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ВАРІАНТИ ЇЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ

План та поздовжній профіль залізниці повинні забезпечувати безпеку руху поїздів встановленої маси з найбільшими допустимими швидкостями, тобто повинні бути виключені можливість сходу рухомого складу з рейок і розриви зчпних приладів у поїздах, що рухаються. Положення траси у плані та профілі не має викликати надмірних динамічних впливів на рейкову колію і рухомий склад та не створювати незручності пасажиром, тобто має задовольняти вимоги плавності руху поїздів. При проектуванні поздовжнього профілю та плану необхідно також забезпечити безперебійність руху поїздів, для чого мають бути передбачені запобіжники від снігових та піщаних заметів колії, зупинки поїздів на ділянках з підвищеним опором руху (наприклад, у тунелях) тощо [7, 8].

У сприятливих природних умовах траса залізниці у плані складається з прямих завдовжки десятки кілометрів. Криволінійні ділянки траси проектують у тому випадку, якщо необхідно обійти топографічні чи геологічні перешкоди з метою зменшення будівельних витрат (скорочення земляних робіт та робіт зі штучних споруд) та забезпечення стійкості земляного полотна та інших залізничних споруд.

2.1 Кругові криві в плані

На залізницях України довжина криволінійних ділянок колії становить близько 25% загальної довжини мережі. На деяких дорогах питома вага кривих значно більша: на Придніпровській залізниці — близько 50%. У Німеччині та Швейцарії довжина криволінійних ділянок залізничної мережі сягає 37%, у Франції становить приблизно 31%.

Мета знизити витрати на спорудження залізниці за рахунок укладання кривих на трасі найбільше досягається зменшенням радіусів кривих [7, 8]. Однак, враховуючи наведені нижче експлуатаційні недоліки кривих малих радіусів, Будівельно-технічні норми обмежують радіуси кривих, що застосовуються при проектуванні залізниць, поділяючи їх на рекомендовані і допустимі в важких

умовах (табл. 2.1) [9, 10].

Таблиця 2.1 – Рекомендовані та допустимі радіуси кривих у плані

Категорії залізниць	Радіуси кривих, м		
	рекомендовані	допустимі	
		в складних умовах	в особливо важких умовах за техніко-економічного обґрунтування
швидкісні	4000-3000	2500	2000-1200
особливо-вантажонапружені	4000-2000	1800-1500	1200-1000
I	4000-2500	2000	1800-1000
II	4000-2000	1800-1500	1200-800
III	4000-1200	1000-800	700-600
IV	2000-1000	800-600	500-350

Примітки: 1. У випадках, коли на особливо вантажно-напружених лініях передбачається максимальна швидкість руху пасажирських поїздів понад 120 км/год, радіуси кривих, що рекомендуються та допускаються у важких умовах, на зазначених лініях слід приймати за нормами, що передбачаються для лінії I категорії;

2. При проектуванні ділянок залізниць на перетині висотних перешкод, де за умовами поздовжнього профілю колії реалізуються швидкості руху пасажирських поїздів менше 120 км/год та вантажних поїздів менше 60 км/год, за погодженням з УЗ допускається застосовувати криві радіусами 300 м – на лініях I та II категорії, 250 м – на лініях III категорії.

Слід по можливості проектувати криві радіусами, що рекомендуються. У важких умовах радіуси можуть бути зменшені до значень, вказаних у графі 3 табл. 2.1. Тільки за особливо важких умов допускаються ще менші радіуси кривих (графа 4). Доцільність прийняття радіусу менше значення, зазначеного у графі 3, має бути підтверджено техніко-економічним розрахунком [8]. У цьому розрахунку економію на будівельній вартості, отриману за рахунок застосування кривої меншого радіусу, необхідно порівняти зі збільшенням експлуатаційних витрат, спричинених цією кривою.

Експлуатаційні недоліки кривих, особливо малих радіусів (менше 800-1000 м), такі: обмежується швидкість руху поїздів; ушкоджуються та швидше зношуються рейки та колеса рухомого складу; скорочується термін служби шпал; збільшуються витрати з поточного утримання та ремонту верхньої будови колії; зменшується коефіцієнт зчеплення коліс локомотива з рейками; подовжується траса; потрібно посилення колії, а на залізницях з електричної

тягою – і контактної мережі.

Залежність швидкості руху від значення радіуса кривої визначається поперечними силами, що діють на поїзд в кривій [8-10]. При проході рухомого складу по кривих виникає відцентрова сила, що несприятливо діє на пасажирів, що надає бічний вплив на шлях, який може викликати зсув (відбій) рейки по шпалах і розширення колії чи зсув рейок разом із шпалами, тобто порушення рихтовки колії. З метою запобігання надмірних силових впливів на пасажирів і колію, а також забезпечення більш рівномірного впливу рухомого складу на рейки обох ниток, в кривих ділянках шляху влаштовують підвищення зовнішньої рейки над внутрішньою.

При максимальній швидкості руху поїздів V_{\max} , км/год, найменша величина підвищення h , мм, встановлюється залежно від радіусу кривої R , м

$$h = \frac{12,5V_{\max}^2}{R} - \Delta h, \quad (2.1)$$

де $\Delta h = \frac{a_n S}{g}$ – нестача підвищення зовнішньої рейки, мм;

a_n – непогашене поперечне прискорення, м/с^2 ;

S – відстань між осями головок рейок (для колії 1520 мм $S = 1600$ мм);

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Для створення комфортних умов пасажирам непогашене прискорення приймають при швидкостях руху до 160 км/год значенням $0,7 \text{ м/с}^2$, від 161 до 200 км/год – $0,6 \text{ м/с}^2$ і при швидкостях більше 200 км/год – $0,4 \text{ м/с}^2$. Відповідно значення Δh дорівнюють (округлено) 115, 100 і 65 мм.

Відповідно до Методики визначення підвищення зовнішньої рейки в кривих ділянках колії [8-10] найбільше непогашене прискорення вантажних поїздів приймається у розмірі $0,3 \text{ м/с}^2$; відповідно значення $\Delta h \approx 50$ мм.

Поряд із встановленням найбільших непогашених прискорень, спрямованих назовні кривої (позитивних прискорень), зазначеною Методикою обмежується значення негативного прискорення для потоку вантажних поїздів у кривій, яке має бути не менше $-0,3 \text{ м/с}^2$. Відповідно підвищення зовнішньої рейки, мм, повинно бути не більше

$$h = \frac{12,5V_{\text{пв}}^2}{R} + 50, \quad (2.2)$$

де $V_{\text{пв}}$ – швидкість потоку вантажних поїздів в даній кривій, км/год.

З формули (2.1) можна визначити максимально можливу швидкість пасажирських та вантажних поїздів у кривій радіусу R при відповідному підвищенні зовнішньої рейки h

$$V_{\text{max}} = \sqrt{(h + \Delta h) \frac{R}{12,5}}. \quad (2.3)$$

З урахуванням зазначених вище значень Δh для пасажирських та вантажних поїздів та найбільшого підвищення зовнішньої рейки h , що визначається формулою (2.2), з виразу (2.3) можна визначити значення максимальних швидкостей руху пасажирських та вантажних поїздів у кривій радіусу R залежно від швидкості потоку вантажних поїздів:

для пасажирських поїздів при швидкостях руху до 160 км/год ($\Delta h = 115$ мм)

$$V_{\text{max}} = \sqrt{\left(\frac{12,5V_{\text{пв}}^2}{R} + 50 + 115\right) \frac{R}{12,5}} = \sqrt{V_{\text{пв}}^2 + 13R}; \quad (2.4)$$

для пасажирських поїздів при швидкостях руху від 161 до 200 км/год ($\Delta h = 100$ мм)

$$V_{\text{max}} = \sqrt{\left(\frac{12,5V_{\text{пв}}^2}{R} + 50 + 100\right) \frac{R}{12,5}} = \sqrt{V_{\text{пв}}^2 + 12R}; \quad (2.5)$$

Правилами технічної експлуатації залізниць України максимальне підвищення зовнішньої рейкової нитки h встановлено у розмірі 150 мм. Більше значення h може бути прийнято у необхідних випадках із дозволу УЗ.

У табл. 2.2 відповідно до формул (2.4) та (2.5) наведено значення максимальних швидкостей руху пасажирських та вантажних поїздів у кривих різних радіусів залежно від швидкості потоку вантажних поїздів [9, 10]. Як впливає з наведених даних, на залізницях із поєднаним рухом вантажних та пасажирських поїздів для забезпечення швидкостей пасажирських поїздів на рівні 130–140 км/год радіуси кругових кривих у колії мають бути не менше 1200 м.

Таблиця 2.2 – Максимальні швидкості руху поїздів, км/год, у кривих

Радіус кривої, м	Максимальні швидкості пасажирських (чисельник) та вантажних (знаменник) поїздів при швидкості потоку вантажних поїздів, км/год				
	70	60	50	40	30
2500	187/140*	183/140*	180/140*	178/140*	176/140*
2000	170/140*	166/140	163/136	160/133	158/130
1500	156/130	152/125	148/120	145/117	143/114
1200	143/120	139/115	135/110	131/106	128/102
1000	134/114	129/108	124/102	121/98	118/94
800	124/106	118/100	114/94	110/89	106/85
700	118/102	113/96	107/90	103/85	100/81
600	113/98	107/92	101/85	97/80	93/75
500	103**/89**	100/87	95/81	90/75	86/70
400	92**/80**	92**/80**	88/75	82/69	78/64
300	—	80**/69**	80**/69**	74/63	69/57

Підвищений знос рейок у кривих – наслідок ковзання коліс (вертикальний знос) і притискання їх до бокових граней головок рейок під дією поперечних сил (боковий знос). Зношування рейок значною мірою залежить від радіуса кривої, інтенсивно зростаючи в кривих радіуса менше 700-800 м. Наприклад, у кривих $R = 500$ м суцільна зміна рейок проводиться приблизно в 2 рази частіше, а в кривих $R = 300$ м – у 3,5 рази частіше, ніж у прямих ділянках колії за інших рівних умов. Ще більшою мірою від радіусу кривої залежить ушкоджувальність та одиночний вихід рейок. У кривих $R = 500$ м він у 3,5 рази більше, а у кривих $R = 400$ м у 7 разів більше, ніж на прямих ділянках колії.

Підвищені бічні зусилля у кривих вимагають більш частого рихтування колії. У кривих радіусу менше 400 м ці зусилля призводять до віджимання кочетків і розробки кочеткових отворів. Для стабілізації ширини колії в кінці зими перешивають колію на великій кількості шпал, розташованих у кривих (до 75% шпал), що скорочує термін служби шпал.

Залежність зносу коліс рухомого складу від радіусу кривої має приблизно такий самий характер, як і залежність зносу рейок.

Зменшення коефіцієнта зчеплення коліс локомотива з рейками у кривих призводить до зменшення сили тяги, обмеженої за зчепленням. Так, у сучасних

електровозів сила тяги в кривій $R = 400$ м зменшується більш ніж на 7%, а в кривій $R = 300$ м – на 14% в порівнянні з силою тяги на прямих ділянках колії та в кривих $R > 500$ м. Зменшення сили тяги у кривих малих радіусів потребує проведення додаткових заходів, що забезпечують безперебійність руху поїздів.

Посилення верхньої будови колії в кривих необхідне для підвищення його стійкості проти дії горизонтальних сил. У кривих радіусом менше 1200 м на залізницях II категорії число шпал на 1 км збільшується до 2000 (на прямих ділянках колії та в кривих $R > 1200$ м приймають 1840 шт./км). У кривих радіусом менше 600 м баластну призму поширюють із зовнішнього боку кривої на 0,1 м. У зв'язку з підвищенням зовнішньої рейки в кривій і збільшенням розмірів баластної призми на кривих ділянках колії збільшують ширину основної площадки земляного полотна із зовнішнього боку кривої на 0,2-0,5 м залежно від радіусу кривої.

Посилення контактної мережі кривих на електрифікованих залізницях здійснюють збільшенням числа опор на 1 км. Так, у кривій $R = 500$ м відстань між опорами контактної мережі приблизно в 1,3-1,4 рази менше, ніж у кривій $R = 1200$ м.

Хоча подовження траси та інші перераховані причини викликають збільшення деяких складових будівельної вартості залізниці, у важких топографічних умовах зменшення радіусів кривих може призвести до суттєвого зниження загальних будівельних витрат за рахунок скорочення обсягів земляних робіт та штучних споруд.

Експлуатаційні недоліки кривих малих радіусів особливо значні на ділянках колії, де поїзди могли б рухатися з більшими швидкостями. На тих ділянках залізниць, де за умовами поздовжнього профілю колії реалізуються відносно невисокі швидкості руху поїздів (наприклад, на перевальних ділянках колії) експлуатаційні вади кривих малих радіусів виявляються меншою мірою. Тому на таких ділянках Будівельно-технічні норми допускають деяке зменшення радіусів кривих на залізницях I-III категорій.

Найменші радіуси кривих, що допускаються, визначаються умовами безпеки

вписування рухомого складу. Електровози і тепловози вписуються в криві радіусами 125-140 м. Однак такі малі радіуси, що забезпечують лише заклинене вписування, в умовах звичайної експлуатації неприпустимі. Тому при проектуванні нових залізниць зазначені мінімальні радіуси, збільшені до 200 м (з урахуванням можливої неточності при розбивці та утриманні таких кривих), застосовують лише в особливо важких умовах на під'їзних та сполучних коліях.

Найбільші значення радіусів, зазначені у табл. 2.1 обумовлені тим, що при швидкості руху поїздів до 200 км/год збільшення радіусів кривих більше 4000 м не призводить до відчутного зменшення експлуатаційних витрат. Водночас криві дуже великих радіусів мають тенденцію змінювати контури, перетворюючись на одних ділянках на прямі, а на інших – на криві менших радіусів, що спричиняє додаткові витрати на утримання таких кривих. Тому під час проектування нових залізниць, зазначених у табл. 2.1, радіуси кривих більше 4000 м, як правило, не застосовують, хоча на деяких існуючих залізницях є криві радіусом 6000 м і більше.

На високошвидкісних залізничних магістралях, де найбільші швидкості руху поїздів досягають 300 км/год і застосовуються підвищені вимоги до влаштування та утримання колії, радіуси кривих значно перевищують 4000 м.

Для зручності розбивки та утримання колії в кривих при проектуванні нових залізниць застосовують уніфіковані значення радіусів: 4000, 3000, 2500, 2000, 1800, 1500, 1200, 1000, 800, 700, 600, 500, 350, 300, 250, 200 м. Скорочення інтервалів між суміжними значеннями радіусів із зменшенням їхньої величини полегшує підбір найбільш доцільного радіусу кривої при проектуванні траси у важких умовах.

2.2 Поздовжній профіль та план високошвидкісних магістралей

У попередніх пунктах цього розділу розглянуто вимоги та відповідні норми проектування залізниць, на яких максимальні швидкості руху пасажирських поїздів не перевищують 160 км/год (лінії I та II категорій) та 200 км/год (швидкісні магістралі). Згідно з Будівельно-технічними нормами БТН Ц-01-95

проектування магістралей, на яких передбачається рух пасажирських поїздів зі швидкостями понад 200 км/год (високошвидкісні магістралі – ВШМ) повинно виконуватись за спеціальними нормами [7-10].

Норми проектування високошвидкісних магістралей за кордоном. План траси високошвидкісних закордонних залізниць характеризується радіусами кривих 4000-6000 м і більше. На високошвидкісній магістралі TGV Est (з Парижа до Реймсу і далі в напрямку до Страсбурга та Німеччини) найменші радіуси кривих прийняті 6250 м, у виняткових випадках допускається радіус 5556 м (вказані некратні сотням значення радіусів відповідають цілим у міліметрах значенням стріл при 20-метровій хорді: 8 мм при радіусі кривої 6250 м та 9 мм при радіусі 5556 м, що полегшує утримання колії). На іспанській залізниці Мадрид – Барселона, з максимальною швидкістю руху поїздів 350 км/год, найменший радіус кривих – 6615 м [7-10].

Довжина перехідних кривих досягає 300 м при ухилі прямолінійного відведення підвищення зовнішньої рейки в межах 0,0005-0,0006, найбільша величина підвищення зовнішньої рейки 150-180 мм, довжина прямих вставок між кривими становить 200-300 м. Відстань між осями колій дорівнює 4500 мм на TGV Nord і 4800 мм на TGV Mediterranee (лінія на південь Франції до Марселя).

Максимальний ухил поздовжнього профілю ВШМ на різних залізницях різниться залежно від топографічних умов місцевості і становить від 12-15 % до 21 % на лінії Рим – Неаполь, 35 % на окремих ділянках траси Париж – Ліон і на лінії TGV Est. Найбільший ухил 40% прийнятий на залізниці Кельн – Франкфурт-на-Майні в Німеччині.

Радіуси вертикальних кривих на переломах профілю становлять 25-40 км.

На високошвидкісних магістралях, спеціалізованих для пасажирського руху, радіуси кривих у плані та підвищення зовнішньої рейки в кривих повинні забезпечувати комфортні умови поїздки при встановлених максимальних швидкостях руху поїздів. Як зазначено у п. 2.1 при швидкостях руху понад 200 км/год значення непогашеного поперечного прискорення в поїздах

обмежується значенням $0,4 \text{ м/с}^2$, відповідно при розрахунку підвищення зовнішньої рейки в кривій нестача підвищення приймається $\Delta h = 65 \text{ мм}$.

Використовуючи залежність (2.1) можна встановити, яким повинен бути радіус кривих, щоб при максимальному підвищенні зовнішньої рейки $h = 150 \text{ мм}$ і найбільшій допустимій нестачі піднесення Δh криві забезпечували передбачену на високошвидкісній магістралі максимальну швидкість руху поїздів:

$$R = \frac{12,5V_{\max}^2}{h + \Delta h} = \frac{12,5V_{\max}^2}{150 + 65} = 0,58V_{\max}^2. \quad (2.6)$$

З формули (2.6) випливає, що за $V_{\max} = 300 \text{ км/год}$ $R = 5200 \text{ м}$, а при $V_{\max} = 350 \text{ км/год}$ $R = 7100 \text{ м}$.

З огляду на перспективу збільшення максимальної швидкості руху поїздів на високошвидкісних магістралях до рівня 350 км/год , а також з урахуванням взаємодії екіпажу та колії в кривих, нормами проектування ВШМ встановлено значення радіусу кривих рівне 7000 м . У важких умовах за відповідного техніко-економічного обґрунтування передбачено можливість зменшення радіусу кривих, але не менше ніж до 4000 м (при цьому радіусі $V_{\max} = 260 \text{ км/год}$).

Довжину перехідної кривої l , м визначають залежно від підвищення зовнішньої рейки h , мм, і ухилу відведення підвищення i (десятковий дріб):

$$l = \frac{h}{1000i}. \quad (2.7)$$

Основною умовою, що обмежує ухил відведення підвищення зовнішньої рейки, є допустиме значення вертикальної складової швидкості підйому колеса по підвищення dh/dt . Зв'язок між значенням швидкістю руху поїзда V та ухилом i визначається залежністю

$$i = \frac{dh}{dl} = \frac{dh}{Vdt} = \frac{dh}{dt} \frac{1}{V}. \quad (2.8)$$

Значення вертикальної складової швидкості підйому колеса на підвищення зовнішньої рейки в межах перехідної кривої dh/dt приймають рівним 42 мм/с ($0,15 \text{ км/год}$). При цьому довжини перехідних кривих l , м розраховують за формулою

$$l = \frac{hV_{\max}}{150}. \quad (2.9)$$

При швидкості $V = 225$ км/год ухил відведення підвищення зовнішньої рейки $i = 0,15/225 = 0,00067$. Такий ухил відведення підвищення прийнятий нормами проектування як найбільший на високошвидкісних магістралях. Тому за максимальної швидкості менше 225 км/год довжина перехідної кривої має бути не менше $l = h/0,67 = 1,5h$.

Прямі вставки між суміжними кривими на високошвидкісних магістралях влаштовують якомога більшої довжини [7]. При максимальних швидкостях $V_{\max} = 301-350$ км/год довжину прямої вставки між початковими точками перехідних кривих приймають щонайменше 800 м, а при $V_{\max} = 200+300$ км/год – щонайменше 600 м. Тільки у важких умовах за відповідного техніко-економічного обґрунтування допускається зменшення прямої вставки при швидкостях 301-350 км/год до 700 м.

Відстань між осями головних колій на перегонах і станціях прийнято рівним 4500 мм.

3 ПОЗИТИВНІ ТА НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ ПЕРЕХОДУ ДО РУХОМОГО СКЛАДУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Угода про асоціацію між ЄС та Україною [1] зумовлює імплементацію в національне законодавство та стратегії розвитку підприємств залізничного транспорту певних змін. У зв'язку з цим необхідно систематизувати наслідки цієї імплементації із виділенням позитивних та негативних сторін; проаналізувати та зіставити зазначені директиви із нормативно-правовою базою України та фінансовою спроможністю залізниць шляхом приведення їх у відповідність до норм і стандартів ЄС; розглянути фінансово-економічні засади імплементації транспортної галузі після підписання Угоди про асоціацію.

При цьому, сучасний розвиток транспортного комплексу країни повинен враховувати не тільки необхідність адаптації до європейських стандартів, технічних умов, принципів управління тощо, а й те, що інновації та високі технології мають вирішальне значення для формування нової, більш ефективної моделі управління розвитком транспортно-дорожнього комплексу України. Разом з тим, нормативи швидкості доставки вантажів на українських залізницях складають максимум 400 км на добу, тобто менше 17 км/год, а для більшості вантажів це 8-14 км/год [10, 11].

Відсутність останніми десятиліттями сталого фінансування розвитку транспорту та недостатнє технічне обслуговування об'єктів інфраструктури призвели до масштабного зносу (майже 90 %) основних фондів транспортної інфраструктури. А для відповідності умовам науково-технічного співробітництва з країнами ЄС, українські залізниці потребують оновлення, модернізації та закупівлі нового рухомого складу.

Так, з одного боку, необхідні дії повинні призвести до забезпечення конкурентоспроможності залізничного транспорту України, підвищення якості його послуг, що потягне залучення потенційних споживачів та збільшення доходів й прибутку залізничної галузі. Також це повинно стати приводом для активізації діяльності підприємств машинобудування залізничного транспорту, енергопостачання та зв'язку, тощо.

Але з іншого боку, відповідно до Додатку I Угоди про асоціацію запровадження базових увізних ставок на поставки до ЄС товарів групи 86 Класифікатора видів економічної діяльності [12] (група 86 – залізничні або трамвайні локомотиви, рухомий склад та їх частини; шляхове обладнання та пристрої для залізничних або трамвайних колій та їх частини; механічне (у тому числі електромеханічне) сигналізаційне обладнання всіх видів), базова увізна ставка на поставки товарів цієї ж групи з ЄС до України є нульовою. Тобто, підписуючи Угоду про асоціацію з ЄС, ми відкриваємо шлях на свій ринок для європейського виробника рухомого складу залізничного транспорту, при цьому абсолютно не захищаючи власного [11].

Також залізниці України відстають від західноєвропейських за параметрами швидкості, підвищення якої надасть змогу зберегти передові позиції у сфері пасажирських і вантажних перевезень для Укрзалізниці. Основними проблемами при цьому є кардинальне підвищення технічного рівня інфраструктури залізниць, організація виробництва швидкісного рухомого складу та іншої залізничної техніки, створення нових комп'ютерних систем, засобів передачі енергії, інформації, освоєння нових матеріалів, що зумовлює потребу в розвитку не тільки транспортної, а й інших галузей економіки [11].

В рамках заходів зі збереження енергії та ресурсів було б доцільно проведення енергоефективних заходів на станціях та перехід на автономні системи освітлення отримуючи електроенергію переробляючи енергію руху потягів або використовуючи «розумні» підлогу та турнікети, що будуть накопичувати енергію від руху пасажирських потоків та трансформувати її на електричну. Крім того, доцільним буде замінити традиційне паливо більш економічним, та таким, що створює менше викидів у атмосферу.

Усі ці розробки та пропозиції повинні покращити фінансовий стан українських залізниць та прискорити імплементацію директив ЄС на залізничному транспорті.

Але на сьогоднішній день власних коштів на закінчення реформування транспортної галузі України та повної відповідності залізницям ЄС не достатньо.

Тому більша частина інвестиційних коштів для поліпшення інфраструктури очікується від зовнішніх джерел, головним чином, від міжнародних фінансових інститутів, приватних інвесторів і проектів державно-приватного партнерства. Саме створення сприятливого інвестиційного клімату і є першочерговим завданням державного управління та регулювання, що забезпечується завдяки досконалій законодавчій базі [10].

Таким чином, перехід України на рухомий склад європейського виробництва в залізничній галузі має як позитивні, так і негативні наслідки які представлено нижче.

Позитивні наслідки:

- підвищення рівня безпеки – європейські виробники рухомого складу дотримуються високих стандартів безпеки, що дозволить знизити ризик аварій та нещасних випадків на залізниці;

- покращення комфорту для пасажирів – сучасні європейські поїзди та вагони забезпечують вищий рівень комфорту для пасажирів, включаючи зручні сидіння, системи кондиціонування та вентиляції, туалети з сучасним обладнанням, доступ для людей з обмеженими можливостями та інші зручності;

- зниження експлуатаційних витрат – новий рухомий склад є більш ефективним та економічним в експлуатації, що дозволить знизити витрати на паливо, обслуговування та ремонт;

- збільшення швидкості та скорочення часу в дорозі – сучасні європейські поїзди здатні розвивати вищі швидкості, що дозволить скоротити час у дорозі та підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту;

- зменшення негативного впливу на довкілля – новий рухомий склад відповідає сучасним екологічним стандартам, що дозволить зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу та знизити рівень шуму;

- інтеграція в європейську транспортну систему – використання рухомого складу європейського виробництва сприятиме інтеграції української залізниці в європейську транспортну систему та спростить міжнародні перевезення;

– залучення інвестицій та розвиток технологій – закупівля європейського рухомого складу може стимулювати залучення іноземних інвестицій та сприяти розвитку сучасних технологій в Україні.

Негативні наслідки:

– висока вартість закупівлі – вартість рухомого складу європейського виробництва, як правило, вища, ніж вартість аналогічної продукції вітчизняних або інших виробників;

– залежність від іноземних постачальників – закупівля рухомого складу за кордоном може створити залежність від іноземних постачальників та ускладнити процес обслуговування та ремонту в разі виникнення проблем;

– необхідність адаптації інфраструктури – для експлуатації деяких видів європейського рухомого складу може знадобитися адаптація існуючої залізничної інфраструктури, що потребує додаткових витрат;

– можливі проблеми з сервісним обслуговуванням та постачанням запчастин – на початковому етапі можуть виникнути проблеми з сервісним обслуговуванням та постачанням запчастин для рухомого складу європейського виробництва;

– вплив на вітчизняних виробників – закупівля імпортного рухомого складу може негативно вплинути на вітчизняних виробників, зменшивши обсяги їх виробництва та призведе до втрати робочих місць.

Таким чином, підсумовуючи все вище сказане можна відмітити, що перехід на рухомий склад європейського виробництва має значні переваги, такі як підвищення безпеки, комфорту, ефективності та екологічності. Проте, необхідно враховувати і потенційні негативні наслідки, такі як висока вартість, залежність від іноземних постачальників та необхідність адаптації інфраструктури.

Для успішної реалізації переходу на рухомий склад європейського виробництва необхідно ретельно зважити всі «за» і «проти», розробити чіткий план дій, передбачити механізми підтримки вітчизняних виробників та забезпечити належне сервісне обслуговування нової техніки. Важливим є також поступовий перехід, який дозволить адаптуватися до нових умов та мінімізувати

негативні наслідки.

Враховуючи прагнення України до інтеграції в європейську транспортну систему, використання рухомого складу європейського виробництва є важливим кроком на шляху до досягнення цієї мети.

4 АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ КОЛІЇ

4.1 Вимоги технічних специфікацій інтероперабельності (TSI) до рухомого складу

Експлуатаційна залізнична мережа України є однією з найбільших у Європі та досягає близько 20951,8 кілометра, з яких 9926,4 кілометра (47,4 відсотка) електрифіковані. Україна відіграє роль транзитного транспортного мосту, що поєднує країни Європи та Азії.

На сьогодні транспортна галузь в цілому задовольняє лише основні потреби населення та економіки в перевезеннях за обсягом, але не за якістю. Сучасний стан транспортної галузі не повною мірою відповідає вимогам ефективної реалізації євроінтеграційного курсу України та інтеграції національної транспортної мережі в Транс'європейську транспортну мережу [13].

Однією з причин критичного рівня розвитку транспортної галузі також стало системне недофінансування, недостатнє технічне обслуговування інфраструктури та транспорту, а також технічна відсталість, що загрожує вже не тільки виконанню його соціально-економічних функцій, але і національній безпеці.

Однак світові тенденції розвитку транспортних систем свідчать про необхідність стрімкого об'єднання транспортних технологій та регіональних проектів мобільності. Транспорт стає все більш енергозберігаючим та «зеленим», безпечним і дружнім до споживача та навколишнього природного середовища. Багато країн світу планують до 2030 року замінити більшу частину легкових автомобілів з двигунами внутрішнього згорання на електромобілі. Зростання швидкості, економічності та екологічності транспортних засобів є основною тенденцією на всіх видах транспорту. Залізничні перевезення із швидкістю 350 км/год стають реальністю, а технології «Маглев» вже зараз забезпечують швидкість 500 км/год і більше [13].

Європейський Союз прагне, щоб уряди відповідних країн та залізничні

компанії гармонізували різні технічні системи та забезпечували їхню сумісність.

В рамках співробітництва Міжнародного союзу залізниць (МСЗ), залізничних компаній та промисловості за підтримки ЄС були розроблені єдині системи забезпечення безпеки руху та зв'язку (ETCS, GSM-R). Нові стандарти, що базуються на принципах сумісності систем, дадуть можливість не проводити на кордонах заміну локомотивів та машиністів міжнародних поїздів.

Впровадження технічних нововведень у конструкцію рухомого складу, особливо під впливом розвитку високошвидкісного руху (ВШР), призвело до значних змін у залізничній галузі.

Наприклад поїзди TGV, AGV, Talgo, ICE-3 та ін. є яскравим прикладом технологічного прогресу. Їх розробка вимагала вирішення складних інженерних задач, таких як забезпечення аеродинаміки на високих швидкостях, стійкості на колії, ефективного гальмування та комфорту пасажирів. Важливим аспектом є їх здатність працювати на різних системах електрифікації (наприклад, 25 кВ змінного струму та 3 кВ постійного струму), що дозволяє їм безперешкодно перетинати кордони між країнами з різними стандартами в тому числі і Україна.

Багато технологій, розроблених для ВШР, знайшли застосування у звичайних поїздах, наприклад:

- форма кузова та елементи конструкції, оптимізовані для зменшення опору повітря на високих швидкостях (покращена аеродинаміка), також покращують економічність та знижують рівень шуму звичайних поїздів;

- системи активного або пасивного нахилу кузова дозволяють поїздам проходити криві з більшою швидкістю без дискомфорту для пасажирів, що актуально як для ВШР, так і для звичайних міжміських поїздів на ділянках з кривими малого радіусу;

- сучасні системи гальмування з електричним гальмуванням, дисковими гальмами та системами антиблокування (ABS) забезпечують ефективне та безпечне гальмування на будь-яких швидкостях;

- використання сучасних легких матеріалів алюмінію, композитних матеріалів та інших дозволяє зменшити вагу поїзда, що сприяє економії енергії та підвищенню динамічних показників;

- комп'ютерні системи управління та діагностики дозволяють оптимізувати роботу систем поїзда, контролювати стан обладнання та прогнозувати необхідність технічного обслуговування.

В цілому, розвиток високошвидкісного руху став потужним стимулом для інновацій у залізничній галузі. Технології, розроблені для ВШР, знаходять застосування у рухомому складі всіх типів, сприяючи підвищенню безпеки, комфорту, ефективності та екологічності залізничних перевезень.

Європейські директиви щодо технічної сумісності (TSI) встановлюють єдині стандарти для залізничної інфраструктури та рухомого складу в Європейському Союзі. Це сприяє створенню єдиного європейського залізничного простору та забезпечує безперешкодний рух поїздів між різними країнами.

Технічні специфікації інтероперабельності (TSI) – це тексти, розроблені відповідно до директив 1996/48 і 2001/16 (обидві змінені Директивою 2008/57/ЄС) про сумісність європейської залізничної підсистеми. Ці дві директиви передбачають поділ залізничної мережі на п'ять підсистем [14, 15]:

- інфраструктура;
- електрифікація;
- контроль і управління;
- рухомий склад;
- експлуатація.

Ці TSI виділяють основні вимоги, що містяться в перерахованих вище європейських директивах, для кожного певного випадку і визначають набір технічних вимог, які застосовуються з введенням в експлуатацію нових систем. Ці вимоги є набором умов, необхідних для введення системи в експлуатацію, але цих умов, як правило, недостатньо, щоб гарантувати безпеку. Вони повинні бути доповнені додатковими заходами.

Для підсистеми рухомого складу згідно з директивою 2008/57/ЄС діють такі

основні показники [14, 15]:

- максимальне навантаження на колію;
- навантаження колісної пари;
- максимальна довжина поїзда;
- габарити транспортного засобу;
- мінімальні значення гальмування;
- електричні граничні значення транспортних засобів;
- механічні граничні значення транспортних засобів;
- граничні значення для зовнішніх шумів;
- граничні значення для зовнішніх електромагнітних завад;
- граничні значення для внутрішніх шумів;
- граничні значення для кондиціонерів;
- ознаки для перевезення інвалідів;
- максимальні підйоми.

Метою TSI є не змушувати, а рекомендувати. До речі, саме тому вони містять безліч винятків і застережень.

Необхідно сприймати TSI як засіб для полегшення гармонізації роботи залізничних систем Європи, ніж якийсь непорушний закон.

Граничні значення статичного навантаження колісної пари для експлуатаційно-сумісних поїздів наведені в TSI «Інфраструктура».

При проектуванні та експлуатації залізничних колій враховуються граничні значення навантажень, які можуть виникнути внаслідок перевищення нормативного навантаження на колісну пару. Ці граничні значення є основою для забезпечення міцності та стійкості колії.

Якість залізничної інфраструктури регламентується TSI «Інфраструктура». Встановлені граничні значення навантаження на колісну пару мають безпосередній вплив на мінімально необхідні показники виробництва та споживання енергії. Рухомий склад, що використовується на лініях, модернізованих для швидкості 200 км/год, повинен відповідати технічним

правилам, зареєстрованим у відповідному реєстрі інфраструктури.

Для цих максимальних значень приймається відхилення 2 % для середнього навантаження колісної пари всього поїзда. Для кожної окремої колісної пари допускається максимальне відхилення 4 %.

Різниця статичного навантаження з двох сторін одного транспортного засобу рухомого складу не повинна перевищувати 6 %.

Окрім звичайного статичного навантаження на колісну пару, існує також максимальне динамічне навантаження на вісь, яке враховується при проектуванні та експлуатації.

Високошвидкісні поїзди, призначені для використання в сумісній мережі можуть мати як розподілену, так і зосереджену тягу. Довжина таких поїздів не повинна перевищувати 400 метрів, хоча допускається відхилення в 1% для покращення аеродинамічних характеристик передньої та задньої частин. Важливо, щоб довжина поїздів не перевищувала довжину платформ на станціях як високошвидкісних, так і звичайних ліній загальноєвропейської мережі, щоб забезпечити можливість їх обслуговування.

Для рухомого складу, що курсує на спеціально побудованих високошвидкісних трасах зі швидкістю від 250 км/год, максимальне вертикальне динамічне навантаження від колеса на рейку (q) визначається згідно з табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Максимальне вертикальне навантаження, що діє від коліс на рейку

V , км/год	q , кН
$V=250$	180
$250 < V < 300$	170
$V > 300$	160

Конструкція транспортних засобів повинна забезпечувати пасивну безпеку. Пасивна безпека призначена не для того, щоб відшкодувати недостатню активну безпеку залізничної системи. Її завдання – доповнювати активну безпеку в разі настання подій, які не піддаються контролю з боку залізничної системи.

Живлення поїздів струмом від підстанцій викликає більш-менш інтенсивні електромагнітні перешкоди як наслідок електричного струму (в контактній мережі і в рейках) і електромагнітного випромінювання. Перешкоди можуть

також бути викликаним електричним обладнанням, встановленим на борту поїзда.

Транспортні засоби рухомого складу повинні бути сконструйовані таким чином, щоб вони не викликали перешкод в рейкових електричних ланцюгах, пристроях рахунку осей і мережі телекомунікацій. Всі ознаки для обов'язкового дотримання потрібно вносити в реєстр інфраструктури.

Транспортні засоби рухомого складу повинні бути здатні почати рухатися і зупинитися при максимальному підйомі на всіх шляхах, для яких вони призначені.

Максимальні підйоми на кожному шляху підлягають включенню до реєстру інфраструктури.

Для забезпечення гарної сумісності з іншим рухом середнє мінімальне прискорення на рівному шляху має становити:

- від 0 до 40 км/год: $0,48 \text{ м/с}^2$;
- від 0 до 120 км/год: $0,32 \text{ м/с}^2$;
- від 0 до 160 км/год: $0,17 \text{ м/с}^2$.

Залишкове прискорення на рівній трасі при максимальній робочій швидкості має становити мінімум $0,5 \text{ м/с}^2$.

Для того щоб забезпечити високі тягові властивості поїзда, необхідно, щоб коефіцієнт зчеплення не перевищувало такі значення:

- при швидкості 100 км/год – 25 %;
- при швидкості 200 км/год – 17,5 %;
- при швидкості 300 км/год – 10 %.

Для оптимального використання заданого тягового зусилля необхідно оснащувати експлуатаційно-сумісні транспортні одиниці протибуксовочною системою.

Реалізація повинна відповідати вимогам повної сумісності між рухомим складом і стаціонарними спорудами, включаючи інфраструктуру, енергетику і системи управління поїзда, СЦБ. Цей принцип діє для експлуатаційно-сумісної колійної мережі, покритої умовами TSI, причому потрібно враховувати, що транспортні засоби рухомого складу повинні також бути підготовлені для

можливого руху на існуючих національних мережах.

Рухомі склади з «примусовим нахилом кузова» останнім часом широко застосовується на європейських залізницях як основний засіб підвищення швидкості в пасажирському русі. Потяги Pendolino, які користуються найбільшим попитом, випускаються одним з провідних виробників залізничного рухомого складу – концерном Alstom (Франція, Італія). Максимальна швидкість поїздів Pendolino, цікавих для України, становить 220 км/год (існують рішення, здатні розвивати швидкість до 300 км/год). Зараз подібні склади знаходяться в регулярній експлуатації в Італії, Фінляндії, Великобританії, Словенії та Чехії. Польща і Румунія також розглядають можливість застосування цих поїздів на своїх залізницях.

Використання поїздів з «примусовим нахилом кузова» дозволить не тільки забезпечити підвищену швидкість руху, але і значно знизити витрати на модернізацію залізничної інфраструктури для досягнення необхідного рівня швидкості. Перевагою таких поїздів є і те, що вони відповідають сучасним вимогам до комфорту, енергоємності та безпеки, можуть використовуватися в різних системах енергопостачання, як змінного, так і постійного струму.

4.2 Застосування українського рухомого складу для європейської колії

В Україні експлуатується значна кількість рухомого та тягового рухомого складу як в пасажирському русі так і у вантажному.

На залізницях України експлуатуються різні серії тягового електрорухомого складу. Так для обслуговування вантажних поїздів використовуються електровози: ВЛ8, ВЛ11, ДЕ1, ВЛ11^{М/5}, ВЛ11^{М/6}, 2ЕЛ4 – електровози постійного струму; ВЛ80^і, 2ЕЛ5 – електровози змінного струму; обслуговування пасажирських поїздів виконують електровози: ЧС2, ЧС7 – постійного струму; ВЛ60^{ПК}, ЧС4, ЧС8, ВЛ40^У, ДС3 – змінного струму; у приміському сполученні електропоїзда: ЕР2, ЕПЛ2Т – постійний струм; ЕР9, ЕПЛ9Т – змінний струм.

Найбільш пристосованими для використання в пасажирському міжнародному сполученні є потяги Інтерсіті+: електропоїзди корейського

виробництва Hyundai Rotem та вітчизняні, виробництва Крюківського вагонобудівного заводу.

Електропоїзд HRCS2 (рис. 4.1) є рухомим складом з розподіленою тягою. Частина вагонів електропоїзда мають двигуни, а частина ні. Цей електропоїзд Hyundai Rotem нагадує вітчизняні електрички, які побудовано за таким принципом.

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 (табл. 4.2).



Рисунок 4.1 – Електропоїзд Hyundai Rotem HRCS2

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.

Таблиця 4.2 – Технічні дані електропоїзда

Рід струму і напруги в контактній мережі	3кВ/~25кВ, 50 гц
Конструкційна швидкість	160 км/год
Кількість вагонів в складі	9
Кількість місць	579 шт.
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

Електропоїзд формується з двох моторних головних, трьох причіпних і чотирьох моторних вагонів за схемою: 01МГ + 02П + 03М + 04М + 05П + 06М + 07М + 08П + 09МГ.

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.

Швидкісний двосистемний електропоїзд ЕКр-1 (рис. 4.2) призначений для забезпечення пасажирських перевезень по мережі залізниць зі швидкістю руху до 200 км/год [16]. Кузова вагонів виготовлені з нержавіючої сталі. Конструкція вагонів поїзда в повному обсязі відповідає вимогам санітарних норм з ергономіки, мікроклімату, освітлення, шуму й вібрації, а також вимогам безпеки на всі оздоблювальні й облицювальні матеріали. Інтер'єри салонів, що 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 у

період їх експлуатації.



Рисунок 4.2 – Електропоїзд ЕКр-1

Технічні характеристики електропоїзда ЕКр-1 наведено в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики електропоїзда ЕКр-1

Довжина поїзда, мм	227700
Довжина:	
головного вагону, мм	20420
проміжного вагону, мм	26696
База:	
головного вагону, мм	12400
проміжного вагону, мм	19000
Ширина вагону, мм	3420
Висота вагону, мм	4400
Габарит по ДСТУ Б В.2.3-29	Т
Максимальне статичне навантаження від колісної пари на рейки, тс	18/20,5
Максимальний термін проходження до первинної екіпіровки, год	24
Максимальна експлуатаційна швидкість, км/год	до 200
Кількість вагонів, шт	9
Кількість місць для сидіння, шт	609
У тому числі:	
місць першого класу	128
місць другого класу	367
місць третього класу	112
місць для пасажирів в інвалідних візках	2

Застосування українського рухомого складу на європейській колії в

існуючому вигляді практично неможливе по ряду причин.

Головна із них полягає, як вже не одноразово згадувалося, у різній ширині колії. В Україні використовується колія 1520 мм, що ширша за європейський стандарт 1435 мм. Це означає, що колісні пари українських вагонів та локомотивів не підходять для європейської колії.

Конструкція колісних пар українського рухомого складу розрахована на колію 1520 мм і не передбачає можливості зміни відстані між колесами на відміну від ряду типів рухомого складу закордонного виробництва.

Габарит рухомого складу українського виробництва (той що вже є в експлуатації) [17] в більшості країн Європи не відповідає європейським габаритам (рис. 4.3), що може викликати проблеми при проході тунелів, мостів та інших інфраструктурних об'єктів.

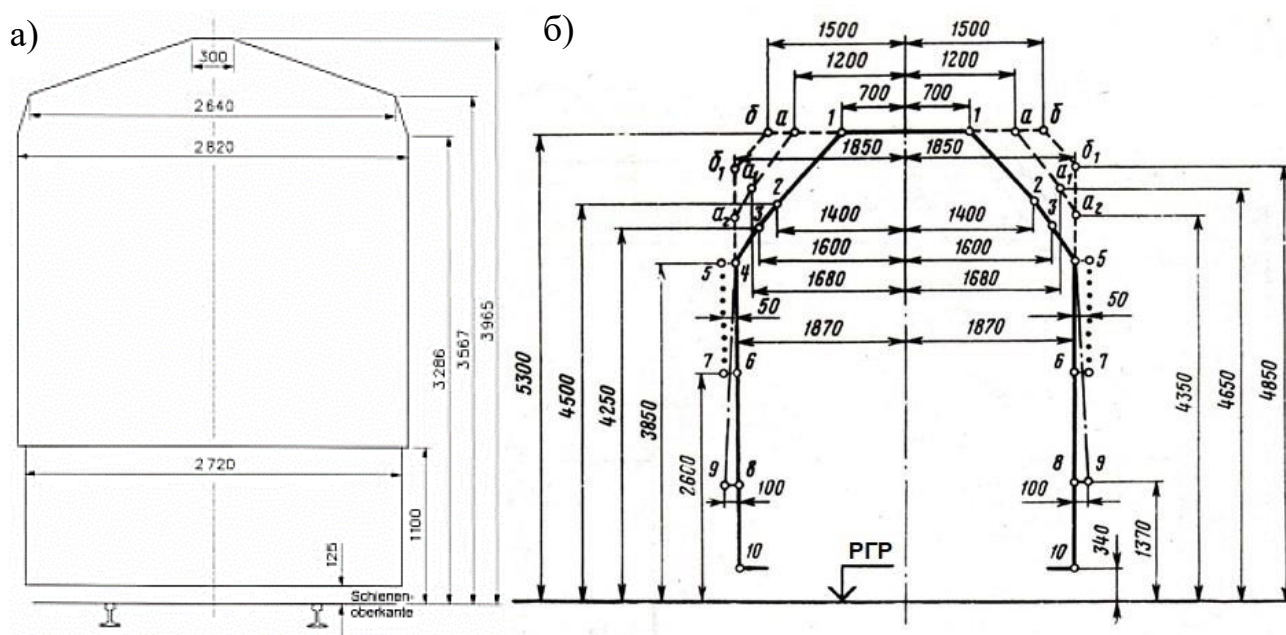


Рисунок 4.3 – Габарити рухомого складу:

а) на залізницях країн ЄС; б) на залізницях України

Таким чином, підсумовуючи все вище сказане, можна констатувати, що український рухомий склад не відповідає європейським технічним стандартам.

Тому на даний час є декілька варіантів вирішення цього питання. А саме:

1. Найпростіший, але й найменш ефективний спосіб – заміна колісних пар, яка потребує додаткових витрат часу на кожному пункті переходу з однієї колії на іншу, але цей варіант може бути реалізований тільки для причіпних вагонів

електропоїздів, пасажирських та вантажних вагонів.

2. Найефективніший та найрадикальніший спосіб інтегрувати українську залізницю до європейської транспортної системи – будівництво колії 1435 мм на території України та закупівля або виробництво, спільне, а в перспективі самостійне, рухомого складу в тому числі і тягового рухомого – електровозів, тепловозів, електро- та дизельпоїздів. Він потребує значних витрат коштів та часу, але дозволить забезпечити безперешкодний рух поїздів між Україною та ЄС.

4.3 Застосування європейського рухомого складу для реалізації руху поїздів між Україною та Європейським Союзом.

Застосування європейського рухомого складу для реалізації руху поїздів між Україною та Європейським Союзом є важливим кроком для інтеграції української залізниці до європейської транспортної системи. Цей процес пов'язаний з вирішенням ряду задач: технічних, економічних та організаційних.

Як уже було сказано раніше в Україні використовується ширина колії 1520 мм, в той час як в країнах Європи стандартною є ширина колії 1435 мм. Це створює проблему несумісності, яка наразі вирішується шляхом перестановки колісних пар на кордоні або перевантаженням вантажів. Застосування європейського рухомого складу в повному обсязі можливе лише після переходу на європейську колію, або створення систем з автоматичною зміною ширини колії, або застосування рухомого складу з розсувними колісними парами.

У світі вже протягом понад ста років розробляють рухомий склад, здатний переходити з однієї залізничної колії на іншу. Ці роботи почалися задовго до створення спеціалізованих ВШМ [18]. Йдеться про країни, де стикувалися залізничні лінії різної колії, наприклад, у США, Російській імперії, Іспанії. За допомогою універсального рухомого складу намагалися організувати коліями різної ширини безпересадочне сполучення для пасажирів або перевезення товарів без перевантаження. Для переходу рухомого складу з однієї колії на іншу використовували перестановку візків або спеціальні конструкції осей колісних

пар.

До теперішнього часу в різних країнах запропоновано кілька десятків конструкцій ходової частини залізничного рухомого складу, придатного для переходу з однієї колії на іншу за допомогою спеціальних пристроїв, що змінюють відстань між колесами на осі колісної пари, кілька з цих конструкцій уже перебувають у комерційній експлуатації або близькі до неї (табл. 4.4). У ХХ столітті Іспанія, що має ширшу колію (1668 мм), ніж більшість інших європейських країн, зазнавала труднощів під час організації прямих залізничних сполучень із країнами західної та центральної Європи. В Іспанії в комерційній експлуатації перебувають дві системи: компанії Talgo (з 1969 р.) і CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles, з 2003 р.), у Польщі з 2000 р. використовують розсувні колісні пари типу SUW 2000, що випускаються підприємством ZNTK Poznan; оригінальні конструкції колісних пар зі змінною відстанню між колесами випробовують у Німеччині, а також у Японії. В останній побудовано два дослідні поїзди GCT з такими колісними парами.

У різних системах пристроями для зміни відстані між колесами оснащують або тільки вагони, або локомотиви і вагони, включно з моторними. Конструкція колісних пар із пристроями для зміни відстані між колесами для моторних візків локомотивів або моторних вагонів електропоїздів істотно складніша, ніж для причіпних. Через це часто здійснюють переведення з однієї колії на іншу тільки причіпних вагонів (вантажних або пасажирських), при цьому на коліях із різною шириною колії використовують свої локомотиви. Однак, з погляду зменшення загального часу проходження поїздів через пристрої переходу з однієї колії на іншу, особливо у швидкісному і високошвидкісному русі, в експлуатаційному плані вигідніше мати рухомий склад – і локомотиви, і моторні вагони, і причіпні вагони, комплексно обладнані пристроями зміни відстані між колесами на осі.

Таблиця 4.4 – Основні типи рухомого складу, призначеного для руху залізницями з різною колією

Система	Talgo	CAF	SUW 2000	Rafia	Shinkansen
Країна	Іспанія		Польща	ФРН	Японія
Рік початку комерційного використання	1969	2003	2000	–	–
Пасажирські вагони	так	так	так	ні	так
Вантажні вагони	ні	ні	так	так	ні
Локомотиви та моторні вагони	так	так	ні	ні	так
Перехід з однієї колії на іншу колію з навантаженням на колісних парах	ні	ні	так	так	ні
Тип дії стопорного механізму	Підйомом фіксатора під час проходу пристрою	Підйомом колісної пари під час проходу пристрою	Впливом на зовнішній фіксатор під час проходу пристрою	Підйомом колісної пари під час проходу пристрою	
Конструкційна швидкість по магістралі, км/год	ВШМ (1435 мм) – 250 Широка колія (1668) – 220	90	90	ВШМ (1435 мм) – 270 вузька колія (1067 мм) – 130	

Спочатку (з 1969 р.) компанія Talgo (Іспанія) випускала з пристроями, що дозволяють переходити з однієї колії на іншу, тільки вагони для високошвидкісних поїздів. Їхнє виробництво триває і нині (рис. 4.4). При використанні таких вагонів локомотиви не переходять через «кордон» ділянок різної колії, а на кожній з них використовується локомотив свого типу. Згодом було сконструйовано і випускають нині високошвидкісні поїзди з тепловозами та електровозами з колісними парами, що дають змогу переходити з однієї колії на іншу (рис. 4.5, 4.6). Дизель-поїзд Talgo XXI (рис. 4.5) складається з двох тепловозів потужністю по дизелю по 1500 кВт, розташованих на кінцях поїзда і працюючих за системою «тягни-штовхай». До поїзда входять шість вагонів на одновісних візках типу Talgo з пасивними пристроями нахилу кузова. До складу поїзда Talgo 250 (рис. 4.6) входять два електровози, розраховані на дві системи живлення (25 кВ, 50 Гц; 3 кВ постійного струму), кожний потужністю 2400/2000 кВт (змінний/постійний струм). Електровози працюють за системою «тягни-штовхай» і розташовані по кінцях потяга з 8 вагонів на одновісних візках типу

Talgo з пасивними пристроями нахилу кузова.



Рисунок 4.4 – Швидкісний поїзд із причіпних вагонів типу Talgo (на передньому плані фото – кінцевий вагон поїзда, що рухається від спостерігача)



Рисунок 4.5 – Дизель-поїзд Talgo XXI



Рисунок 4.6 – Високошвидкісний електропоїзд Talgo 250 (за класифікацією іспанських залізниць клас 130 або S-130)

Крім компанії Talgo високошвидкісний електропоїзд з вагонами, що мають пристрої для переходу з однієї колії на іншу, випускає іспанська компанія CAF (рис. 4.7). Поїзд серії 120/121, що складається з чотирьох моторних вагонів, виготовляється спільно компаніями CAF і Alstom і призначений для ліній, електрифікованих на змінному струмі напругою 25 кВ, частотою 50 Гц і постійному струмі напругою 3 кВ.



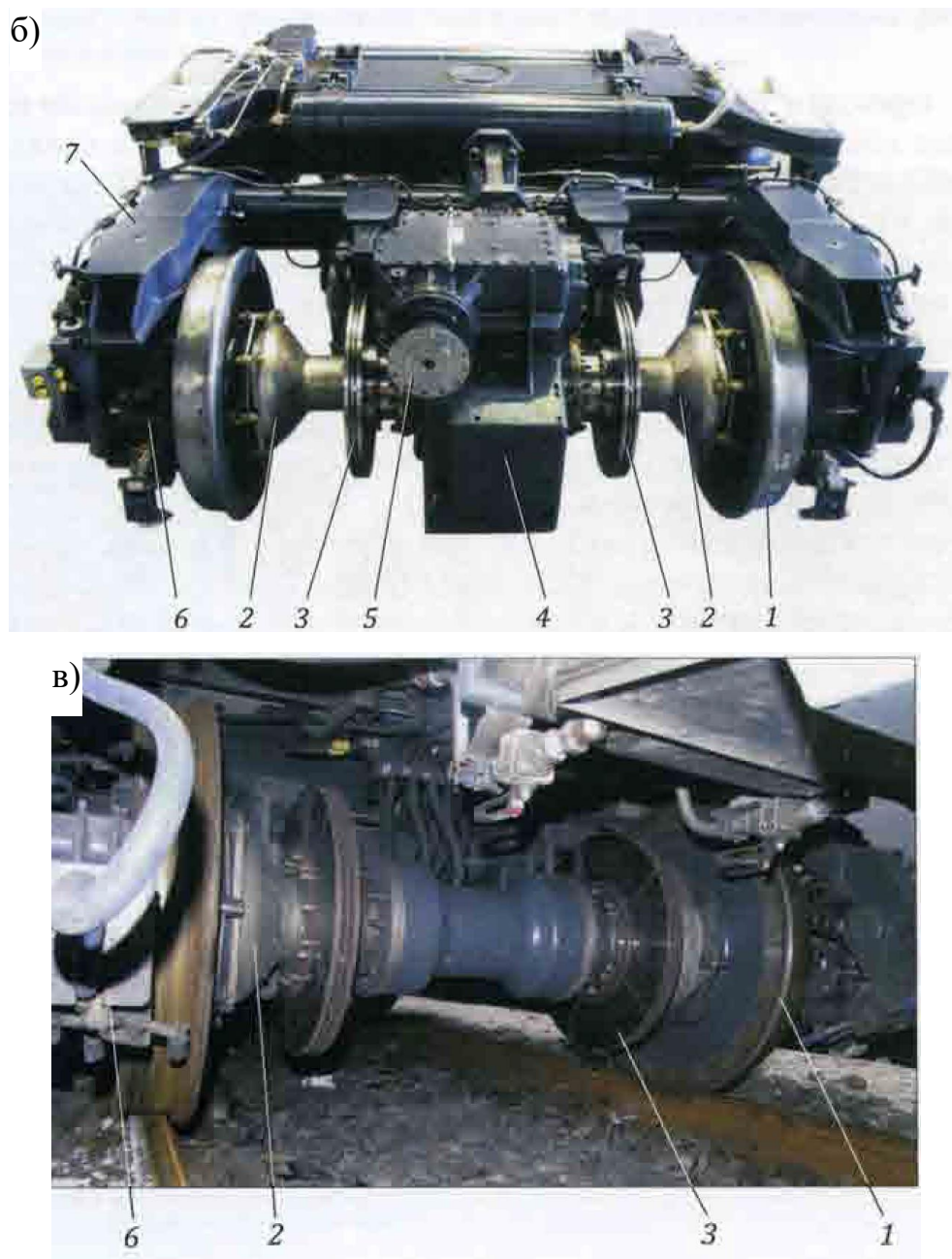


Рисунок 4.7 – Високошвидкісний електропоїзд серії 120/121 «Seria» компанії CAF/Alstom:

а – загальний вигляд; б – вигляд візка з боку рушійної колісної пари; в – вигляд візка з боку підтримуючої колісної пари: 1 – розрізна колісна пара; 2 – кожух, що прикриває рухому частину осі колісної пари; 3 – гальмівний диск; 4 – осьовий редуктор; 5 – фланець вхідного вала; 6 – механізм переводу і блокування рухомих елементів осі під час переходу з однієї колії на іншу; 7 – рама візка.

У кожного вагона поїзда серії 120/121 одна з двох осей візка (внутрішня, по відношенню до осі симетрії вагона) є рушійною. Обертальний момент від тягового двигуна, підвішеного до кузова вагона, передається на редуктор рушійної осі карданним валом (як у поїздів Pendolino).

Комерційна експлуатація рухомого складу, придатного для переходу з однієї

колії на іншу (щоправда, для швидкості до 90 км/год), здійснюється також у Польщі. Дослідний високошвидкісний поїзд, здатний переходити з нормальної колії на вузьку і назад, побудований в Японії. За відмінностей у деталях тих чи інших конструкцій механізмів, способів зміни відстані між колесами на осі колісної пари, здебільшого використано загальні базові принципи, які можна звести до такого.

Колеса розміщуються на осі колісної пари так, щоб зберігалася можливість переміщатися – зближуватися або віддалятися одне від одного, встановлюючись на необхідну ширину колії.

У потрібному для даної колії положенні колеса фіксуються і надійно утримуються на осі за допомогою замків (фіксаторів).

Під час переходу з однієї колії на іншу потяг (причіпні вагони, моторні вагони або вагони і локомотив, якщо локомотив також обладнано колісними парами, що змінюють положення) проходить через спеціальні пристрої зі швидкістю від 7 до 30 км/год (у різних конструкціях).

Рух поїзда при цьому здійснюється власною тягою або допоміжним локомотивом. У більшості конструкцій під час руху безпосередньо пристроєм переходу з однієї колії на іншу з колійних пар поступово знімається навантаження, і вони просуваються, не стикаючись із рейками. Спеціальний пристрій впливає на замки (фіксатори), знімаючи блокування положення коліс на осі.

Під час подальшого просування через пристрій колеса встановлюються напрямними шинами в нове положення на осі, що відповідає колії, на яку переводиться поїзд. Колеса фіксуються в цьому положенні замками (фіксаторами) і входять на нову колію, знову приймаючи на себе навантаження від вагона або локомотива.

Одновісні візки Talgo з роздільним кріпленням коліс на пів-осях виявилися вельми зручною конструкцією, що дала змогу отримати в результаті новий пристрій, що забезпечує перехід рухомого складу з однієї колії на іншу. Пізніше було запропоновано варіанти конструкцій, що наближаються за своїм виглядом

до звичайних колісних пар із цільною віссю. Як приклад розглянемо пристрій для переходу з однієї колії на іншу локомотивів або вагонів типу Talgo (рис. 4.8, 4.9). Перехід рухомого складу з однієї колії на іншу включає п'ять фаз:

1. Під час вступу рухомого складу на пристрій переведення з однієї колії на іншу рами візків локомотивів або вагонів своїми опорами ковзання (3) насуваються на підйомні балки (2), висота яких плавно збільшується. Навантаження від локомотива або вагона поступово переходить на опори ковзання, колеса піднімаються над рейками (у цьому прикладі широкої колії). Як мастило під опори ковзання візків на верхню грань балки, що піднімає, подається вода з форсунок (10).

2. Замки-фіксатори (4) коліс, у міру просування локомотива або вагона, входять у зачеплення з Т-подібними шинами (5) і опускаються. Це призводить до розблокування відносно осі коліс, які перебувають на позиції, що відповідає ширині тієї колії, якою вони рухалися раніше. У кожного колеса вагона є два замки-фіксатори, у коліс локомотивів - по одному. На пристрої переведення рухомого складу з однієї колії на іншу встановлено чотири Т-подібні шини для управління замками-фіксаторами коліс вагонів, під час проходження локомотивів із них використовуються дві.

3. Розблоковані та вивішені колеса вступають у бічний контакт із напрямними балками (6), які пересувають їх на нову позицію, що відповідає колії, на яку переходить рухомий склад.

4. Замки-фіксатори коліс під впливом Т-подібних шин повертаються у верхнє положення і, тим самим, блокують колеса відносно осі в новій позиції, що відповідає ширині колії, на яку переходить рухомий склад.

5. У міру ковзання опор рам візків ділянками напрямних балок (2), що знижуються, колеса поступово опускаються і встають на рейки (в цьому прикладі вузької колії). Перехід колісної пари на іншу колію закінчено. Подібним же чином відбувається перехід з вузької колії на широку.

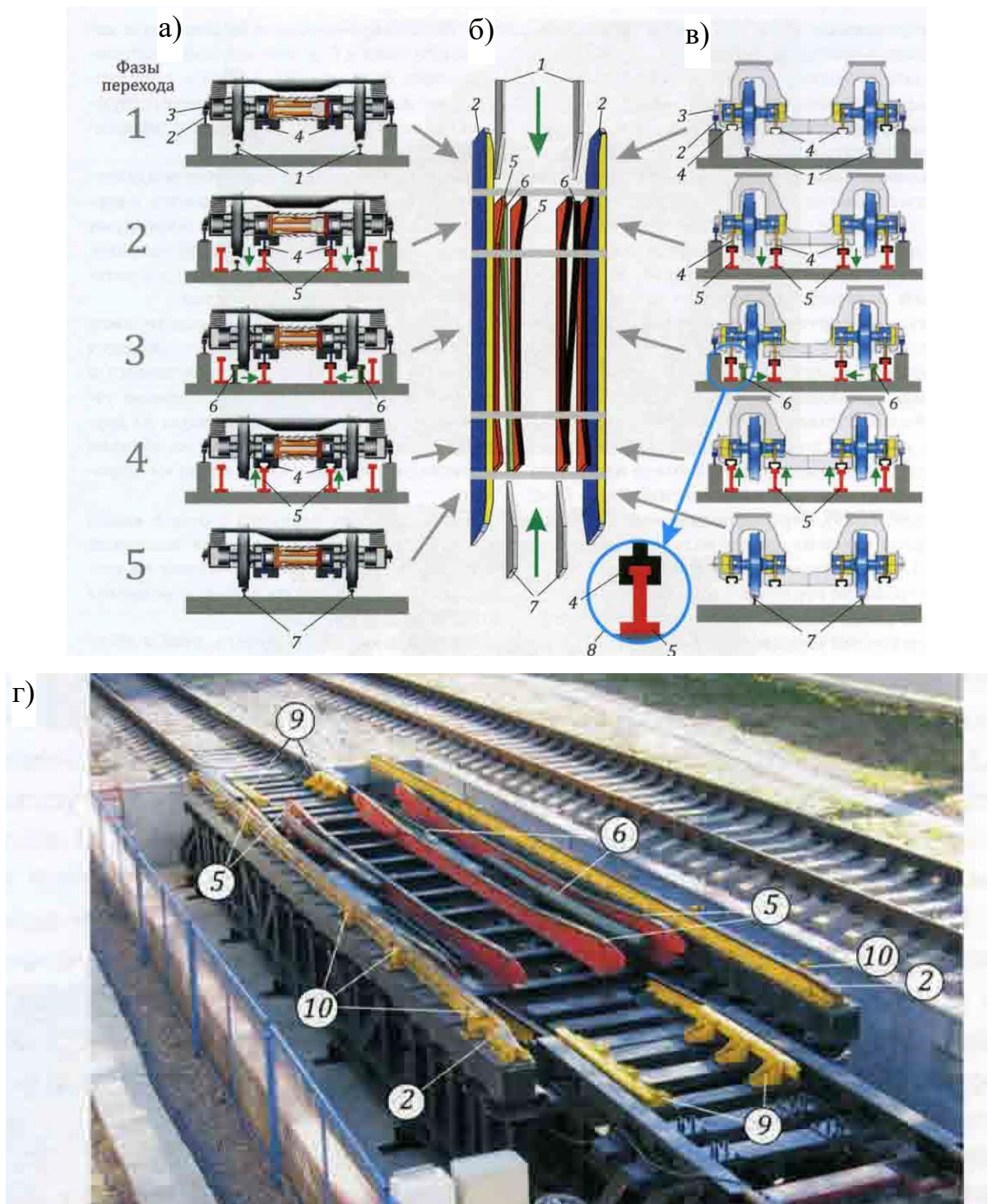


Рисунок 4.8 – Пристрій для переходу рухомого складу типу Talgo з однієї колії на іншу:

а – схематичне зображення поперечного розрізу візка локомотива Talgo; б – схематичне зображення пристрою для переходу з однієї колії на іншу; в – схематичне зображення поперечного розрізу візка вагона Talgo Pendular; г – загальний вигляд установки: 1 – рейки широкої колії; 2 – підйомні балки; 3 – опори ковзання рам візків; 4 – замки-фіксатори коліс; 5 – Т-подібні шини; 6 – напрямні балки; 7 – рейки вузької колії; 8 – збільшене схематичне зображення, яке показує взаємодію замку-фіксатора з Т-подібною шиною; 9 – контррейки вхідної/вихідної частин переходного пристрою; 10 – форсунки подачі води для змащення.



Рисунок 4.9 – Загальний вигляд пристрою для переходу з однієї колії на іншу компанії Talgo в момент пропуску по ньому тепловоза

Пристрої для переведення з однієї колії на іншу рухомого складу компанії CAF схожі за принципом дії на пристрої Talgo, але вони не взаємозамінні (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Загальний вигляд пристроїв для переходу з однієї колії на іншу компанії Talgo (ліворуч) і компанії CAF (праворуч). Іспанія

Останніми роками для того, щоб забезпечити пропуск з однієї колії на іншу рухомого складу Talgo і CAF, що обертаються за одним маршрутом, стали влаштовувати суміщені пристрої пропуску, в яких за допомогою підйомних платформ може бути по черзі встановлено необхідне обладнання. Наразі в Іспанії

на низці пунктів пропуску рухомого складу з однієї колії на іншу використовують перехідні універсальні пристрої останнього покоління типу TCRS, які можуть за командою оператора змінювати свою конфігурацію і пропускати як поїзди Talgo, так і CAF. У цих пристроях за допомогою декількох гідроциліндрів піднімаються або опускаються відповідні напрямні шини, штанги та інші елементи. У 2010 р. в Іспанії діяло 20 пунктів переходу з однієї колії на іншу на високошвидкісних лініях і 75 пунктів на звичайних залізницях.

На електрифікованих ділянках контактна мережа підводиться з двох боків до будівлі, де розташований пристрій для переходу з однієї колії на іншу. Безпосередньо над самим пристроєм контактна мережа відсутня. Електропоїзди Talgo мають два електровози, розташовані по кінцях складу. Під час проходження пристрою переходу з однієї колії на іншу відключається від контактної мережі (опускається струмоприймач) спочатку головний електровоз, і поїзд приводиться в рух другим локомотивом, а потім підключається до мережі головний електровоз, і його тягою здійснюється рух за відключеного локомотива, розміщеного в хвості поїзда. Електропоїзди компанії CAF мають кілька моторних вагонів, під час проходження пристроєм переходу з однієї колії на іншу моторні вагони по черзі вимикаються і підключаються до контактної мережі.

Японські залізничні компанії, так само як і іспанські, поставили за мету: ввести найближчими роками в експлуатацію високошвидкісні електропоїзди, здатні переходити з нормальної колії ВШМ (1435 мм) на вузьку (1067 мм) і назад, при цьому мати конструкційну швидкість руху, яку можна порівняти з високошвидкісними поїздами, що експлуатуються, – щонайменше 270 км/год на ВШМ (1435 мм) і 130 км/год на залізницях вузької колії (1067 мм).

Розробку такого електропоїзда розпочав у 1997 р. Науково-дослідний інститут залізничної техніки Японії.

У 2002 р. 12 великих залізничних компаній-операторів, машинобудівних, електротехнічних та інших компаній утворили консорціум «Gauge Change Train» – GCT («Поїзд змінної колії»).

Перший дослідний поїзд GCT, що складається з трьох моторних вагонів (двох кінцевих і одного проміжного), був виготовлений у жовтні 1998 р. Він має габарит звичайних вагонів для вузькоколіїних залізниць Японії. У 1999-2001 рр. поїзд пройшов випробування у США на полігоні в м. Пуебло (рис. 4.11), під час яких розвинув максимальну швидкість 246 км/год. Під час дослідних поїздок було здійснено пробіг понад 600 тис. км, поїзд понад 2 тис. разів здійснив перехід через стаціонарний пристрій з однієї колії на іншу. Потім до 2006 р. поїзд випробовували в Японії на вузькоколіїних залізницях і на ВШМ.



Рисунок 4.11 – Перший дослідний японський поїзд GCT на випробуваннях у Центрі транспортних технологій у Пуебло, штат Колорадо, США

Вагони поїзда оснащені двома типами візків: так званий тип «А» з прямим приводом від синхронного двигуна і тип «В» – з асинхронним двигуном і редуктором. У візках типу «А» зовнішній ротор синхронного тягового двигуна зі збудженням від постійних магнітів безпосередньо прикріплений до колеса колісної пари, утворюючи колісно-моторний блок (рис. 4.12, 4.13), а статор, який міститься всередині ротора, насаджений на нерухому вісь колісної пари. На неї за допомогою конічних підшипників також насажені й колеса (рис. 4.13).



Рисунок 4.12 – Поїзд GCT: візок типу «А» (вид знизу). Японія

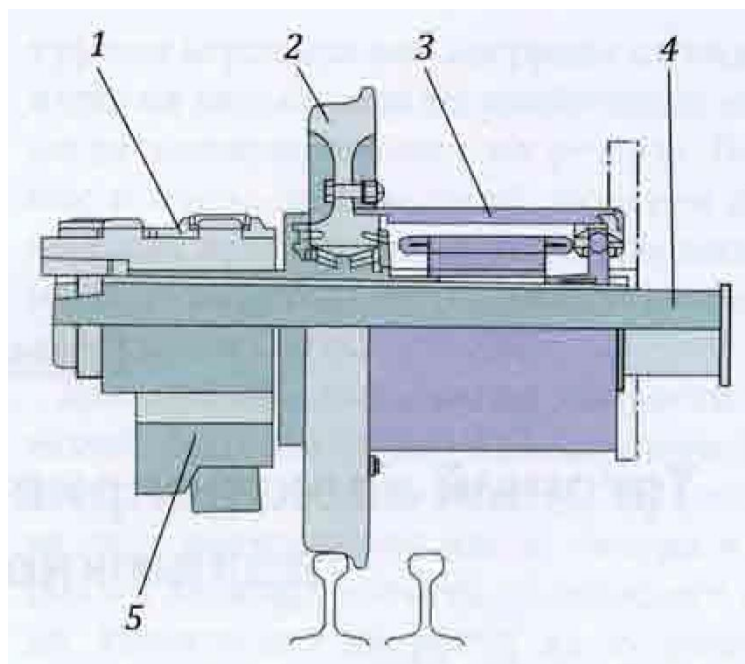


Рисунок 4.13 – Колісно-моторний блок візка типу «А» (показано одне колесо):
 1 – буксові підшипники; 2 – колесо; 3 – зовнішній ротор тягового двигуна; 4 – нерухома вісь колісної пари; 5 – стопорний механізм, що фіксує положення колеса на осі; 4 – нерухома вісь колісної пари; 5 – стопорний механізм, що фіксує положення колеса на осі.

Перехід візка з колії однієї ширини на колію іншої здійснюється за допомогою пристрою, в якому, як у системах Talgo або CAF, відбувається розвантаження колісної пари, деблокуються колеса на осі, переводяться в нове положення і блокуються в новому положенні.

У візках типу «В» (рис. 4.14) крутний момент від асинхронного двигуна,

підвішеного на рамі візка, передається на вісь через муфту і карданний вал. Колеса насаджені на вісь, що має довгі проміжні шліцьові втулки, і обертаються разом із нею. Колісні пари нагадують звичайні, але мають можливість рухатися по шліцах осі і фіксуються в положенні, що відповідає ширині тієї чи іншої колії. Перехід з колії однієї ширини на колію іншої здійснюється таким самим пристроєм, як і для візка типу «А».

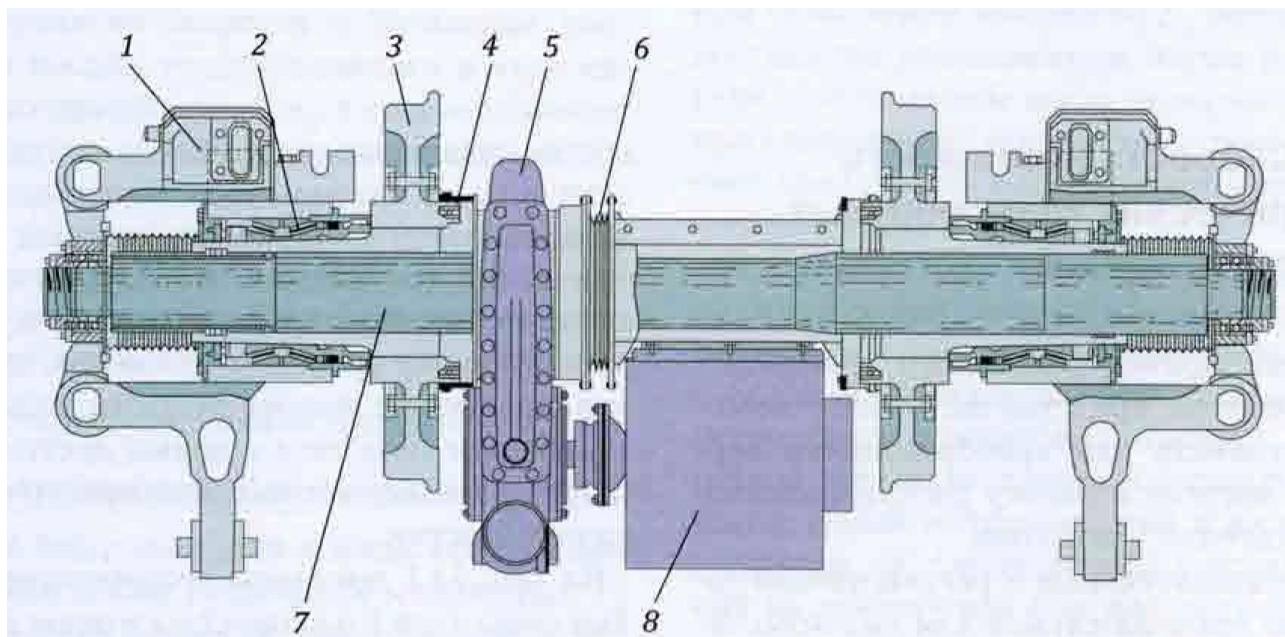


Рисунок 4.14 – Колісна пара візка типу «В» (вигляд зверху):

1 – стопорний механізм фіксації положення колеса на осі; 2 – буксовий підшипник; 3 – колесо; 4 – рухома муфта і карданний вал передачі обертального моменту від редуктора до осі; 5 – редуктор; 6 – захисний кожух у вигляді гумової гармошки; 7 – вісь колісної пари; 8 – тяговий двигун

У 2006 р. в Японії було виготовлено і передано на випробування другий дослідний поїзд такої самої конфігурації, як і перший, але з проміжним вагоном, що має пристрій для нахилу кузова. У 2009 р. на одній із ВШМ поїзд розвинув швидкість 270 км/год.

4.4 Визначення економічної ефективності вводу в експлуатацію швидкісного електропоїзда

В даний час рівень розвитку швидкісного руху на залізницях тієї чи іншої країни свідчить не тільки про досягнення цієї держави в області науки і техніки, про прогрес у сфері транспорту, але також і про стан економіки і соціальний рівень розвитку країни в цілому.

За визначенням, до швидкісних пасажирських ліній відносять ті, на яких

допускається рух пасажирських поїздів зі швидкістю 161...200 км/год.

Розвиток швидкісного руху може здійснюватися двома шляхами: підвищенням швидкості руху на лініях, що діють, з вантажним і пасажирським рухом (Великобританія, Німеччина, Італія і нарешті Україна); будівництвом нових спеціалізованих пасажирських ліній (Японія, Франція, Італія). Досвід показав, що будівництво спеціалізованих швидкісних магістралей доцільно здійснювати для швидкостей більше 200 км/год і за наявності потужного і стійкого річного пасажиропотоку (не менше 15 млн. пасажирів на рік).

Позитивним чинником в розвитку швидкісного руху на залізницях України є те, що ці трудомісткі проекти реалізуються в умовах низького рівня економіки нашої країни, критичного ступеня зносу основних виробничих фондів (в першу чергу, колійного господарства і рухомого складу), а також низького платоспроможного попиту населення на транспортні послуги.

Основні методичні підходи до оцінки ефективності швидкісних пасажирських поїздів полягають в наступному:

- грошові потоки, соціальні і позитивні експлуатаційні вигоди слід розглядати в часі, і мінімальним слід вважати період в 10 років. Це обумовлено тим, що витрати на організацію руху прискорених поїздів досить великі (від 1000 до 3000 млн грн. на основних напрямках), а обертаються поки в тому і іншому напрямі лише по дві пари поїздів;

- ефективність необхідно розглядати в двох аспектах: з держрозрахункових позицій залізничного транспорту і з погляду загальнодержавних інтересів;

- слід передбачати подальшу можливість збільшення швидкостей руху на напрямках до рівня швидкісного за рахунок посилення полотна і введення дійсно швидкісного по своїх технічних характеристиках рухомого складу.

При оцінці ефективності з держрозрахункових позицій слід враховувати не тільки одноразові витрати на покращення колії, реконструкцію вокзалів і посадочних платформ, на придбання рухомого складу, поточні витрати на ремонт колії, оплату поїзного персоналу і допоміжних робочих, але і витрати, пов'язані з так званим рекламним ефектом.

Цей ефект залежить не тільки від економії часу пасажирів, але і від набору послуг, що надаються останнім під час поїздки. Слід враховувати і так звану транспортну втому пасажирів, яка при часі поїздки більше 3 год є істотним чинником при виборі виду транспорту.

Світовий досвід показує, що витрата енергії на тягу швидкісних поїздів не грає першорядної ролі, оскільки відомо, що більш третини цієї енергії витрачається при розгонах, а при мінімальних зупинках швидкісних поїздів (2–3) цей чинник стає навіть як би позитивним.

Було методично помилковим відносити одноразові витрати, пов'язані з реконструкцією колійного господарства, станційних пристроїв, засобів зв'язку і сигналізації, а також пасажирських вокзалів і інших пристроїв наземної інфраструктури, і на швидкісний рух (на 1–2 пари прискорених поїздів). В цьому випадку, навіть при збільшенні розмірів руху цих поїздів до 4–5 пар на добу, термін окупності одноразових витрат (відносно невеликих в порівнянні з будівництвом окремих швидкісних ліній) перевищуватиме 10–12 років.

Помилково спрощувати також оцінку ефективності швидкісного руху шляхом застосування методу приведених витрат.

Оцінку ефективності швидкісного руху слід проводити із залученням методів проектного аналізу і розглядати реконструкцію тих або інших напрямів як крупні інвестиційні проекти.

В цьому випадку одноразові і поточні експлуатаційні витрати, в нетранспортний ефект і позитивні соціальні наслідки від реалізації проектів слід розглядати стосовно всіх видів і об'ємів перевезень на даному напрямі.

Найскладнішим і делікатнішим питанням є вибір і обґрунтування рівня пасажирського тарифу, який з урахуванням зручностей і сервісних послуг повинен бути не нижче за класи 2 – 3 і повинен враховувати не тільки собівартість перевезень, але і платоспроможність різних верств населення України зараз і у майбутньому. Необхідно також враховувати тарифи, що конкурують на даному напрямі інших видів транспорту.

Абсолютно очевидно, що на перших порах ці перевезення можуть бути

збитковими і рентабельність залежатиме від населеності поїзда і зростання пасажиропотоку в швидкісному русі.

Показники ефективності поліпшення експлуатаційної роботи приведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Показники ефективності експлуатаційної роботи при реконструкції напрямку під швидкісні поїзди

Наслідки реконструкції колійного господарства і інших технічних пристроїв	Показник економічної та соціальної ефективності			
Введення в обіг швидкісних поїздів	Зростання доходів дороги	Задоволення додаткового платоспроможного попиту	Економія часу пасажирів	Зниження транспортної втрати пасажирів
Збільшення маршрутної швидкості інших пасажирських поїздів	Зменшення експлуатаційних витрат	Скорочення потреби в бригадах поїздів		Підвищення споживної вартості пасажирських перевезень
Можливе збільшення технічної і дільничної швидкості вантажних поїздів	Зниження експлуатаційних витрат	Скорочення потреби в локомотивах і вагонах	Скорочення термінів доставки вантажів	Скорочення вантажної маси на колесах
Підвищення безпеки руху	Для всіх видів перевезень			

Основними факторами, що обмежують швидкість руху, є поганий стан земляного полотна, переїзди, контактна мережа, профіль колії та стрілочні переводи.

Обмеження швидкості пасажирських $v_{п}$ та вантажних $v_{в}$ поїздів для звичайних однорадіусних кривих визначаються за такими формулами [19]

$$v_{п} \leq 3,6 \sqrt{\left[\alpha_{нп} + \frac{gh}{S} \right]}, \quad (4.1)$$

$$v_{п} \leq 3,6 \frac{v_{ок} l}{h}, \quad (4.2)$$

де R – радіус кривої, м;

$\alpha_{нп}$ – норматив непогашеного прискорення, м/с²;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

h – підвищення зовнішньої рейки, мм;

S – ширина колії, мм;

v_{OK} – максимально допустима швидкість опускання колеса, мм/с;

l — довжина перехідної кривої, м.

Обмеження швидкості, яке пов'язане з нормативом швидкості зростання прискорення ψ (м/с³), визначається за нерівністю

$$v_{II}^3 \frac{1}{(3,6)^3 Rl} - v_{II} \frac{gh}{3,6lS} \leq \psi. \quad (4.3)$$

Розглянемо вплив нормативу непогашеного прискорення на швидкість руху поїздів.

Для звичайного поїзда $\alpha_{III} = 0,7$ м/с²; для поїздів типу «Інтерсіті +» $\alpha_{III} = 1,0$ м/с²; для розрахованого міжрегіонального швидкісного поїзда (МШП) $\alpha_{III} = 1,8$ м/с² [7, 8].

Якщо встановити максимальне значення мінімальної швидкості вантажних поїздів на рівні 60 км/год і прийняти достатньою довжину перехідних кривих, то залежність підвищення зовнішньої рейки і максимальної швидкості пасажирських поїздів від радіуса кругової кривої буде мати характер наведений в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Залежність підвищення зовнішньої рейки і максимальної швидкості пасажирських поїздів від радіуса кругової кривої

R , м	600	800	1000	1200
h , мм	120	105	90	85
Тип рухомого складу	v_{max} , км/год			
Звичайний	105	120	120	120
Столичний експрес	115	130	140	155
Міжрегіональний поїзд	140	160	175	190

Як бачимо, збільшення нормативу непогашеного прискорення дозволяє міжрегіональним швидкісним поїздам при достатній довжині перехідних кривих досягати швидкості на 20...25 % більшої, ніж Інтерсіті +.

Якщо зменшити обмеження для вантажних поїздів до рівня 45 км/год, то попередня таблиця набуде наступного вигляду табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Залежність підвищення зовнішньої рейки і максимальної швидкості пасажирських поїздів від радіуса кругової кривої

R , м	600	800	1000	1200
h , мм	90	80	70	75
Тип рухомого складу	v_{\max} , км/год			
Звичайний	100	110	120	120
Столичний експрес	110	120	135	150
Міжрегіональний поїзд	135	150	170	185

Тобто, в цьому випадку максимальні швидкості всіх категорій поїздів знизились на 5—10 км/год.

Довжина перехідної кривої впливає на швидкість опускання колеса v_{OK} та на швидкість зростання прискорення ψ .

Для звичайного поїзда $v_{OK} = 28$ мм/с; для Інтерсіті + та міжрегіонального швидкісного поїзду $v_{OK} = 35$ мм/с [7].

Мінімальна довжина перехідної кривої в цьому випадку може визначатися за такою формулою

$$l = \frac{h v_{MAX}}{3,6 v_{OK}}, \quad (4.4)$$

$$l = \frac{80 \cdot 120}{3,6 \cdot 28} = 95 \text{ м.}$$

Значення мінімальної довжини перехідної кривої, що задовольняє цей критерій і забезпечує максимальні швидкості, залежно від підвищення зовнішньої рейки, наведені в табл. 4.8.

Розглянемо, який виграш у часі руху дає збільшення швидкості руху порівняно з поїздами типу Інтерсіті +. Як приклад, розглянемо довгу ділянку з нульовим ухилом, посередині якої є крива, що обмежує швидкість руху. Максимальну швидкість на прямій обмежимо 200 км/год. Виграш у часі руху для швидкостей з попередніх таблиць у цьому випадку наведено в таблиці 4.9.

Таблиця 4.8 – Значення мінімальної довжини перехідної кривої

Тип поїзда	v_{MAX} , км/год	Підвищення h , мм				
		80	90	100	110	120
Мінімальна довжина перехідної кривої (м)						
Звичайний	120	95	110	120	130	145

Тип поїзда	v_{MAX} , км/год	Підвищення h , мм				
		80	90	100	110	120
		Мінімальна довжина перехідної кривої (м)				
Експрес	160	100	115	130	140	155
Міжрегіональний швидкісний поїзд	220	140	160	175	195	210

Таблиця 4.9 – Виграш у часі руху

v_{MAX} , км/год	v_{MAX} , км/год	Δv , км/год	Економія часу (с) при довжині кривої			
			500	1000	1500	2000
110	135	25	12	15	18	21
115	140	25	11	13	17	19
120	150	30	11	13	17	20
130	160	30	8	10	13	15
135	160	25	6	8	10	12
140	160	20	4	6	7	9
160	200	40	2	2	5	6

Розглянемо тепер ефект від підвищення швидкості руху поїздів стрілочними переводами. Розглянемо стрілочні переводи з максимальною швидкістю руху поїздів у прямому напрямку 100, 120, 140 та 200 км/год.

Зміни часу руху подані (табл. 4.10) залежно від швидкості руху стрілочними переводами, що дорівнює 120 км/год.

Таблиця 4.10 – Зміни часу руху від швидкості руху стрілочними переводами, що дорівнює 120 км/год

Довжина станції, м	Швидкість руху станцією, км/год.			
	100	120	140	200
	Економія часу (с)			
2000	-20	0	14	23
1500	-17	0	12	19
1000	-14	0	9	15

Доцільно, поряд зі змінами параметрів плану, розглянути також встановлення підвищень, які забезпечать максимальні швидкості руху пасажирських поїздів

Для отриманих трьох варіантів плану здійснювався вибір підвищень зовнішньої рейки із забезпеченням максимально можливих швидкостей руху пасажирських поїздів також у трьох варіантах:

- рух звичайних пасажирських поїздів;
- рух поїздів типу Інтерсіті+;

– рух міжрегіональних швидкісних поїздів з примусовим нахилом кузова.

Для отриманих у результаті варіантів плану ліній були виконані тягові розрахунки. Результати деяких розрахунків для напрямку Київ– Львів наведені в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Можливий виграш у часі при застосуванні електропоїзда

Тип поїзда	Час руху поїзда Київ–Львів без урахування зупинок, хв.					
	При існуючому стані плану	При мінімальних рихтуваннях			При зміні траси для зняття обмежень	
		Швидкість руху по станціях, км/год			Максимальна швидкість, км/год	
		120	160	200	160	200
Експрес Міжрегіональний швидкісний поїзд	340	282	265	236	234	210
	315	271	252	207	209	186
Виграш у часі при застосуванні міжрегіональних поїздів	25	11	13	29	25	24

Як бачимо, застосування мінімальних рихтувань дає зниження часу руху майже на півгодини, ще 20 хвилин – дає заміна стрілочних переводів.

Оскільки збільшення швидкості ставить підвищені вимоги до якості проектування, виправки і утримання кривих, необхідні нові підходи до зйомки, розрахунків та виконання робіт. Безумовно, це призведе до підвищення вартості зйомки і проектування таких ділянок, однак це вимушений крок, без якого реалізувати якісне підвищення швидкостей буде практично неможливо. Те, що мало впливало на показники руху поїздів при швидкостях 100...120 км/год, стає важливим при швидкостях 200 км/год і більше.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки та рекомендації:

1) перехід на європейську колію вимагає значних інвестицій, технічної підготовки та політичної волі. Успішне вирішення цього питання сприятиме розвитку економіки України, покращенню транспортного сполучення з країнами ЄС та підвищенню конкурентоспроможності української залізниці;

2) застосування українського рухомого складу на європейській колії в існуючому вигляді практично неможливе. Для забезпечення можливості руху поїздів між Україною та ЄС необхідно глибоко модернізувати існуючий вітчизняний рухомий склад, який буде відповідати європейським стандартам;

3) на першому етапі інтеграції транспортної системи України в європейську рекомендується експлуатувати закордонний рухомий склад з розсувними колісними парами з використанням в перспективі світових технологій з виготовлення аналогічного вітчизняного рухомого складу;

4) на кінцевому етапі, для повної інтеграції української залізниці до європейської транспортної системи, будувати колії європейського стандарту.

Слід відмітити, що перехід до європейських стандартів має бути поступовим, це дозволить адаптуватися до нових умов та мінімізувати негативні наслідки інтеграції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Угода про асоціацію між Україною з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони (Угоду ратифіковано із заявою Законом № 1678-VII від 16.09.2014). Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text).
2. Інтероперабельність українських залізниць і проблеми подолання системних стиків рейкової колії: Навчальний посібник / Уклад.: Н.Б.Чернецька-Білецька, Г.І. Нестеренко, Є.В.Михайлов та інш. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2020. – 110 с.: табл. 3. іл. 33, бібліогр. 45 назв.
3. Стаття «Перехід України на європейську залізничну колію» на сайті ThePage.ua (<https://thepage.ua/ua/economy/perehid-ukrayini-na-yevropejsku-zaliznichnu-koliyu>).
4. Стаття «Євроінтеграція залізниці - чому на Варшаву і далі не вистачатиме квитків» на сайті УНІАН (<https://www.unian.ua/economics/transport/yevrointegraciya-zaliznici-chomu-na-varshavu-i-dali-ne-vistachatime-kvitkiv-12327936.html> [видалено недійсну URL-адресу]).
5. Курган М.Б. Дослідження відмінностей української та європейської залізничної інфраструктури / М. Б. Курган, В. Г. Вербицький, Д. М. Курган // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2019. – № 5 (83). – С. 52-70. doi: 10.15802/stp2019/184497.
6. Patlasov, O. M. Impact of Cars with 25 TF / Axle Load on the Track Condition / O. M. Patlasov, E. M. Fedorenko // Science and Transport Progress. – 2019. – Vol. 3. – Iss. 81. – P. 87–95. doi: 10.15802/stp2019/171297.
7. Курган, М. Б. Теоретичні основи впровадження високошвидкісного руху поїздів в Україні: монографія / М. Б. Курган, Д. М. Курган ; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро : ДНУЗТ, 2016. – 283 с.
8. Кантор І. І. Дослідження та проектування залізниць. – М.: ІКЦ «Академкнига», 2003. – 288 с. іл. ISBN 5-94628-053-8.

9. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм. ДБН В.2.3 К.: -2019
10. <https://www.railinsider.com.ua>
11. Никифорок О. Імплементация директив ЄС щодо залізничного транспорту в законодавство України: позитивні та негативні наслідки [Текст] / О. Никифорок // Економіст. - 2013. - № 10. - С. 15-20.
12. Держспоживстандарт України; Наказ № 457, Класифікатор від 11.10.2010. Класифікація видів економічної діяльності ДК 009:2010.
13. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс] . - Режим доступу: <http://search.ligazakon.ua>.
14. Директива 2008/57/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 17 червня 2008 року про інтероперабельність залізничної системи в межах Співтовариства (Доопрацьована).
15. Семко Ж. О. / Застосування технічних специфікацій інтероперабельності на залізничному транспорті // Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування». – 2023 р., – №26. – С. 79-101.
16. <https://www.kvsz.com/index.php/ua/>
17. Правила технічної експлуатації залізниць України / Наказ Мінтрансу від 16 січня 1995 року N 27 «Про затвердження Правил технічної експлуатації залізниць України».
18. Високошвидкісний залізничний транспорт. Загальний курс: навч. посібник: у 2 т. / І. П. Кисельов та ін; за ред. І. П. Кисельова. - М.: ФДБОУ «Навчально-методичний центр з освіти на залізничному транспорті», 2014, Т.2 - 372 с.
19. Высокоскоростной электрический транспорт. Мировой опыт / Корниенко В.В., Омеляненко В.И. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. – 159 с.

ДОДАТОК А
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДО ЗАХИСТУ
МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ НА ТЕМУ:
«ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ПРИ
ПЕРЕХОДІ НА ЄВРОПЕЙСЬКУ ШИРИНУ КОЛІЇ»

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПЕРЕХОДУ В УКРАЇНІ НА ЄВРОПЕЙСЬКУ ШИРИНУ КОЛІЇ

2



На кінець 2024 року діють 14 прикордонних залізничних переходів, що з'єднують Україну з п'ятьма країнами Європи: Польщею, Словаччиною, Угорщиною, Румунією та Молдовою.

Виконав	М. А. Діденко
Керівник	Д. М. Курган

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПЕРЕХОДУ В УКРАЇНІ НА ЄВРОПЕЙСЬКУ ШИРИНУ КОЛІЇ

3

Найбільше переходів Україна має з Польщею – це 6 стиків, з яких працюють 4. Передача вагонів проводиться по переходах:

- Ягодин – Дорогуськ;
- Ізов – Грубешув;
- Мостиська-2 – Медика;
- Рава-Руська – Верхрата.



Митний перехід Ягодин-Дорогуськ 100 років тому



Митний перехід Мостиська-2 – Медика

Виконав	М. А. Діденко
Керівник	Д. М. Курган

СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПЕРЕХОДУ В УКРАЇНІ НА ЄВРОПЕЙСЬКУ ШИРИНУ КОЛІЇ

4

Поточний стан та проблеми:

- різна ширина колії;
- необхідність значних інвестицій;
- технічні складнощі.

Позитивні аспекти та перспективи:

- покращення сполучення з ЄС – перехід на європейську колію сприятиме покращенню транспортного сполучення з країнами ЄС, збільшенню обсягів торгівлі та розвитку туризму;
- підвищення ефективності перевезень – уніфікація ширини колії дозволить скоротити час та вартість перевезень, підвищити ефективність логістичних операцій;
- залучення інвестицій – реалізація проєкту з переходу на європейську колію може залучити іноземні інвестиції та сприяти розвитку залізничної галузі України.

Виконав	М. А. Діденко
Керівник	Д. М. Курган

ПОЗИТИВНІ ТА НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ ПЕРЕХОДУ ДО РУХОМОГО СКЛАДУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

5

Позитивні наслідки:

- підвищення рівня безпеки;
- покращення комфорту для пасажирів;
- зниження експлуатаційних витрат;
- збільшення швидкості та скорочення часу в дорозі;
- зменшення негативного впливу на довкілля;
- інтеграція в європейську транспортну систему;
- залучення інвестицій та розвиток технологій.

Виконав	М. А. Діденко
Керівник	Д. М. Курган

ПОЗИТИВНІ ТА НЕГАТИВНІ НАСЛІДКИ ПЕРЕХОДУ ДО РУХОМОГО СКЛАДУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

6

Негативні наслідки:

- висока вартість закупівлі;
- залежність від іноземних постачальників;
- необхідність адаптації інфраструктури;
- можливі проблеми з сервісним обслуговуванням та постачанням запчастин;
- вплив на вітчизняних виробників.

Виконав	М. А. Діденко
Керівник	Д. М. Курган

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ КОЛІЇ

7

Рід струму і напруги в контактній мережі	3кВ/~25кВ, 50 гц
Конструкційна швидкість	160 км/год
Кількість вагонів в складі	9
Кількість місць	579 шт.
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



Електропоїзд Hyundai Rotem HRCS2

Виконав	М. А. Діденко
Керівник	Д. М. Курган

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УКРАЇНСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ДЛЯ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ КОЛІЇ

8



Електропоїзд ЕКр-1

Довжина поїзда, мм	227700
Ширина вагону, мм	3420
Висота вагону, мм	4400
Габарит по ДСТУ Б В.2.3-29	T
Максимальне статичне навантаження від колісної пари на рейки, тс	18/20,5
Максимальний термін проходження до первинної екіпіровки, год	24
Максимальна експлуатаційна швидкість, км/год	до 200
Кількість вагонів, шт	9
Кількість місць для сидіння, шт	609
У тому числі:	
місць першого класу	128
місць другого класу	367
місць третього класу	112
місць для пасажирів в інвалідних візках	2

Виконав	М. А. Діденко
Керівник	Д. М. Курган

ТИПИ РУХОМОГО СКЛАДУ, ПРИЗНАЧЕНОГО ДЛЯ РУХУ ЗАЛІЗНИЦЯМИ З РІЗНОЮ КОЛІЄЮ

9

Система	Talgo	CAF	SUW 2000	Rafia	Shinkansen
Країна	Іспанія		Польща	ФРН	Японія
Рік початку комерційного використання	1969	2003	2000	–	–
Пасажирські вагони	так	так	так	ні	так
Вантажні вагони	ні	ні	так	так	ні
Локомотиви та моторні вагони	так	так	ні	ні	так
Перехід з однієї колії на іншу колію з навантаженням на колісних парах	ні	ні	так	так	ні
Тип дії стопорного механізму	Підйомом фіксатора під час проходження пристрою	Підйомом колісної пари під час проходження пристрою	Впливом на зовнішній фіксатор під час проходження пристрою	Підйомом колісної пари під час проходження пристрою	
Конструкційна швидкість по магістралі, км/год	ВШМ (1435 мм) – 250 Широка колія (1668) – 220	90	90		ВШМ (1435 мм) – 270 вужька колія (1067 мм) – 130

Виконав	М. А. Діденко
Керівник	Д. М. Курган

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

1) перехід на європейську колію вимагає значних інвестицій, технічної підготовки та політичної волі. Успішне вирішення цього питання сприятиме розвитку економіки України, покращенню транспортного сполучення з країнами ЄС та підвищенню конкурентоспроможності української залізниці;

2) застосування українського рухомого складу на європейській колії в існуючому вигляді практично неможливе. Для забезпечення можливості руху поїздів між Україною та ЄС необхідно глибоко модернізувати існуючий вітчизняний рухомий склад, який буде відповідати європейським стандартам;

3) на першому етапі інтеграції транспортної системи України в європейську рекомендується експлуатувати закордонний рухомий склад з розсувними колісними парами з використанням в перспективі світових технологій з виготовлення аналогічного вітчизняного рухомого складу;

4) на кінцевому етапі, для повної інтеграції української залізниці до європейської транспортної системи, будувати колії європейського стандарту.

Виконав	М. А. Діденко
Керівник	Д. М. Курган