


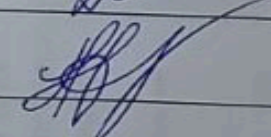
ЗАЯВА

Я, Басмачиєв Павло Миколай
(ПІБ повністю)
Студент групи КГ 2021
(шифр групи)
Спеціальності 273 Загальний торгівель
(код та назва спеціальності)
освітньої програми Загальний торгівель та комерційно-господ.
(назва освітньої програми)
освітнього ступеня підготовки магістр
(бакалавр, магістр)

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:
Дослідження роботи ринку в складних умовах

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.
Я ознайомена з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Дата 20.12.21р. Підпис 
Керівник Арбузов М.А. Підпис 

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра «Транспорта інфраструктура»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

О. Л. Тютькін

2021р.

«В»

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ОС

«магістр»

Галузь знань 27 «Залізничний транспорт»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

ОП «Залізничні споруди та колійне господарство»

**Тема: «ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕЙОК В СКЛАДНИХ
УМОВАХ»**

Study of the operation of rails in difficult conditions

Керівник дипломної роботи доцент

Нормоконтролер доцент

Виконавець, студент групи КГ2021

М. А. Арбузов

М. А. Арбузов

П.І. Бастанжиєв

Bastanzhyiev Pavlo

Дніпро
2021

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра «Транспорта інфраструктура»

«ДО ЗАХИСТУ»
Завідувач кафедри
О. Л. Тютюкін

2021р. _____ « ____ »

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ОС

«магістр»

Галузь знань 27 «Залізничний транспорт»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

ОП «Залізничні споруди та колійне господарство»

Тема: **«ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕЙОК В СКЛАДНИХ
УМОВАХ»**

Study of the operation of rails in difficult conditions

Керівник дипломної роботи	<u>доцент</u>	_____	<u>М. А. Арбузов</u>
Нормоконтролер	<u>доцент</u>	_____	<u>М. А. Арбузов</u>
Виконавець, студент групи	<u>КГ2021</u>	_____	<u>П.І. Бастанжиєв</u> <u>Bastanzhyiev Pavlo</u>

Дніпро
2021

Український державний університет науки і технологій

ННЦ ОБД кафедра Транспортна інфраструктура

Галузь 27 Транспорт

Спеціальність 273 Залізничний транспорт

ОП «Залізничні споруди та колійне господарство»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

О. Л. Тютюкін

«___» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття ОС _____ магістр
(освітній ступінь)

студента групи КГ2021 Павло Іванович Бастанжиєв
(номер групи) (ПІБ)

1 Тема дипломної роботи: «Дослідження роботи рейок в складних умовах»
затверджена наказом по університету від «26» 03 2021 р. №148 ст.

2 Термін подання студентом закінченої дипломної роботи 19.12.2021

3 Вихідні дані до дипломної роботи: проблематика залізниць України.

4 Зміст пояснювальної записки:

1. Постановка проблеми роботи рейок в важких умовах.
2. Використання рейок в різних умовах експлуатації.
3. Особливості використання рейок на мостах та в тунелях.
4. Робота рейок на гірських ділянках, швидкісних ділянках та в кар'єрах.
5. Статистичні дослідження роботи рейок в складних умовах.

5 Демонстраційним матеріалом є слайди презентації.

6 Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Постановка проблеми роботи рейок в важких умовах	Арбузов М.А.		
Використання рейок в різних умовах експлуатації	Арбузов М.А.		

Продовження таблиці

Особливості використання рейок на мостах та в тунелях	Арбузов М.А.		
Робота рейок на гірських ділянках, швидкісних ділянках та в кар'єрах	Арбузов М.А.		
Статистичні дослідження роботи рейок в складних умовах	Арбузов М.А.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу дипломної роботи	Термін виконання	Обсяг розділу, %
Постановка проблеми роботи рейок в важких умовах	26.10	30
Використання рейок в різних умовах експлуатації	26.10	30
Особливості використання рейок на мостах та в тунелях	5.11	50
Робота рейок на гірських ділянках, швидкісних ділянках та в кар'єрах	17.11	60
Статистичні дослідження роботи рейок в складних умовах	19.12	100

Дата видачі завдання: «23»10 2021 р.

Керівник дипломної роботи

_____ М. А. Арбузов
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

_____ П.І. Бастанжисв
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи має 58 с., 13 рис., 20 табл.

Тема: Дослідження роботи рейок в складних умовах.

У магістерській роботі досліджується робота рейок в складних умовах. Досліджується явище зносу рейок і визначається який фактор впливає на підвищений знос рейок в кривих малого радіусу.

Ключові слова: рейка, боковий знос, вертикальний знос, приведений знос, криві малого радіусу.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ РОБОТИ РЕЙОК В СКЛАДНИХ УМОВАХ...	9
1.1 Призначення рейок та їх історичний розвиток.....	9
1.2 Нормальні та складні умови експлуатації рейок	14
2 ВИКОРИСТАННЯ РЕЙОК В РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	18
2.1 Класифікація умов експлуатації колії.....	18
3 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ РЕЙОК НА МОСТАХ ТА В ТУНЕЛЯХ.....	22
3.1 Ланкова та безстикова колія на мостах.....	22
3.2 Ланкова та безстикова колія в тунелях.....	24
4 РОБОТА РЕЙОК НА ГІРСЬКИХ ДІЛЯНКАХ, ШВИДКІСНИХ ДІЛЯНКАХ ТА В КАР'ЄРАХ.....	27
4.1 Бічний знос рейок в крутих кривих	27
4.2 Поздовжній угон рейок на крутих спусках та підйомах.....	29
4.3 Вимоги до рейок на швидкісних лініях.....	30
4.4 Робота рейок в кар'єрах.....	34
5 СТАТИСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕЙОК В СКЛАДНИХ УМОВАХ.....	37
5.1 Аналіз даних наданих Львівською залізницею.....	37
5.2 Визначення закономірностей роботи рейок в складних умовах.....	48
ВИСНОВКИ	50
ДОДАТКИ.....	51
ЛІТЕРАТУРА.....	58

					0053.160313.2021.001						
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Дослідження роботи рейок в складних умовах				Литера	Лист	Листов
Розроб		Бастанжисв П.І									
Пров		Арбузов М.А.									
Н. Контр.		Арбузов М.А.							УДУНТ, ОБД, гр. КГ 2021		
Утв											

Вступ

Дана робота присвячена дослідженню роботи рейок в складних умовах (в умовах експлуатації залізничної колії в кривих радіусом 450м та менше, поздовжні ухили 30‰ та більше) та пошуку можливого підвищення ресурсу роботи рейок. Актуальність теми обумовлена підвищеним зносом залізничної колії в місцях, де радіус кривої 450м та менше і поздовжні ухили 30‰ та більше. На підвищений знос рейок також можуть впливати такі фактори як : ширина колії, створені та введені в експлуатацію нові ремонтні профілі коліс рухомого складу, фізичний стан проміжних скріплень, вплив режимів гальмування рухомого складу. Тобто розглядати можна не лише конструкцію залізничної колії, а і роботу рухомого складу. На підставі аналізу багатьох наукових досліджень встановлено, що при експлуатації проміжних скріплень роздільного типу не враховується їх фактичний стан, залежний від пропущеного по колії вантажопотоку (тоннажу), від якого в значній мірі залежать величини бічного відтиснення головки рейки та розширення колії під дією вертикальних та бічних сил.

Залізнична колія – це комплекс інженерних споруд на базі рейкової колії, головне призначення якої – забезпечення безперебійного та безпечного руху поїздів. Характер перевізного процесу впливає на стан колії, і навпаки, параметри та технічні характеристики колії впливають на характер перевізного процесу, тобто допустимі швидкості, осьові навантаження, і відповідно пропускну здатність ділянок. Перевізним процесом можна назвати взаємодію організаційних і технологічних операцій. Якщо ж ми розглядаємо перевізний процес з точки зору залізничної колії, то це фактор впливу на технічний стан колії, а саме знос рейок, тому що вибір маршруту, формування кількості вагонів та формування складу поїзда визначає рівень впливу та частоту взаємодії коліс з рейками залізничної колії. В Україні залізничний транспорт здійснює основні обсяги вантажних (82%) та пасажирських (36) перевезень. Так як останнім часом політичні та економічні стосунки із

					0053.160313.2021.001	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

східними сусідами загострились, то обсяги транспортних сполучень з ними значно зменшились. Проте після підписання угоди з ЄС, Україна почала збільшувати вплив та поширювати економічні стосунки із західними партнерами. Через це з'явилась гостра потреба в наближенні транспортної, а саме залізничної інфраструктури до загально європейських стандартів.

На залізниці України кожного року, починаючи з 60-хх років минулого століття, постійно відбуваються значні зміни як у конструкції колії, так і у конструкції ходових частин рухомого складу, але через помилкові рішення у плануванні обсягів перевезень та осьових навантажень, які призвели до дуже значних матеріальних втрат та ще й до сучасного періоду не ліквідовані усі причини, що викликали ці втрати. При значному посиленні конструкції верхньої будови залізничної колії, шляхом введення в експлуатацію важких типів рейок (Р65, UIC 60) та значного поширення полігону безстикової колії з новими, більш досконалыми типами рейкових скріплень – СКД65, які дозволили збільшити полігон застосування залізобетонних шпал та безстикової колії у кривих ділянках радіусом менше 450 м. Протяжність кривих ділянок колії з радіусом 450 м та менше не перевищує 8% розгорнутої довжини головних та станційних колій магістральних залізниць України і складає загальну довжину 3514 км, з яких 811 км безстикової колії на залізобетонних шпалах та 981 км ланкової колії на залізобетонних шпалах. В тому числі 1259 км колії зі скріпленнями типу КБ та 286 км – СКД65-Б. Більш 80 % протяжності кривих з радіусом 450 м и менше знаходяться на ділянках з вантажонапруженістю до 15 млн. ткм бруто/км год. Майже на 70 % 19 протяжності таких кривих реалізуються швидкості руху до 60 км/год пасажирськими поїздами та до 40 км/год вантажними. Основним типом рухомого складу, який формує вантажонапруженість ділянок є 4-вісні вантажні вагони ЦНП-ХЗ-О з осьовими навантаженнями 210 кН. В нормах улаштування залізничної колії використовуються стандартні підходи до встановлення найбільшої допустимої ширини колії, які були справедливими для колії з дерев'яними шпалами та відсутні комплексні дослідження усіх змін в

					0053.160313.2021.001	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

конструкції рухомого складу та у конструкції колії з урахуванням багатьох додаткових факторів впливу на зазначену характеристику колії, дотримання якої повинно забезпечити безпеку руху, не зважаючи на обсяги матеріальних витрат на утримання колії. Протяжність кривих ділянок колії з радіусами 450 м та менше не перевищує 8 % розгорнутої довжини головних та станційних колій магістральних залізниць України. В той же час до 40 % рейок, які мають дефекти контактнo-втомного походження на поверхні кочення, в тому числі боковий знос головок рейок, знаходяться саме в таких кривих. Слід зазначити, що використання дорогих заходів по боротьбі з такими дефектами (наприклад, лубрикація та використання термозміцнених рейок) не завжди дають позитивний результат. Тому визначення причин високої інтенсивності розвитку дефектів контактнo-втомного походження, в тому числі бокового зносу головок рейок, та розробка заходів, які реально сповільнять такі процеси у кривих ділянках колії малих радіусів, є важливим і актуальним завданням, вирішення якого має підвищити терміни служби рейок, скоротити потребу в них та зменшити затрати праці при поточному утриманні й дати значний економічний ефект.

					0053.160313.2021.001	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ РОБОТИ РЕЙОК В СКЛАДНИХ УМОВАХ

1.1 Призначення рейок та їх історичний розвиток

Рейки - сталеві балки спеціального перерізу, що укладаються на шпалах або інших опорах для утворення шляху, яким переміщається рухомий склад залізничного транспорту.

Рейки для залізничного транспорту виготовляються із вуглецевої сталі. Якість рейкової сталі визначається її хімічним складом, мікроструктурою та макроструктурою.

Вуглець підвищує твердість та зносостійкість сталі. Однак великий вміст вуглецю, за інших рівних умов, робить сталь крихкою, хімічний склад при підвищенні вмісту вуглецю повинен витримуватися жорсткіше, особливо щодо шкідливих домішок. Легуючі добавки типу марганцю підвищують твердість, зносостійкість та в'язкість сталі. Кремній збільшує твердість та зносостійкість. Миш'як збільшує твердість та зносостійкість сталі, але у великих кількостях зменшує ударну в'язкість. Ванадій, титан, цирконій — мікролегуючі добавки, що покращують структуру та якість сталі.

Фосфор і сірка є шкідливими домішками, що підвищують крихкість сталі. Великий вміст фосфору робить рейки холодноламкими, великий вміст сірки - червоноламкими (утворюються тріщини при прокаті).

Мікроструктура рейкової сталі є пластинчастим перлітом з прожилками фериту на межах перлітових зерен. Твердість, опір зносу і в'язкість досягається наданням сталі однорідної сорбітної структури за допомогою термічної обробки шляхом поверхневого (на 8-10 мм) загартування головки або об'ємного загартування рейки. Об'ємнозагартовані рейки мають підвищену зносостійкість та довговічність. Макроструктура рейкової сталі має бути дрібнозернистою, однорідною, без порожнеч, неоднорідностей та сторонніх включень.

					0053.160313.2021.001	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Форма рейок змінювалася з часом. Існували кутові, грибоподібні, двоголові, широкопідшовні рейки. Сучасні широкопідшовні рейки складаються з голівки, підшви та шийки, що сполучає голівку з підшвою. Поверхня катання стає опуклою передачі тиску коліс по вертикальній осі рейки. Поєднання поверхні катання з бічними (вертикальними) гранями головки робиться по кривій радіусом, близьким до радіусу викрутки гребеня колеса. Поєднання головки і підшви з шийкою рейки робиться особливо плавним, а шийка рейки має криволінійні контури, що забезпечує найменшу концентрацію місцевих напруг. Підшві рейки надають достатньої ширини для забезпечення бічної стійкості рейки та достатньої площі опори для кріпильних накладок.

Довжина стандартної залізничної рейки, виробленого рейкопрокатними заводами у Росії, становить 12,5; 25,0; 50,0 та 100 метрів. Для укладання на внутрішніх нитях кривих ділянок колії випускаються укорочені рейки. Довжина безстикових батогів («оксамитовий шлях») зазвичай знаходиться в межах від 400 м до довжини перегону. Використання більш довгих рейок і зварених рейкових батогів знижує опір руху поїздів, зменшує знос рухомого складу та витрати на утримання шляху. При переході на безстиковий шлях опір руху поїздів зменшується на 5-7%, економиться близько чотирьох тонн металу на кілометр шляху за рахунок відсутності стикових скріплень.

Основною характеристикою рейки, що дає уявлення про його "потужність", є маса одного метра погонного рейки в кілограмах. При виборі типу рейки враховується вантажна пружа лінії, осьове навантаження, швидкість руху поїздів. Більш важка рейка розподіляє тиск коліс рухомого складу на більшу кількість шпал, внаслідок чого уповільнюється їх механічне зношування, зменшується стирання та подрібнення частинок баласту. При збільшенні маси рейок зменшується витрата металу на одиницю пропускну

					0053.160313.2021.001	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

тоннажу, скорочуються витрати на заміну рейок через збільшення терміну їхньої служби.[26]

Існують такі види рейок:

- Рейки залізничні вузької колії (Р8, Р11, Р18, Р24) - призначені для укладання на залізницях вузької колії та підземних коліях шахт [2].
- Рейки рудничні, для шахтних провідників (Р33, Р38, Р43) - призначені для ланкового та безстикowego шляху залізниць широкої колії та для виробництва стрілочних перекладів [3].
- Рейки залізничні для колій промислових підприємств (РП50, РП65, РП75) - призначені для укладання на залізничних коліях широкої колії та стрілочних перекладів промислових підприємств [4].
- Рейки кранові (КР70, КР80, КР100, КР120, КР140) - призначені для прокладання підкранових колій підйомних кранів [5].
- Рейки залізничні (Р50, Р65, Р75) - призначені для ланкового та безстикowego шляху залізниць широкої колії та для виробництва стрілочних переводів [6].
- Рейки рамні (РР65) - призначені для виготовлення з'єднань та перетинів залізничної колії [7].
- Рейки контррейкові (РК50, РК65, РК75) - використовуються в конструкціях верхньої будови залізничної колії [8].
- Рейки гострякові (ОР43, ОР50, ОР65, ОР75) - застосовуються в конструкціях верхньої будови залізничної колії. ОР43 застосовується виготовлення стрілочних переводів залізничних колій промислових підприємств та кругових рейок опорно-поворотних пристроїв екскаваторів [9].
- Рейки трамвайні жолобчасті (Т58, Т62) призначені для укладання на трамвайних залізницях [10].
- Рейки вусовикові (УР65) — призначені виготовлення залізничних хрестовин з безперервною поверхнею кочення [11].

					0053.160313.2021.001	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Система колесо-рейка забезпечує безперервну взаємодію рухомого складу з верхньою будовою колії. Залізниці Німеччини (DBAG) досягли значних успіхів у підвищенні її ефективності. За останні 20 років швидкість пасажирських поїздів стала вищою, покращилися плавність ходу та загальна комфортність поїздок. Якість та ефективність цієї системи значною мірою визначає інфраструктура. Необхідно, щоб удосконалення рухомого складу здійснювалося з урахуванням умов інфраструктури, що склалися. Важливим допоміжним засобом оптимізації сполучення між рухомим складом та верхньою будовою шляху є діагностичні системи.

Форма перерізу рейки обрана саме такою неспроста, основна мета головки рейки – це забезпечувати контакт колесо-рейок. Взаємодія колеса та рейки є ключовим у проблемах руху колеса щодо рейки. У цьому взаємодії може бути по можливості низький рівень тертя задля забезпечення руху великих мас із малим опором, але з тим рівень тертя може бути достатнім задля забезпечення необхідної сили тяги.

Для пасажирських поїздів зі швидкістю до 300 км/год та вантажних з осьовими навантаженнями до 22,5 т (у перспективі до 25 т) потрібно, щоб верхня будова колії відповідала високим вимогам щодо:

- безпеки, надійності та експлуатаційної готовності;
- стійкості руху та плавності ходу;
- довговічності та якості поточного змісту.

При цьому важливо, щоб колія не мала дефектів, відповідала відповідним правилам технічної експлуатації, мала високу якість щодо геометрії та динамічних властивостей, у тому числі профілю рейок, що гарантує гарний контакт із колесом, стійкий та безпечний рух екіпажу.

Розробки у сфері рухомого складу різноманітні і не завжди оптимально узгоджуються з верхнім будовою шляху з погляду оптимізації системи.

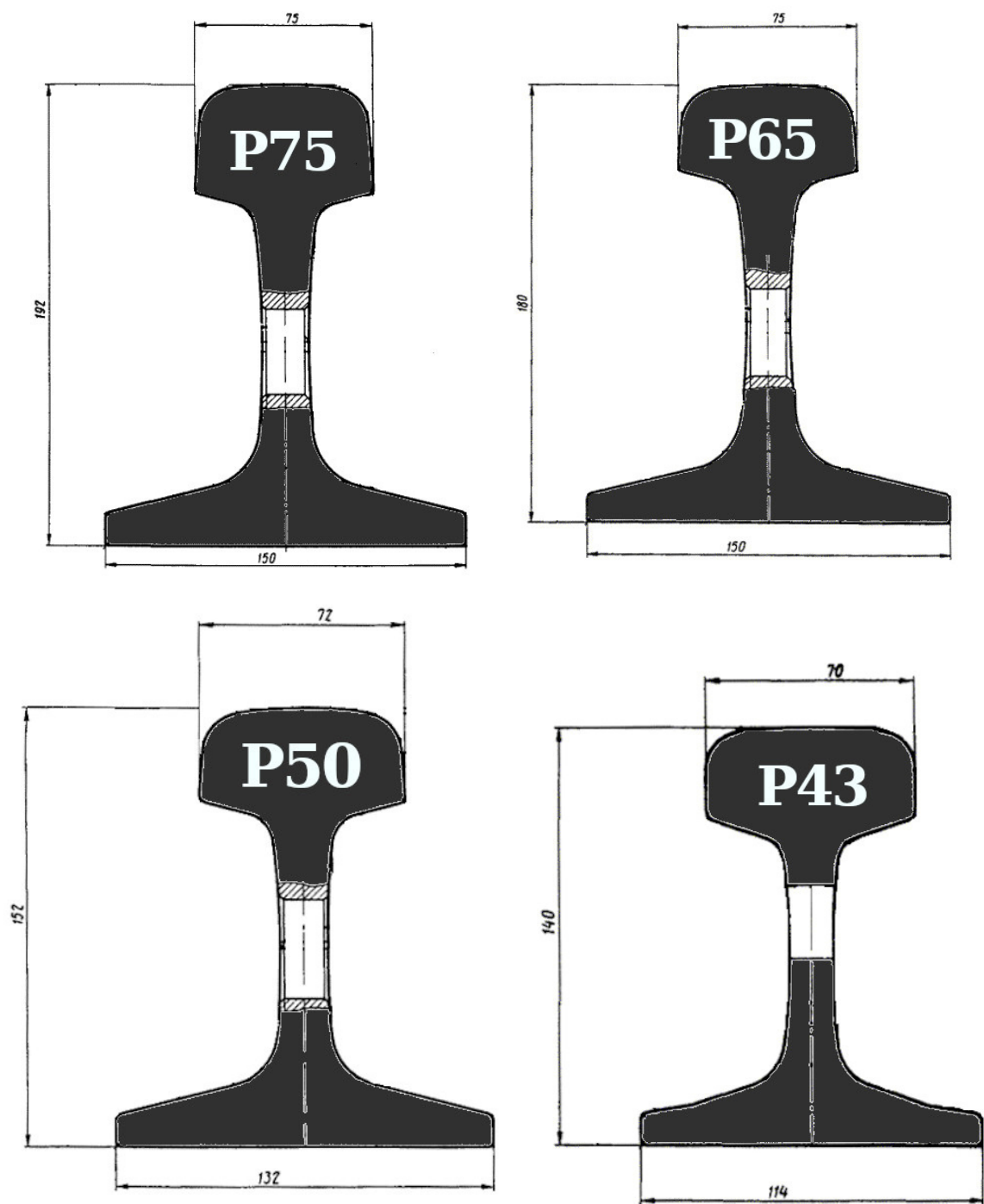
					0053.160313.2021.001	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Застосування рухомого складу з кузовами, що нахиляються, забезпечує підвищення швидкості поїздів без інвестицій в дорогу реконструкцію ліній. При цьому в ряді випадків підвищення швидкості кривих може досягати 40 км/год. Проте й у цій ситуації підвищення швидкості вимагає відповідного підвищення якості шляху, що з додатковими затратами.

Табл.1.1.1

Порівняння основних видів залізничних рейок

Показник	P75	P65	P50	P43
Номер креслення	№01	№02	№03	№04
Маса 1 м рейки, кг	74,41	64,72	51,67	44,65
Маса рейки довжиною 25 м, кг	1860	1618	1292	1116
Висота рейки, мм	192	180	152	140
Ширина головки рейки, мм	75	75	72	70
Ширина підшви, мм	150	150	132	114



Креслення 1.1.1-1.1.4

1.2 Нормальні та складні умови експлуатації рейок

Відомо, що умови роботи рейок у кривих ділянках колії набагато складніше, ніж у прямих, оскільки під час руху кривою на головку рейки можуть додатково діяти відцентрові бічні зусилля, а також сили внаслідок набігання колеса передньої по ходу руху колісної пари. Це призводить до посиленого зношування бічної грані головки зовнішньої рейки та розвитку

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

0053.160313.2021.001

Лист

14

дефектів контактно-втомного походження. Зі зменшенням радіусу кривої бічні сили зростають, і дефекти в рейках розвиваються інтенсивніше. В результаті міняти рейки доводиться частіше. Тому у світі ведуться численні дослідження з розробки форм головок рейок для зовнішніх ниток кривих стосовно умов роботи у конкретних країнах, регіонах, на спеціалізованих маршрутах перевезень. Щодо специфічних умов експлуатації залізниці у країнах СНД, найбільше робіт виконано у Росії. На залізницях СНД масово застосовується рейка Р65 (ГОСТ8161-75). Профіль головки даної рейки має коробовий обрис, що складається з кругових кривих із радіусами 15 – 80 – 500 – 80 – 15 мм. Ці рейки добре працюють на прямих ділянках колії. У кривих малого радіусу при існуючих осьових навантаженнях і швидкостях руху ці рейки схильні до інтенсивного бокового зносу.

Що ж таке знос? Знос рейок - результат стирання головок рейок, що виникає при взаємодії їх з колесами рухомого складу. Основними чинниками, що визначають знос рейок, є: окружні зусилля, що передаються колесами, і прослизання коліс по рейках; нормальні (вертикальні) тиску коліс на рейки і сумарна вага вантажів (тоннаж), пропущених по рейках; план і профіль колії, вага і швидкість руху поїздів; конструкції колії, рухомого складу та їх стану; профіль контактуючих поверхонь рейок і коліс; конічність бандажів коліс і подуклонка рейок; якість металу рейок і коліс; стан і шорсткість контактуючих поверхонь; значення і форма попередніх зносу рейок і зносу коліс; розташування зношеного місця на рейці. Допустимий вертикальний знос h_v рейок встановлюється з умов забезпечення їх міцності і безпеки руху поїздів. Нормативами регламентуються також знос: бічний h_b і наведений ($h_n + 0,5 h_b$). На вітчизняних залізницях гранично допустимий знос рейок всіх видів встановлені диференційовано для різних типів рейок з урахуванням призначення і категорії шляхів, вантажонапруженості ліній і швидкості руху. Для ліній зі швидкісним рухом поїздів (121-160 км / ч), крім того, регламентовані глибина місцевого зносу головок рейок у вигляді вибоїн і хвилеподібних нерівностей, а також провисання решт рейок і ін. Рейки зі

					0053.160313.2021.001	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

зносом більше гранично допустимої є дефектними і замінюються в планов знос рейок - Результат стирання головок рейок, що виникає при взаємодії їх з колесами рухомого складу. Основними чинниками, що визначають знос рейок, є: окружні зусилля, що передаються колесами, і прослизання коліс по рейках; нормальні (вертикальні) тиску коліс на рейки і сумарна вага вантажів (тоннаж), пропущених по рейках; план і профіль колії, вага і швидкість руху поїздів; конструкції колії, рухомого складу та їх стану; профіль контактуючих поверхонь рейок і коліс; конічність бандажів коліс і подуклонка рейок; якість металу рейок і коліс; стан і шорсткість контактуючих поверхонь; значення і форма попередніх зносу рейок і зносу коліс; розташування зношеного місця на рейці.

Допустимий вертик. знос h_V рейок встановлюється з умов забезпечення їх міцності і безпеки руху поїздів. Нормативами регламентуються також знос: бічний h_b і наведений ($h_n + 0,5 h_b$).

На вітчизняних залізницях гранично допустимий знос рейок всіх видів встановлені диференційовано для різних типів рейок з урахуванням призначення і категорії шляхів, вантажонапруженості ліній і швидкості руху. Для ліній зі швидкісним рухом поїздів (121-160 км / ч), крім того, регламентовані глибина місцевого зносу головок рейок у вигляді вибоїн і хвилеподібних нерівностей, а також провисання решт рейок і ін. Рейки зі зносом більше гранично допустимої є дефектними і замінюються в плановому порядку. Значення допустимої рівномірного зносу рейок залежать від типу рейок і категорій шляхів. Наприклад, наведений (бічний) знос головки рейок на головних шляхах зі швидкостями руху пасажирських поїздів 141-160 км / ч для рейок Р75 і Р65 становить 8 (6) мм, при швидкостях 121-140 км / год відповідно для Р75 і Р65 - 9 (7) мм, для Р50 - 7 (6) мм. Вертикальне зношення головки рейки при стикуванні двухголовними накладками (незалежно від категорії шляхів) становить 13 мм (для Р75 і Р65) і 10 мм (для Р50).ому порядку. Значення допустимої рівномірного зносу рейок залежать від типу

					0053.160313.2021.001	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рейок і категорій шляхів. Наприклад, наведений (бічний) знос головки рейок на головних шляхах зі швидкостями руху пасажирських поїздів 141-160 км / ч для рейок Р75 і Р65 становить 8 (6) мм, при швидкостях 121-140 км / год відповідно для Р75 і Р65 - 9 (7) мм, для Р50 - 7 (6) мм. Вертикальне зношення головки рейки при стикуванні двухголовними накладками (незалежно від категорії шляхів) становить 13 мм (для Р75 і Р65) і 10 мм (для Р50).

Що являється фактором для того, щоб віднести рейку до рейок, що працюють у важких умовах. Безпосередньо – криві малого радіусу (450 м і менше), ділянки з поздовжнім ухилом $\geq 30\text{‰}$, ділянки з високими допустимими швидкостями.

					0053.160313.2021.001	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ВИКОРИСТАННЯ РЕЙОК В РІЗНИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

2.1 Класифікація умов експлуатації колії

Колія може бути розташована на станціях, роз'їздах, обгінних пунктах, перегонах. Згідно ПТЕ (правила техніки експлуатації) станції, роз'їзди та обгонні пункти, а також окремі парки й витяжні колії мають розташовуватись на прямих ділянках. У несприятливих умовах допускається розміщення їх на кривих радіусом не менше 1500 м. В особливо несприятливих умовах допускається зменшення радіусу кривої до 600 м, а у гірських умовах - до 500 м.

До генеральних характеристик конструкції колії відносяться: маса, форма поперечного перерізу і розміри рейки, схема розташування шпал на ланці (епюра укладання шпал), відстань між осями шпал, форми поперечного перерізу і розміри шпал, рід 13 матеріалів, із яких шпали виготовлені; матеріал баластної призми, форми її поперечного перерізу, геометричні розміри; ширина рейкової колії на прямих та кривих ділянках колії.

Основними критеріями вибору генеральних характеристик конструкції колії є: вантажонапруженість лінії, (мільйони тонно-кілометрів брутто на кілометри за рік); швидкості руху пасажирських та вантажних поїздів, кілометрів на рік; кліматичні умови; осьові навантаження та вид вантажів, які перевозять.

Згідно з діючим на залізницях України «Положенням про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт», колії, по яких встановлена швидкість руху поїздів понад 160 км/год, відносяться до швидкісної категорії. Решта головних залізничних колій поділяються на 7 категорій у залежності від вантажонапруженості і встановленої швидкості руху поїздів (табл. 2.1.1). Величина вантажонапруженості приймається середньою за останні 3 роки, але не менше досягнутої за останній рік. Максимально встановлена швидкість приймається без урахування обмежень на окремих бар'єрних місцях та

					0053.160313.2021.001	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

обмежень, що викликані незадовільним технічним станом колії та штучних споруд на ділянці. Категорії колії встановлюються Головним управлінням колійного господарства Укрзалізниці за поданням служб колії залізниць. Категорії колії позначаються дистанціями колії в технічних паспортах та в інших формах звітності. [12]

Табл.2.1.1

Категорії колії

Вантажонапруженість, млн, т, км бруто / р.	Максимальна встановлена швидкість пасажирських/вантажних поїздів на ділянці, км/год			
	>140 – 160/ >80 – 120	>120 – 140/ >80 – 120	>80 – 120/ >60 – 80	80 та менше/ 60 та менше
80 та більше	I	I	I	II
від 50 до 80	I	II	II	III
від 30 до 50	II	II	III	IV
від 15 до 30	II	III	IV	V
від 5 до 15	II	III	V	VI
до 5	II	III	VI	VII

Основною конструкцією є безстикова колія, а перспективною конструкцією є безстикова колія з подовженими рейковими плітками. На головних коліях VI, VII категорії та на станційних коліях може застосовуватися ланкова колія з залізобетонними шпалами. На коліях VII категорії і на станційних коліях допускається чередування дерев'яних та залізобетонних шпал за схемами, затвердженими Головним управлінням колійного господарства Укрзалізниці. Головним заходом посилення колії, як відомо, є збільшення маси і довжини рейок. При цьому не тільки підвищується безпека руху поїздів, але і значно зменшуються витрати на утримання колії. У теперішній час широко використовуються термічно зміцнені рейки. Стандартна довжина рейок Р75, Р65, Р50 та UIC–60 дорівнює 25,0 м, а рейок, які вкладаються по внутрішній нитці кривих ділянок колії (укорочених), – 24,84, 24,92 м; на колії з рейками довжиною 12,5 м по внутрішній нитці кривих вкладаються укорочені рейки довжиною 12,42, 12,46 м. Рейки довжиною 12,5 м використовують головним чином при укладанні

стрілочних переводів, зрівнювальних прольотів безстикової колії і як інвентарні при складанні рейкових ланок з залізобетонними шпалами, які змінюються надалі на рейкові пліти безстикової колії. Звичайна довжина рейкових плітей, які вкладаються в колію, складає 800 м. Вона обмежується тими можливостями, які є для перевезення їх на спеціалізованому рухомому складі, і необхідністю виконання розрядки в них температурних напружень. В деяких випадках пліти на місці робіт зварюють одну з одною. При цьому довжина двох плітей, приварених одна до одної, не повинна перевищувати 950 м. На окремих залізницях є ділянки, де довжина рейкових плітей відповідає протяжності блок-ділянок і навіть цілих перегонів.[18]

На залізницях мережі використовуються дерев'яні і залізобетонні шпали. За формою поперечного перерізу дерев'яні шпали підрозділяються на обрізні, тобто обпиляні з чотирьох боків, і необрізні, у яких обпиляні тільки два боки – верхньої і нижньої постілі. Дерев'яні шпали виготовляють трьох типів: I – для головних колій; II – для станційних і під'їзних колій; III – для малодіяльних під'їзних колій промислових підприємств. Довжина шпал дорівнює 2,75 м, а для ділянок з особливо високою вантажнапруженістю – 2,80 м. 18 Залізобетонні шпали виготовляються чотирьох типів; ШС–1; ШС–1у; ШС–2; ШС–2у. З 2003 р. розпочато укладання шпал СБ 3-0 для скріплення КПП–5. Довжина залізобетонних шпал дорівнює 2,70 м. У колію шпали вкладаються в певному порядку. Схема їх розташування на рейковій ланці називається епюрою укладання шпал. На залізничних коліях України, залежно від наявних експлуатаційних умов, категорії колії, типу шпал та плану лінії (пряма чи крива) застосовуються такі епюри укладання дерев'яних шпал: 1440, 1600, 1840 і 2000 шт./км. Кількість шпал на 25-метрову рейкову ланку для 1440, 1600, 1840 і 2000 штук на кілометр відповідно складає 36, 40, 46 і 50 шт. на ланку. Дерев'яні шпали на ланковій колії розміщуються:

- у стиках зі стиковим прольотом, який складає: для рейок Р75 і Р65 – 420 мм, для рейок Р50 – 440 мм, для рейок Р43 – 500 мм;

					0053.160313.2021.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

- на іншій протяжності ланки з проміжними прольотами, які складають: для епюри 2000 шт./км – 501÷502 мм, для епюри 1840 шт./км – 546÷547 мм, для епюри 1600 шт./км – 628÷629 мм, для епюри 1440 шт./км – 694÷695 мм.

Допустиме відхилення у відстанях між осями окремих дерев'яних шпал від епюрного положення не повинно перевищувати 8 см. Відстань між осями шпал на безстиковій колії повинна бути однаковою на всій протяжності пліті: при епюрі 1840 шт./км – 54÷55 см; при епюрі 1600 шт./км – 62÷63 см; при дослідній епюрі укладання шпал 1680 шт./км – 59÷60 см [13].

На лініях з великою вантажонапруженістю і високими швидкостями руху поїздів баластна призма улаштовується зі щебеню. На малодіяльних головних і станційних коліях, а також для улаштування під щебеним шаром подушки використовують гравійно-піщаний, гравійний і черепашковий баластний матеріал.

					0053.160313.2021.001	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ РЕЙОК НА МОСТАХ ТА В ТУНЕЛЯХ

3.1 Ланкова та безстикова колія на мостах

Рейкова колія на мостах (мостове полотно) може влаштовуватися на баласті, на дерев'яних або металевих поперечинах чи на залізобетонних плитах (рис.3.1).

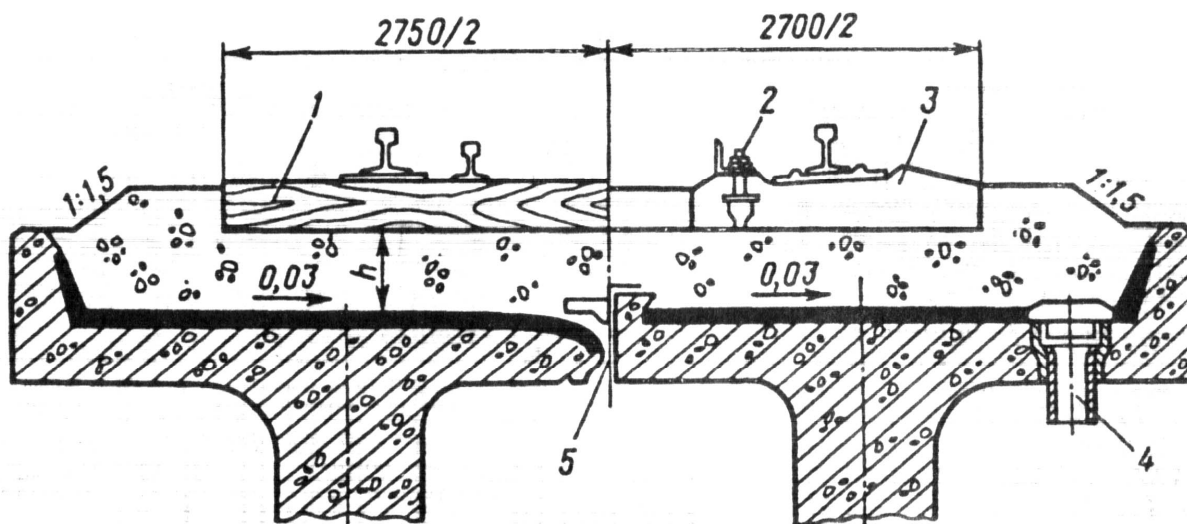


Рис. 3.1 Мостове полотно з їздою на щебеновому баласті на дерев'яних (ліворуч) і залізобетонних (праворуч) шпалах: 1 – дерев'яні шпали; 2 – закладний болт кріплення контруктників; 3 – залізобетонна шпала марки Ш-1М з контруктниками; 4 – дренавальна трубка; 5 – дренавальна щілина.

Норми допустимого зносу металевих елементів зрівняльних приладів на мостах і в тунелях встановлені за вертикальним зносом вістряків за межами їх стругання (в перерізі 50 мм і більше) і рамних рейок. Він не повинен перевищувати значень, наведених в табл. 2.15. Елементи з більшим зносом вважаються дефектними та підлягають плановій заміні. До заміни по дефектних елементах зрівняльних приладів обмежується швидкість руху поїздів.

Незалежно від типу мостового полотна при довжині мосту більше 25 м укладають контррейки. Якщо ж мостове полотно виконано на мостових

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

0053.160313.2021.001

Лист

22

брусах, то контррейки укладають при довжині мосту понад 5 м. Обов'язкова установка контррельсов при розташуванні мосту в кривих радіусом менше 1000 м і на коліях, які проходять під шляхопроводами та пішохідними мостами з опорами стійкового типу, якщо відстань від осі колії до опори путепро-вода або моста менше 3 м. Контррейки повинні бути того ж типу, що і колійні рейки, або на один тип легше. Контррейки запобігають пошкодженню прогонових будов і падіння рухомого складу з мосту у разі сходження з рейок на мосту або на підходах до нього. Замість контррейок застосовують контруголки перерізом не менше 160x100x14 мм (допускаються тільки на експлуатованих мостах до їх перебудови) при костильному прикріпленні колійних рейок і не менш 160x160x16 мм при шурупно-клемному прикріпленні рейок. Відстань від внутрішньої грані головки колійного рейки до контррейки або контруголка має бути 220 мм при рейках Р50 і 245 мм при рейках Р65 і Р75. Збільшення цієї відстані для рейок Р65 і Р75 викликано тим, що ширина підосви рейки і довжина підкладки у таких рейок більше, ніж у рейок Р50. Контррейки і контруголки прикріплюють на кожному мостовому брусі двома милицями чи шурупами. На ділянках, обладнаних автоблокуванням, між рейковими підкладками та костиллями, прикріплюючими контррейка, повинен зберігатися зазор не менше 15 мм. В іншому випадку не виключається можливість електричного замикання двох ниток рейкових ланцюгів. Контррейки або контруголки укладають на протязі усього мосту і далі до задньої грані підвалин, а потім на протязі не менше 10 м зводять їх човником. В кінці човника встановлюють спеціальний башмак. На мостах, мають температурні прольоти більше 100 м, встановлюються зрівнювальні прилади. [16]

При вертикальному зносі вістряків і рамних рейок більше 8 мм швидкість руху поїздів до їх заміни не повинна перевищувати значень, вказаних у табл. 3.1.

					0053.160313.2021.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Табл. 3.1

Допустима швидкість руху поїздів по дефектних зрівняльних приладах

Тип зрівняльного приладу	Допустимий вертикальний знос рамних рейок і вістряків, мм, при швидкості руху поїздів, км/год				
	пасажирських			вантажних	
	>120÷140	>100÷120	До 100	>80÷90	До 80
P65	5	6	8	8	8
P50	-	-	8	-	8

Табл. 3.2

Допустима швидкість руху поїздів по дефектних зрівняльних приладах

Тип зрівняльного приладу	Допустима швидкість, км/год, при вертикальному зносі вістряків і рамних рейок, мм	
	>8÷9	>9÷10
P65	60	50
P50	50	40

На мостах з баластним шаром безстикову колії приймають такої ж конструкції, що і на земляному полотні. Так як така колія вкладається на оздоровленому полотні, то прогонові будови малих металевих мостів замінюють на залізобетонні. [17]

3.2 Ланкова та безстикова колія в тунелях

Частіше всього колія у тунелях має звичайну конструкцію у вигляді рейко-шпальної решітки, покладеної на щебеневий шар завтовшки 25 см. Тільки в окремих випадках допускають товщину шару щебеню 20 см. У тунелях довжиною більше 300 м укладають рейки не легше типу Р65. Шпали дерев'яні. Доцільно застосування безстикової колії. Колійна решітка може укладатися й на бетонній основі також з дерев'яними або залізобетонними шпалами. Така конструкція забезпечує стабільність шляху. Перевагою її є те, що в ній відсутній щебеневий баласт, очищення якого в тунелях складно і трудомістко. Разом з тим висока жорсткість колії при такій конструкції вимагає постановки прокладок і скріплень підвищеної пружності.

За останній час відпрацьовано і проходять випробування кілька конструкцій збірної залізобетонної підрейкової основи, що складається з окремих блоків. Сборность конструкції дозволяє при необхідності замінювати окремі її елементи і насамперед подрельсові плити, які сприймають найбільші навантаження. Можливе укладання гумових килимів між блоками, що знижує жорсткість конструкції, зменшує вібрацію, а отже, і шум від зустрічних поїздів.

В тунелях не допускається укладання рейок різних типів з перехідними стиками і рубок, оскільки це призводило б до розладів шляху і швидкого виходу рейок, що особливо неприпустимо в такому відповідальному споруді. Рейки пришивають до шпал п'ятьма костиллями (три основних та два обшивальних).

У багатьох тунелях, особливо при підвищеній вологості і на електрифікованих лініях, відбувається корозія рейок і скріплень. При виконанні виправочних або інших колійних робіт у тунелі треба уважно стежити за тим, щоб не порушити габарит споруди. Для контролю за положенням шляху в оболонку тунелю через кожні 20 м на прямих і 10 м в кривих частинах шляху закладають постійні реperi. У кожного репера на стіні тунелю закріплюють марку, на якій вказують номер репера, відстань до робочої грані найближчої рейки і піднесення над головою рейки.

У тунелях довжиною більше 300 м, як правило, укладається безстикова колія з рейок типу Р65, на дерев'яних шпалах епюрою 2000 шт/км на щебеному баласті. Рейкові пліти, що лежать всередині тунелю з плітями, укладеними за його межами, з'єднують двома – чотирма зрівняльними рейками. Якщо на підходах до тунелю укладено ланковий шлях, то він з'єднується з пліттю, розташованою в тунелі, двома парами зрівняльних рейок на дерев'яних шпалах з тими ж скріпленнями, що і в тунелі. При цьому кінці зварних плітей закінчуються всередині тунелю на відстані 10 – 15 м від

					0053.160313.2021.001	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

порталів. Довжина рейкової пліти в тунелі може бути прийнята рівною довжині тунелю мінус 20 – 30 м. [17]

					0053.160313.2021.001	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 РОБОТА РЕЙОК НА ГІРСЬКИХ ДІЛЯНКАХ, ШВИДКІСНИХ ДІЛЯНКАХ ТА В КАР'ЄРАХ

4.1 Бічний знос рейок в крутих кривих

Знос рейок - результат стирання головок рейок, що виникає при взаємодії їх з колесами рухомого складу. Основними чинниками, що визначають знос рейок, є: окружні зусилля, що передаються колесами, і прослизання коліс по рейках; нормальні (вертикальні) тиску коліс на рейки і сумарна вага вантажів (тоннаж), пропущених по рейках; план і профіль колії, вага і швидкість руху поїздів; конструкції колії, рухомого складу та їх стану; профіль контактуючих поверхонь рейок і коліс; конічність бандажів коліс і подуклонка рейок; якість металу рейок і коліс; стан і шорсткість контактуючих поверхонь; значення і форма попередніх зносу рейок і зносу коліс; розташування зношеного місця на рейці. [15]

Бічний знос є дефектом рейки. По суті всі дефекти є структурними змінами в металоконструкції, що перевищують встановлені допуски і знижують термін її експлуатації.

За ступенем серйозності умовно поділяються на повні та часткові; приклад останніх – хвилеподібні нерівності, що з'явилися на поверхні. Ну а в принципі непридатними для подальшого використання двотаврові балки вважаються тоді, коли через їх стан утруднюється рух транспорту. У таких випадках спочатку вводять швидкісні обмеження, а потім ремонтують проблемну ділянку колії.

Крім того, є інструкції РЗ, що визначають типи зносу рейок, допуски до дефектів та багато іншого. Зокрема, всі пошкодження вони класифікують за зоною їх локалізації, характером перерізу (підшва, голівка, шийка), а також за факторами, що їх викликали.

Серед найбільш поширених порушень цілісності профілю металоконструкцій:

					0053.160313.2021.001	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- поздовжні та поперечні тріщини, відшаровування у верхній частині, фарбування різного ступеня;
- вигини, злами та інші зміни геометрії двотаврової балки, що ускладнюють подальшу експлуатацію або унеможливають;
- вм'ятини на рамних поверхнях, сколи на торцях, затуплення дотепників стрілочних перекидів та інші подібні проблеми, що виникли через надмірні навантаження від колісної пари або внаслідок постійного дотику до неї.

Кожен випадок на практиці має отримати своє маркування – теж регламентоване – цифровий номер-ідентифікатор та дату перевірки. А також оцінка безпеки подальшого використання, видана на підставі аналізу характеру пошкоджень.

Табл.4.1.1.

Максимально допустимий знос рейок

Вид зносу і найменування колій, на яких експлуатуються рейки	Типи рейок		
	P75, P65, UIC60	P50	P43
Приведений знос головки: (вертикальний +0,5 бокового): у головних колій зі швидкістю руху пасажирських поїздів 121-140 км/год у головних колій з вантажонапруженістю понад 10 млн. т км бруто/км на рік і з швидкістю руху 120 км/год і менше у головних колій з вантажонапруженістю менше 10 млн. т км бруто/км на рік і у приймально-відправних колій на лініях з вантажонапруженістю понад 10 млн. т км бруто/км на рік у решті приймально-відправних колій в усіх інших станційних колій	9	7	—
	12	10	—
	16	13	9
	20	16	12
	—	19	15
Боковий знос головки: у головних колій зі швидкостями руху пасажирських поїздів 121-140 км/год	7	6	—
	15	13	10
	18	16	13
	—	18	15

в усіх головних і приймально-відправних колій на лініях з вантажонапруженістю понад 10 млн т км брутто/км на рік у решті приймально-відправних колій в усіх інших станційних колій			
Вертикальний знос головки при стикуванні рейок двоголовими накладками незалежно від категорії колії	13	10	10 (7)
<p>Примітки: 1. Перевищення вказаних величин по будь-якому виду зносу (приведеному, боковому або вертикальному) характеризує рейки як дефектні.</p> <p>2. Вертикальний знос лімітується приведеним.</p> <p>3. В головних коліях при боковому зносі рейок, що перевищує 13 мм, швидкість поїздів встановлюється за табл. Д. 8.16. Дозволяється переукладання рейок з боковим зносом із кривих у прямі або із зовнішньої нитки кривих у внутрішню, в тому числі зі зміною робочого канту.</p> <p>4. У дужках приведена норма зносу для рейок типу Па та легше.</p>			

4.2 Поздовжній угон рейок на крутих спусках та підйомах

Угон колії— поздовжнє переміщення рейки під колесами поїзда під час його проходу, як правило спрямоване в бік його руху. Угон викликає серйозні порушення в роботі залізничного шляху. [19]

Угон виникає в тих випадках, коли поточне утримання колії знаходиться на незадовільному рівні, що призводить до порушення стійкості. При проході коліс по рейці останній прогинається під вагою вагона, що призводить до збільшення опору руху, тобто до появи сили, яка гальмує поїзд. Однак, по третім законом Ньютона, з'являється і сила, яка намагається захопити шлях за потягом. Таким чином, при ослабленні рейкових скріплень рейки починають прослизати по основі. Зокрема, якщо на рейках не встановлено спеціальні засоби проти угону колії, при проході двовісного вагонного візка рейки переміщуються на 0,03-0,06 мм, а отже, прохід поїзда з 50 вагонів (200 осей) призводить до угону шляху вже від 3 до 6 мм. Особливо ймовірне виникнення угону колії на затяжних спусках, що пов'язано з пригальмовуванням на них

					0053.160313.2021.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

поїздів, необхідним для обмеження зростання швидкості. Угон колії призводить до порушення стикових зазорів: на одному кінці ділянки колії вони стають практично нульовими, а на іншому — занадто великими. Протягом ділянки з нульовими зазорами в літній час при високій температурі в рейках з'являються великі подовжні стискувальні зусилля, через те що рейки втрачають можливість подовжуватися. Це може привести до порушення стійкості рейково-шпальної решітки, а в безстикової колії до викиду колії. У зоні гранично розтягнутих зазорів в зимовий час при низьких температурах, в рейках з'являються значні розтягуючі зусилля, наслідком чого може бути зріз болтів і роз'єднання стиків. А в безстикової колії навіть до розрив рейок (для марок Р50 і нижче). При браку баласту або його поганому ущільненні можливий угон рейок разом зі шпалами. У свою чергу зсуву шпал зі своїх ущільнених ліжок призводить до осідань колії, що найбільш небезпечно у стикових шпалах, оскільки веде до збільшення динамічного впливу на шлях. Угон виникає там де застосовуються костильного скріплення в той час як, використання роздільних проміжних скріплень з пружними елементами надійно захищають колію від угону. Також постановка колії на щебінку збільшує опір шпали подовжньому переміщенню. Якщо ж конструкція проміжних скріплень не має протиугонних властивостей, то для запобігання угону рейок відносно шпал застосовують протиугони. З 1947 на радянських залізницях застосовувалися самозаклинювальні протиугони. З 1960-х років їм на зміну прийшли пружинні протиугони, які можуть сприймати подовжні сили до 8 кілоньютон. На звичайних магістральних залізницях такі протиугон ставляться в кількості від 18 до 44 на кожне 25-метрове колійне ланка, а на високошвидкісних магістралях і на шляхах метрополітену — практично на кожній шпалі. [20]

4.3 Вимоги до рейок на швидкісних лініях

Запровадження швидкісного руху пов'язано з відповідною підготовкою колійної структури за вимогами, що передбачають більш жорсткі обмеження

					0053.160313.2021.001	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

щодо геометричних параметрів колії, зокрема стосовно допусків на ширину колії [21]. За Пам'яткою ОСЖД 788 [22], під час утримання колії на ділянках швидкісного руху мінімальні допуски ширини становлять $\{+ 2, - 2\}$, а максимальні — $\{+ 6, - 4\}$. Таким чином, стосовно колії 1520 мм розмір ширини колії S допускається в діапазоні 1516–1526 мм. На підставі результатів аналізу нормативних вимог ОСЖД [22] і EN [23] щодо ширини колії, а також приймаючи до уваги висновки у статті [21], можна рекомендувати для швидкісних ліній колії 1520 мм допуски на ширину $\{+ 4, - 2\}$. Стратегія технічного обслуговування колії на швидкісних лініях значною мірою визначається умовами організації швидкісного руху. При цьому розглядаються три можливі варіанти:

- швидкісний рух організовано на спеціалізованій лінії, параметри устрою якої мають повністю відповідати розрахунковим швидкостям руху;
- швидкісний рух організовано на повністю реконструйованій спеціалізованій лінії, параметри устрою якої значною мірою наближені до необхідних за планом і профілем, а також за показниками стабільності підбаластного шару;
- швидкісний рух організовано за поетапного посилення колій на існуючих лініях із частковим збереженням на них вантажного руху.

Останній варіант розповсюджено на залізницях колії 1520 мм, і він представляє найбільшу складність з погляду технічного обслуговування колії. Під технологією технічного обслуговування колії розуміється комплекс заходів, що включає в себе системи:

- діагностики стану колії;
- профілактичних заходів щодо попередження появи розладів колії;
- усунення окремих відступів у геометрії колії й заміни елементів верхньої будови колії, що вийшли з ладу;
- виконання проміжних ремонтів на окремих ділянках колії.

					0053.160313.2021.001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Технологія технічного обслуговування швидкісних ділянок повинна передбачати створення банків даних, що містять інформацію про відповідність параметрів влаштування колії вимогам швидкісного руху і геометричного положення колії й стану елементів верхньої будови пропонованим вимогам, а також результати моніторингу стану колії, що дозволяють виявити ступінь його стабільності або тенденції зміни за прогнозуванням на перспективу. Крім того, на часі розробка наступних систем:

- визначення потреби в проведенні профілактичних і ремонтних робіт на основі аналізу наявної інформації;
- планування робіт на основі даних про потребу в їхньому проведенні, а також наявних ресурсів і технічних засобів;
- провадження робіт із мінімальним порушенням показників стабільності колії;
- контролю якості виконання робіт.

Крім безпосередніх питань технічного обслуговування, технологія технічного обслуговування колії повинна передбачати створення пунктів контролю стану вантажних вагонів, що надходять на швидкісну ділянку з інших регіонів, щоб виключити підвищені впливи від рухомого складу, викликані технічним станом ходових частин. Часткове збереження на швидкісних ділянках вантажного руху обумовлює підвищену інтенсивність розладів колії, в порівнянні зі спеціалізованими лініями, й потребує відповідного корегування строків перевірки колії й проведення ремонтних робіт. При цьому колія повинна відповідати як усім вимогам, пропонованим до ділянок звичайного вантажного руху зі швидкостями до 80–90 км/год, так і додатковим вимогам для швидкісного руху, у тому числі за параметрами довгих нерівностей. Необхідно також урахувати, що ходові частини швидкісного рухомого складу мають значно більш досконалу систему ресорного підвішування у порівнянні зі звичайним, особливо вантажним

					0053.160313.2021.001	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рухомим складом, тому істотного посилювання нормативів щодо геометрії рейкової колії в порівнянні зі звичайними лініями не буде потрібно. Найбільшу складність на лініях, які пристосовано для швидкісного руху, представляє вибір параметрів пристрою кривих, і в першу чергу, піднесення зовнішньої рейки, тому що його надлишок викличе інтенсивний розлад колії вантажними поїздами. Для запобігання цього може бути рекомендований рух швидкісних поїздів із непогашеним прискоренням до 1 м/с². Таким чином, технологія технічного обслуговування колії на швидкісних лініях повинна включати наступні заходи:

- моніторинг стану колії;
- недопущення умов для інтенсивного розладу колії;
- виконання профілактичних робіт і робіт з усунення локальних відступів в окремих перетинах колії.

Розгляд технічних проблем впровадження швидкісного руху має передбачувати необхідність створення системи контролю стану колії сучасними технічними засобами. При цьому важливу роль набуває достовірною оцінка стану колії і оптимізація проведення колійних робіт на основі методів та засобів діагностики. Модернізація системи діагностики колій повинна бути спрямована на автоматизацію процесів управління за рахунок впровадження принципово нових систем діагностики, аналізу та прогнозування, що дозволяють мінімізувати вплив людського фактору на ухвалення рішень, пов'язаних з безпекою руху. Комплексний підхід до оцінки стану об'єктів інфраструктури дозволить також знизити витрати на утримання й ремонт колії, як за рахунок скорочення планових поїздок діагностичних засобів, так і завдяки технології оцінки на основі моніторингу та прогнозування стану контрольованих об'єктів. Для оцінки стану об'єктів інфраструктури та призначення робіт з утримання та ремонту на зарубіжних залізницях широко використовуються автоматизовані діагностичні комплекси та системи обробки даних контролю. Оцінка стану колії та об'єктів інфраструктури

					0053.160313.2021.001	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ведеться на основі комплексних показників і математичного моделювання взаємодії колії і рухомого складу з урахуванням типу рухомого складу, умов експлуатації та швидкостей руху, навантаженого і ненавантаженого стану колії з точною прив'язкою до координат колії. Широко використовуються системи вимірювання силового впливу рухомого складу на колію. Як показує досвід експлуатації, результати вимірювання геометричних параметрів колії не завжди дозволяють оцінити проблемні ділянки за умовами взаємодії з рухомим складом. На основі досягнутого рівня освоєння сучасними методами і засобами натурних випробувань рухомого складу пропонуються нові підходи до подальшого розвитку технологій оцінки технічного стану колії. Для отримання достовірних даних щодо параметрів взаємодії рухомого складу і колії перспективним є застосування технічних засобів контролю, якими синхронно з оцінкою геометрії колії аналізуються силові параметри взаємодії в системі «колесо–рейка», умови взаємодії, динамічні показники екіпажу, умови взаємного контакту колеса і рейки, параметри руху. Представляється також доцільним під час моніторингу колії застосовувати вимірювання прискорень за рекомендаціями EN 13848-1[23]. Вимірювані прискорення можуть бути використані як для показників якості геометрії колії, так і для виявлення місцевих геометричних відхилень, що впливають на динамічну поведінку рухомого складу.[24]

4.4 Робота рейок в кар'єрах

Керівний похил залізничної колії визначається видом тяги: при тепловозній або електровозній – не більше, ніж 0,04, при моторвагонній – 0,08, при паровозній – 0,025. Практика показує, що керівний похил 0,08 досить небезпечний, особливо за термінового гальмування під час руху вниз. Тому на практиці при моторвагонній тязі віддають перевагу керівному похилу не більше, як 0,06. Мінімальні радіуси закруглень стаціонарних колій визначають, виходячи з прийнятої максимальної швидкості руху. На тимчасових коліях мінімальні радіуси закруглень у кар'єрі та на відвалах

					0053.160313.2021.001	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

повинні бути не менше, ніж 100 м при тепловозній або електровозній тязі, а при плужних відвалах незалежно від виду тяги – 200 м. Слід відзначити, що при мінімальних радіусах закруглень створюються значні поперечні навантаження на рейки, в результаті чого колія розширюється і рухомий склад часто сходить із рейок. У вертикальній площині радіус закруглення на постійних коліях не повинен перевищувати 5000 м, а на тимчасових – 2000 м. За менших радіусів можливе саморозчеплення автозчеплень. Щоб запобігти просіданню шпал, через 5 днів після їх укладання з початком руху поїздів проводять повторне баластування шпал. Рейки до шпал переносних колій бажано закріпити шурупами, а підкладки з'єднувати між собою металевими стержнями. Скріплюючи рейки, необхідно обов'язково ставити під гайки пружинні шайби. Між рейками передбачено компенсаційний зазор, щоб запобігти деформації рейок чи їх розриву. Для запобігання сповзанню рейок на всіх похилах необхідно встановлювати протиугінні засоби. Нормальна ширина колії на прямих ділянках має бути 1524 мм із допусками –2 мм та +3 мм. На закругленнях колій їх ширина збільшується згідно з радіусом закруглення. На кривих радіусом понад 350 м додатково розширювати колію не потрібно. У будь-якому випадку ширина колії не повинна перевищувати 1553 мм. Звуження колії менше, ніж 1522 мм також недопустиме, тому що у даному випадку матиме місце сходження з рейок колісних пар. На криволінійних ділянках зовнішня рейка дещо вища за внутрішню залежно від радіуса кривої. На прямих ділянках перевищення однієї рейки над іншою не допускається більше, ніж 4 мм на постійних коліях, і більше, ніж 20 мм – на тимчасових. Баластування постійних колій обов'язкове. Пересувні колії також бажано баластувати, особливо при нестійких ґрунтах (глинистих). На відвальних тупиках зворотний похил колії має дорівнювати 0,01. Найчастіше сходження рухомого складу має місце на стрілочних переводах, тому їх технічний стан необхідно постійно контролювати. Не допускається експлуатація стрілочного переводу за наявності таких дефектів:

а) відставання рамної рейки більше, ніж на 4 мм;

					0053.160313.2021.001	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- б) пониження гостряка проти рамної рейки на 2 мм;
- в) спрацювання серцевини хрестовини більше, ніж 6 мм;
- г) поломка гостряка;
- д) розрив контррейкового болта тощо. [25]

					0053.160313.2021.001	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 СТАТИСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ РЕЙОК В СКЛАДНИХ УМОВАХ

5.1 Аналіз даних наданих Львівською залізницею

Для дослідження інтенсивності зміни бокового зносу в залежності експлуатаційних факторів в кривій ділянці була взята зведена відомість по дослідних та контрольних рейках, що спостерігалися ПС-1 ЦП УЗ на ділянках Львівської залізниці. Під експлуатаційними факторами розуміється радіус кривої, пропущений тоннаж та уклон на ділянці.

Проаналізувавши вихідні дані було створено таблиці дослідження (таблиця 5.1.1 та таблиця 5.1.2).

Таблиця 5.1.1

Приведений знос в залежності від радіуса та пропущеного тоннажу

Приведений знос, мм	Радіус, м	Пропущений тоннаж, млн. т км
3,69	247	35
1,9	248	4,3
2,68	260	13
3,33	260	19
7,1	260	42
8,63	260	50
4,87	260	33,4
4,75	260	40,7
10,8	261	55,6
13,8	261	62,4
0,92	263	1,6
0,9	270	8,4
3,83	270	31,1
6,09	270	63,9
7,9	270	42
17,8	270	78
1	270	2,1
2,9	270	17,1
6,4	272	65,4
Продовження в додатку 4		

Таблиця 5.1.2 – Приведений знос в залежності від ухилу ділянки

Приведений знос, мм	Ухил ділянки, ‰
3,69	-14,3
2,68	+10,7
3,33	+10,7
7,10	+10,7
8,63	+10,7
4,87	-10,6
Продовження в додатку 5	

Отримані дані було розділено за радіусами наступним чином : 240-260м, 260-280, 280-300, 300-350 та більше, ніж 350. За отриманим розподіленням було побудовано наступні графіки:

-рис.5.1.3 Графік зміни приведенного зносу в залежності від кривої радіусом 240-260м;

- рис.5.1.4 Графік зміни приведенного зносу в залежності від кривої радіусом 260-280м;

- рис.5.1.5 Графік зміни приведенного зносу в залежності від кривої радіусом 280-300м;

- рис.5.1.6 Графік зміни приведенного зносу в залежності від кривої радіусом 300-350м;

- рис.5.1.7 Графік зміни приведенного зносу в залежності від кривої радіусом більше, ніж 350м;

Таблиця з даними для кривих радіусом 240-260

Приведений знос, мм	Радіус, м	Пропущений тоннаж, млн. т км
3,69	247	35
1,9	248	4,3
2,68	260	13
3,33	260	19
7,1	260	42
8,63	260	50
4,87	260	33,4
4,75	260	40,7

Рис.5.1.3 Графік зміни приведенного зносу в залежності від радіусу кривої 240-260м



Таблиця з даними для кривих радіусом 260-280

Приведений знос, мм	Радіус, м	Пропущений тоннаж, млн. т км
10,8	261	55,6
13,8	261	62,4
0,92	263	1,6
0,9	270	8,4
3,83	270	31,1
6,09	270	63,9
7,9	270	42
17,8	270	78
1	270	2,1
2,9	270	17,1
6,4	272	65,4
7,99	272	76,6
9,2	272	42
17,9	272	78
2,35	274	18,1
5,6	274	53,4
2,3	274	12
5,4	276	41,6
3,17	277	40,3
2,04	279	13
2,92	279	19
6,39	279	42
7,82	279	50
15,09	279	80
0,2	279	11,8
3,47	279	34,5
5,84	279	67,3
10,1	280	79,5
10,69	280	90,9
3,32	280	32,1
6,04	280	41,2
7,14	280	63,3
9,1	280	24,5

Рис.5.1.4 Графік зміни приведенного зносу в залежності від радіусу кривої 260-280м

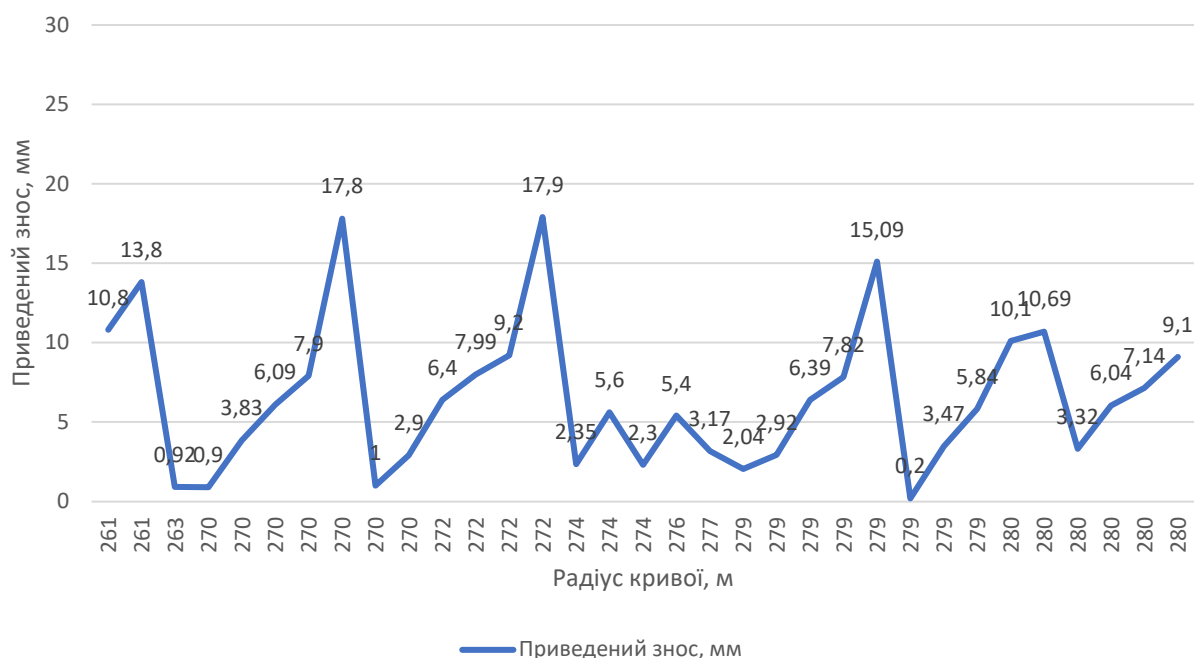


Табл.5.1.12

Таблиця з даними для кривих радіусом 280-300

Приведений знос, мм	Радіус, м	Пропущений тоннаж, млн. т км
5,6	284	49,5
6,7	284	58,5
9,8	284	80,6
8,28	284	19,5
13,04	290	64,4
6,53	294	19,5
4,57	300	13

Рис.5.1.5 Графік зміни приведенного зносу в залежності від радіусу кривої 280-300м

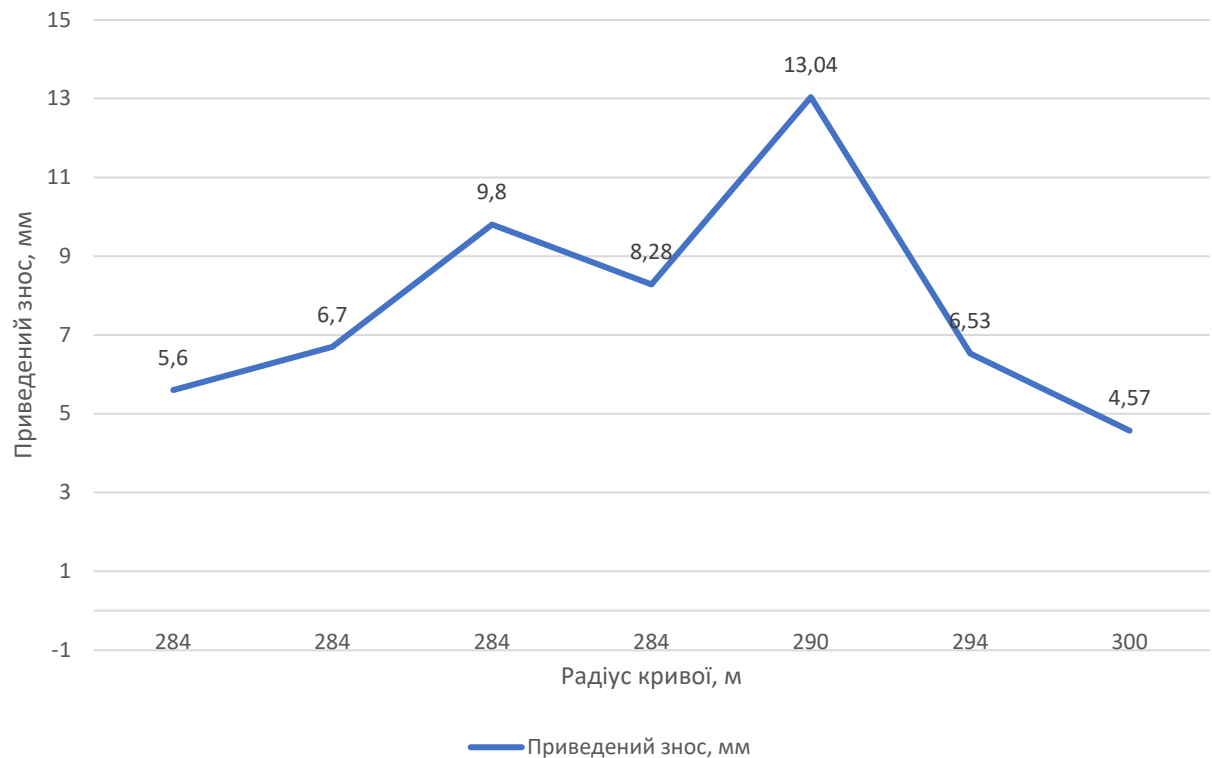


Табл.5.1.13

Таблиця з даними для кривих радіусом 300-350

Приведений знос, мм	Радіус, м	Пропущений тоннаж, млн. т км
1,7	310	28,4
2,36	330	13
2,3	330	19
5,64	330	42
5,81	330	50
8,36	330	78
3,45	332	32,2
0,05	348	1,4
2,3	348	24,1

Рис.5.1.6 Графік зміни приведенного зносу в залежності від радіусу кривої 300-350м

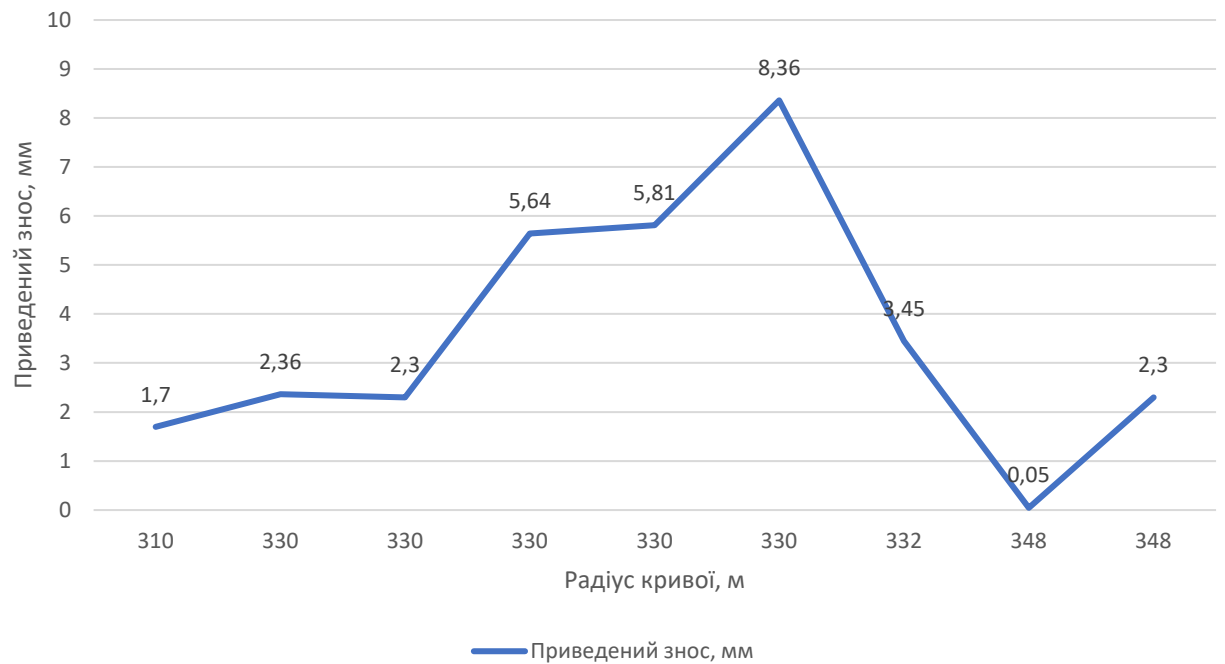


Табл.5.1.14

Таблиця з даними для кривих радіусом від 350м

Приведений знос, мм	Радіус, м	Пропущений тоннаж, млн. т км
0,05	500	6
3,69	500	28,7
1,3	820	15
2,4	820	40
2	820	54
2,58	820	65
3,02	820	92
2,84	820	98
3,4	820	106,6
2,6	820	113,8
3,99	820	125,5

Рис.5.1.7 Графік зміни приведенного зносу в залежності від радіусу кривої більше, ніж 350м

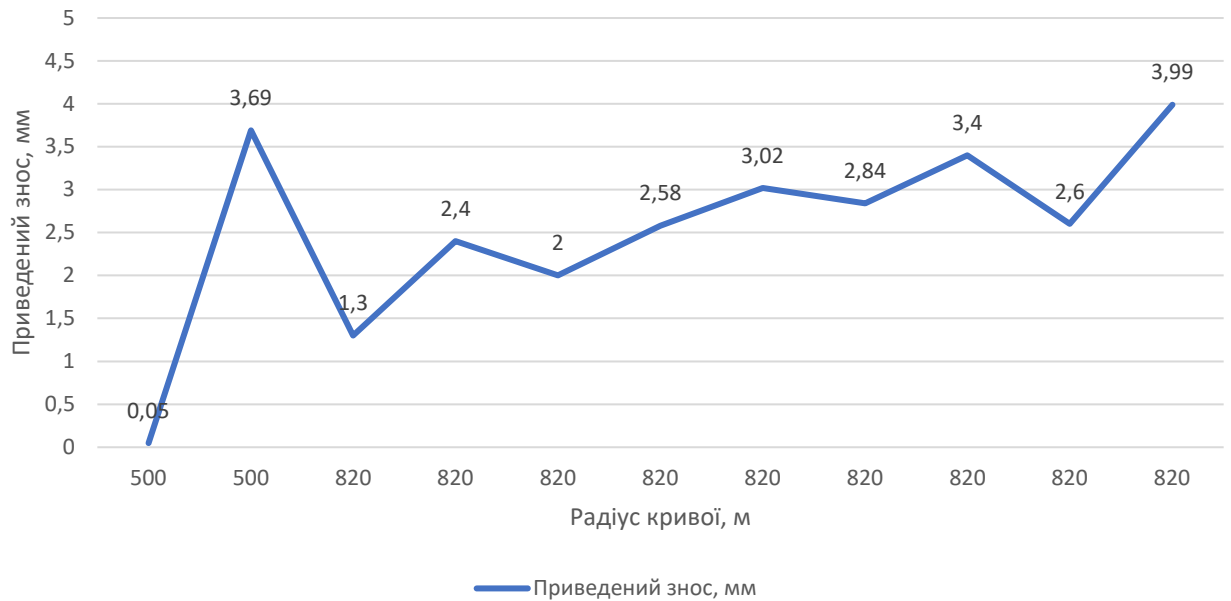
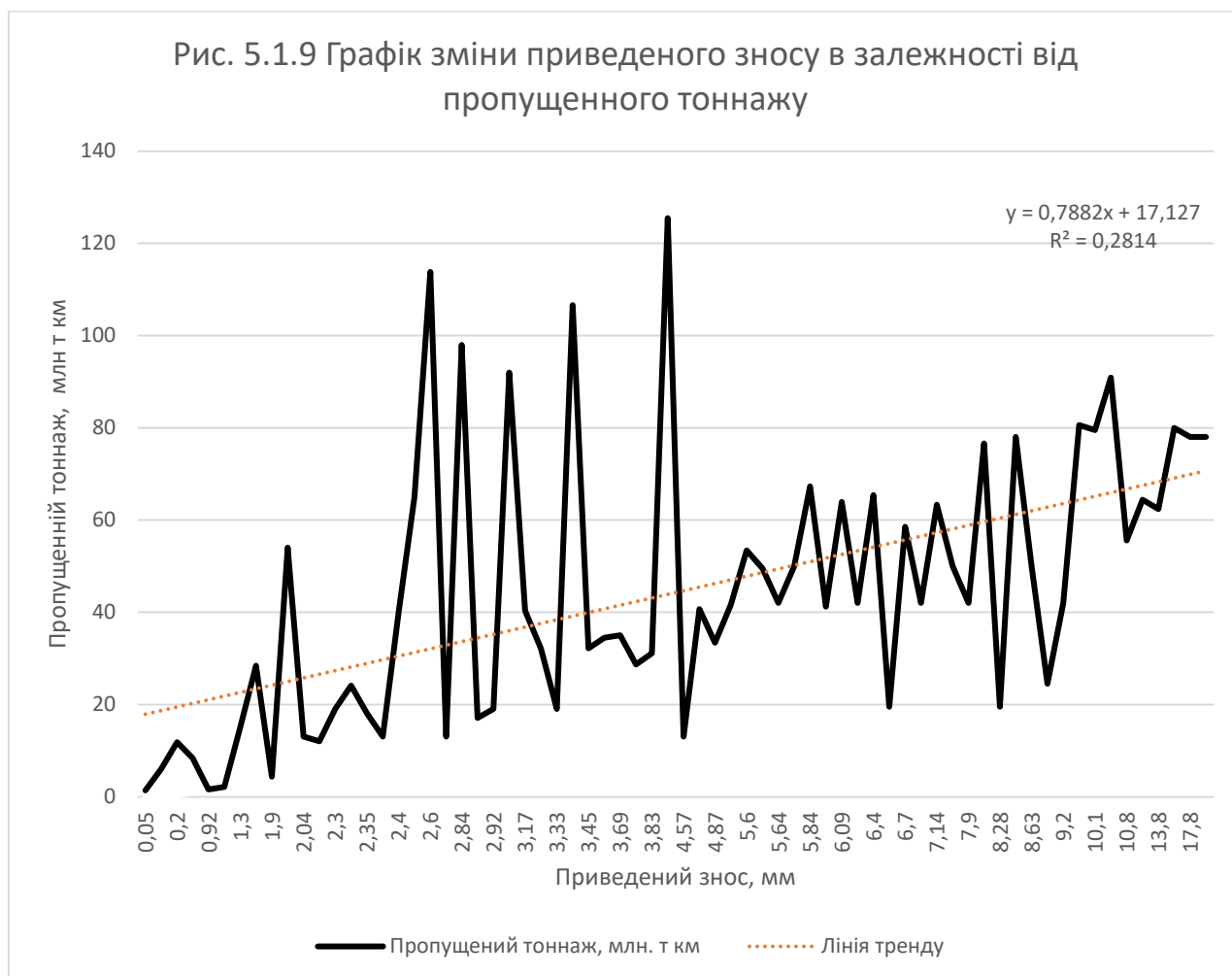


Рис.5.1.8 Загальний графік зміни приведенного зносу в залежності від радіусу кривої



Також було побудовано графік зміни приведенного зносу рейок в залежності від пропущеного вантажу (рис.5.1.9).



Найбільший приведений знос наведено в таблиці 5.1.15

Табл.5.1.15

Приведений знос більше 12 мм

Приведений знос, мм	Радіус, м	Пропущений тоннаж, млн. т км
13,8	261	62,4
17,8	270	78
17,9	272	78
15,09	279	80
13,04	290	64,4

Виходячи з даних таблиці 5.1.15 можна припустити, що вантажнонапруженість 60-80 млн т км при радіусах кривих від 260 до 290 дають найбільший приведений знос. Для того, щоб перевірити що більше впливає на величину приведенного зносу зроблено порівняльний аналіз із знаходженням критерія Фішера.

Для початку знаходження критерія Фішера знаходимо для радіусів. Для цього всі радіуси були розділені на 4 групи: 247-272м, 273-298м, 299-324м, 325-348м (табл.5.1.16).

Табл.5.1.16

Розподілення приведенного зносу за радіусами для знаходження критерія Фішера

P1(247-272)	P2(273-298)	P3(299-324)	P4(325-348)
3,69	2,35	4,57	2,36
2,68	5,60	1,70	2,30
3,33	5,40		5,64
7,10	3,17		5,81
8,63	2,04		8,36
4,87	2,92		0,05
4,75	6,39		2,30
0,90	7,82		
3,83	15,09		
6,09	0,20		
7,90	3,47		
17,80	5,84		
1,00	10,10		
2,90	10,69		
6,40	3,32		
7,99	5,60		
9,20	6,70		
17,90	9,80		
	13,04		

Розрахунки проводились в Excel (додаток 1) і виходячи з цього критерій Фішера для радіусів $F=0,4$.

Далі таким же чином ділимо приведений знос за вантажнонапруженістю на 4 групи: 1,4-24млн т км, 24,5-47млн т км, 48-70млн т км, 71-90,9млн т км (табл.5.1.17).

Табл.5.1.17

Розподілення приведенного зносу за вантажонапруженністю для знаходження критерія Фішера

Г1(1,4-24)	Г2(25-47)	Г3(48-70)	Г4(71-90,9)
0,05	1,7	5,6	7,99
1	3,83	8,63	17,8
0,9	3,32	7,82	17,9
0,2	4,87	5,81	8,36
2,68	3,47	5,6	10,1
2,04	3,69	6,7	15,09
4,57	3,17	6,09	9,8
2,36	4,75	13,04	10,69
2,9	5,4	6,4	
2,35	7,1	5,84	
3,33	7,9		
2,92	9,2		
2,3	6,39		
2,3	5,64		

Розрахунки проводились в Excel (додаток 2) і виходячи з цього критерій Фішера для вантажонапруженності $F=12,08$.

Далі таким же чином ділимо приведений знос за ухилом на 4 групи: 8,1-10‰, 10,1-12‰, 12,1-14‰, 14,1-16,8‰ (табл.5.1.18).

Табл.5.1.18

Розподілення приведенного зносу за ухилом ділянки для знаходження критерія Фішера

У1(8,1-10,0)	У2(10,1-12)	У3(12,1-14)	У4(14,1-16,8)
1	4,87	5,6	3,69
2,9	4,75	6,7	4,57
9,2	0,05	9,8	13,04
17,9	0,2	3,17	
2,35	2,68	6,4	
1,7	2,04	7,99	
5,6	3,33		
	2,92		
	2,3		
	3,47		
	7,1		
	6,39		
	8,63		
	7,82		

	5,84		
	15,09		
	7,9		
	17,8		
	2,36		
	2,3		
	5,64		
	5,81		
	8,36		
	0,9		
	3,83		
	3,32		
	6,09		
	10,1		
	10,69		
	5,4		

Розрахунки проводились в Excel (додаток 3) і виходячи з цього критерій Фішера для ухилу $F=0,07$.

5.2 Визначення закономірностей роботи рейок в складних умовах

Виходячи з розрахунків розділу 5.1 за критерієм Фішера найбільший вплив на приведений знос рейок має вантажонапруженість ($F=12,08$). На другому місці по впливу є радіус ($F=0,4$), а на третьому ухил ділянки ($F=0,07$).

Процес зміни величини приведенного зносу рейки від вантажонапруженості з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,2814$ описується лінійною залежністю:

$$y = 0,7882x + 17,127 \quad (5.2.1)$$

Аналізуючи графік 5.1.8 і проводячи на ньому лінію тренду видно, що приведений знос збільшується із зменшенням радіусу кривої. Процес зміни величини приведенного зносу рейки від радіусу кривої з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,0514$ описується лінійною залежністю:

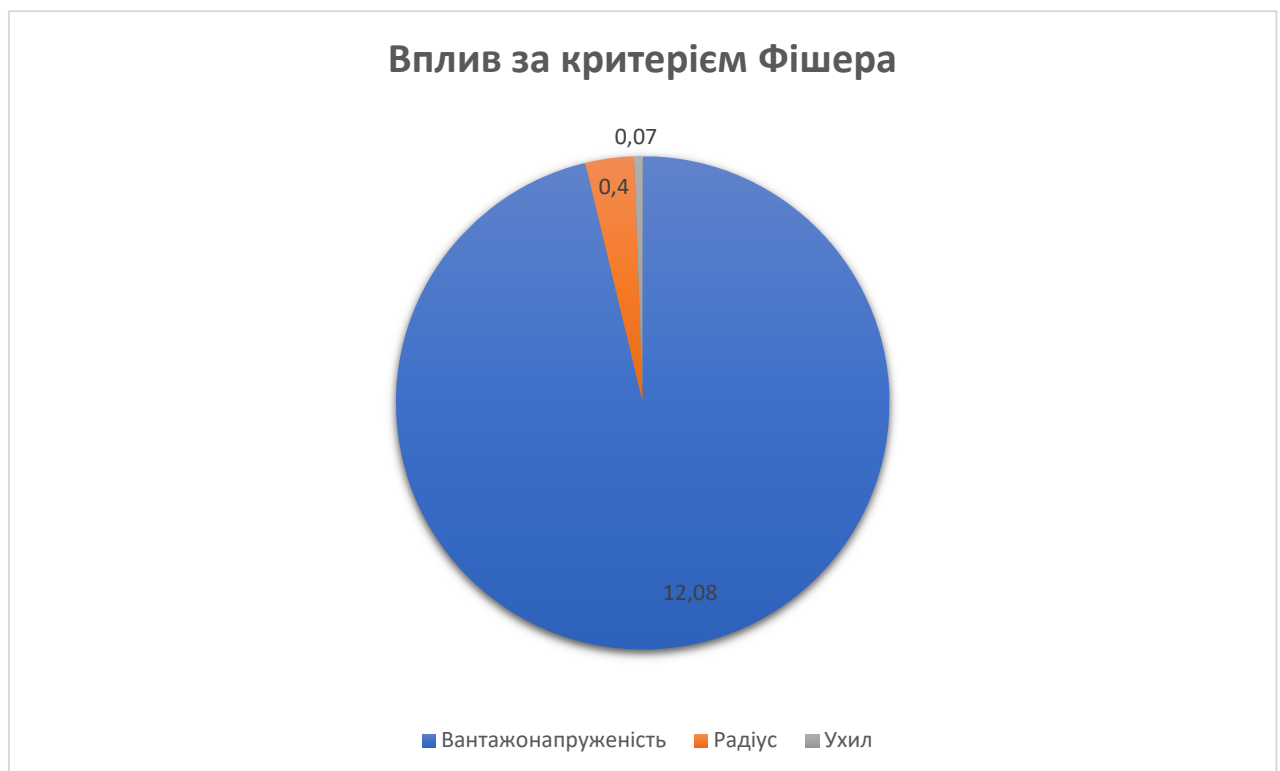
$$y = -0,0458x + 6,9871 \quad (5.2.2)$$

Додатково було аналізовано зміну приведеного зносу від величини позовжнього ухилу. Процес зміни величини приведеного зносу рейки від позовжнього ухилу з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,0035$ описується лінійною залежністю:

$$y = 0,0472x + 3,0101 \quad (5.2.3)$$

На зміну величини приведеного зносу радіус кривої впливає на 96,7% менше, ніж вантажонапруженість, тобто майже у 2 рази. В свою чергу позовжній ухил впливає на приведений знос на 99,4% менше, ніж вантажонапруженість.

Рис.5.2.1



ВИСНОВКИ

Таким чином, рейки - відповідальний елемент залізничної колії, що сприймає навантаження від коліс рухомого складу. Історично рейки змінювалися за довжиною та поперечним профілем. Головна причина цього – необхідність у відповідності несучої здатності існуючим навантаженням.

Рейки експлуатуються в різних умовах. Найбільш розповсюдженні називаються нормальними умовами. В роботі складними умовами запропоновано вважати криві малого радіусу (450 м і менше), ділянки з поздовжнім ухилом $\geq 30\%$, ділянки з високими допустимими швидкостями.

На мостах і в тунелях рейки працюють з більшим рівнем механічних напружень, піддаються більшій корозії в порівнянні з нормальними умовами. Тому дефектність таких рейок вища і вища частота заміни рейок. Безстикова колія успішно працює на мостах і в тунелях. На підходах до таких об'єктів використовуються зрівнювальні прольоти.

В крутих кривих спостерігаються високі інтенсивності бокового зносу рейок. В кар'єрах високе осеве навантаження та абразивні частинки також швидко зношують рейки. Безстикова колія через відсутність стиків служить довше, але робота рейок в таких складних умовах робить економічно не вигідною експлуатацію плітей. На лініях же з високими швидкостями безстикова колія є обов'язковою умовою швидкісного руху.

Досліджуючи та аналізуючи вплив різних факторів на знос рейок було з'ясовано, що найбільший вплив на знос рейок має вантажна напруженість. Але це стосується кривих малого радіусу. Якщо подивитись декілька досліджень зносу рейок в кривих при такій самій вантажнапруженості, але в кривих більшого радіусу, то приведений знос у них набагато менший. Тобто, вантажнапруженість має такий великий вплив на знос рейок лише у кривих малого радіусу. Радіус кривої впливає на приведений знос на 82,5% сильніше, ніж поздовжній ухил. Вирішенням цієї проблеми може бути перевлаштування кривих на криві більшого радіусу.

					0053.160313.2021.001	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця з розрахунками критерія Фішера за радіусом

\bar{X}_i	6,5	6,3	3,1	3,8	
q_i	18	19	2	7	
Загальне середнє	5,86				
Q_f	54,518				$Q_{\text{зал}}$
Q_i	394,2	282,2	4,1	48,8	729,3
σ_f	18,17				
$\sigma_{\text{зал}}$	45,58				
F	0,40				

Де, \bar{X}_i – середнє значення групи

q_i – кількість значень у групі

Q_f – факторне розсіювання

Q_i – залишкове розсіювання для кожної групи

$Q_{\text{зал}}$ – загальне залишкове розсіювання

σ_f – факторна дисперсія

$\sigma_{\text{зал}}$ – залишкова дисперсія

F – критерій Фішера

Додаток 2

Таблиця з розрахунками критерія Фішера за вантажонапруженістю

Xi	2,1	5,0	7,2	12,2	
qi	14	14	10	8	
Загальне середнє	5,860652174				
Qф	543,746				Qзал
Qi	19,9	55,5	47,5	117,1	240,1
σф	181,25				
σзал	15,01				
F	12,08				

Де, X_i – середнє значення групи

q_i – кількість значень у групі

Q_f – факторне розсіювання

Q_i – залишкове розсіювання для кожної групи

$Q_{\text{зал}}$ – загальне залишкове розсіювання

σ_f – факторна дисперсія

$\sigma_{\text{зал}}$ – залишкова дисперсія

F – критерій Фішера

Додаток 3

Таблиця з розрахунками критерія Фішера за поздовжнім ухилом

X_i	5,8	5,6	6,6	7,1
q_i	7	30	6	3
Загальне середнє	5,860652174			
Q_f	10,046			
Q_i	218,2	477,3	25,0	53,3
σ_f	3,35			
$\sigma_{\text{зал}}$	48,36			
F	0,07			

Де, X_i – середнє значення групи

q_i – кількість значень у групі

Q_f – факторне розсіювання

Q_i – залишкове розсіювання для кожної групи

$Q_{\text{зал}}$ – загальне залишкове розсіювання

σ_f – факторна дисперсія

$\sigma_{\text{зал}}$ – залишкова дисперсія

F – критерій Фішера

Додаток 4

9,2	272	42
17,9	272	78
2,35	274	18,1
5,6	274	53,4
2,3	274	12
5,4	276	41,6
3,17	277	40,3
2,04	279	13
2,92	279	19
6,39	279	42
7,82	279	50
15,09	279	80
0,2	279	11,8
3,47	279	34,5
5,84	279	67,3
10,1	280	79,5
10,69	280	90,9
3,32	280	32,1
6,04	280	41,2
7,14	280	63,3
9,1	280	24,5
5,6	284	49,5
6,7	284	58,5
9,8	284	80,6
8,28	284	19,5
13,04	290	64,4
6,53	294	19,5
4,57	300	13
1,7	310	28,4
2,36	330	13
2,3	330	19
5,64	330	42
5,81	330	50
8,36	330	78
3,45	332	32,2
0,05	348	1,4
2,3	348	24,1
0,05	500	6
3,69	500	28,7
1,3	820	15

Продовження таблиці 5.1.1

2,4	820	40
2	820	54
2,58	820	65
3,02	820	92
2,84	820	98
3,4	820	106,6
2,6	820	113,8
3,99	820	125,5

Додаток 5

Приведений знос, мм	Ухил ділянки, ‰
3,69	-14,3
2,68	+10,7
3,33	+10,7
7,10	+10,7
8,63	+10,7
4,87	-10,6
4,75	-10,6
0,90	+11,5
3,83	+11,5
6,09	+11,5
7,9	+10,9
17,8	+10,9
1,00	-8,3
2,90	-8,3
6,40	-13,6
7,99	-13,6
9,2	+8,7
17,9	+8,7
2,35	+8,9
5,60	+8,9
5,40	-11,8
3,17	+13,3
2,04	+10,7
2,92	+10,7
6,39	+10,7
7,82	+10,7
15,09	+10,7
0,20	+10,7
3,47	+10,7
5,84	+10,7

Продовження таблиці 5.1.2	
10,10	-11,5
10,69	-11,5
3,32	-11,5
5,6	+12,2
6,7	+12,2
9,8	+12,2
13,04	+16,8
4,57	-16,0
1,70	+8,9
2,36	+11,4
2,3	+11,4
5,64	+11,4
5,81	+11,4
8,36	+11,4
0,05	-10,7
2,30	-10,7

Використана література

1. Рельсы // Малый энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 4 т. — СПб., 1907—1909.
2. ГОСТ 5876-82 «Рельсы железнодорожные узкой колеи типов Р18 и Р24. Технические требования»
3. ГОСТ 7173-54 «Рельсы железнодорожные типа Р43 для путей промышленного транспорта. Конструкция и размеры»
4. ГОСТ Р 51045-97 «Рельсы железнодорожные типов РП50, РП65 и РП75 для путей промышленного железнодорожного транспорта. Общие технические условия»
5. ГОСТ 4121-96 «Рельсы крановые. Технические условия»
6. ГОСТ Р 51685-2000 « Рельсы железнодорожные. Общие технические условия»
7. ТУ 32 ЦП 805-94 — Рельсы рамные типа РР65.
8. ГОСТ 18232-83 «Рельсы контррельсовые. Технические условия»
9. ГОСТ 9960-85 «Рельсы остряковые. Технические условия»
10. ТУ 14-2Р-320-96 — Рельсы трамвайные желобчатые.
11. ТУ 32 ЦП-804-94 — Рельсы усовиковые типа УР65 — Рельсы усовиковые типа УР65
12. ЦП/0113 Положення про проведення плановозапобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України. – К., 2004.

					0053.160313.2021.001	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

13. ЦП/0161 Інструктивні вказівки з основних питань улаштування та утримання залізничної колії і забезпечення безпеки руху поїздів (Пам'ятка майстру та бригадиру колії). – К., 2007.
14. Експлуатація залізничних колій: навчальний посібник / О. М. Даренський, Н. В. Бугаєць, В. Г. Вітольберг та ін. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 164 с.
15. http://ni.biz.ua/16/16_4/16_44783_vertikalniy-i-bokovoy-iznos-rels.html
16. <https://studfile.net/preview/8950863/page:8/>
17. ЦП-0269 Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України
18. Даренський О.М., Бугаєць Н.В., Вітольберг В.Г., Потапов Д.О., Саяпін О.С., Талавіра Г.М. Експлуатація залізничних колій: Навчальний посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 164 с
19. Угон пути // Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Конарев. — М. : Большая российская энциклопедия, 1994.
20. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B3%D0%BE%D0%BD_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%97
21. Даніленко Е. І. Прискорений й швидкісний рух пасажирських поїздів потребує нових раціональних параметрів взаємодіючої пари «колесо-рейка» / Е. І. Даніленко // Залізничний транспорт України. — 2012. — № 5. — С. 7–14.
22. ОСЖД О+Р-788. Положение по устройству и содержанию пути на железнодорожных участках скоростного движения (скорость до 200 км/ч включительно). — 2011.
23. EN 13848-1. Track — Track geometry quality — Part 1: Characterisation of track geometry. — 2003.
24. Вимоги до ходових частин швидкісного рухомого складу та колійної структури на лініях швидкісного руху. Р. Дьомін, Українська залізниця, № 1–2 (55–56), 2017.

					0053.160313.2021.001	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

25. <https://textarchive.ru/c-1987597-pall.html>

26. <https://znaimo.com.ua/%D0%A0%D0%B5%D0%B9%D0%BE%D0%BA>

					0053.160313.2021.001	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		