

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

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

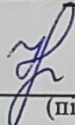
«Транспортна інфраструктура»
(повна назва кафедри)

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

на тему: ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ РЕЙКИ В
КРИВИХ ДІЛЯНКАХ КОЛІЇ

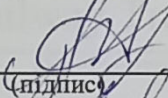
за освітньою програмою «Залізничні споруди та колійне господарство»
зі спеціальності: 273 Залізничний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Виконала: студентка групи: КГ2226


(підпис студента)

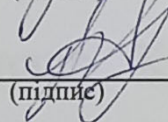
/ Надія АНТОНЕЦЬ /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/ доц. Максим АРБУЗОВ /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

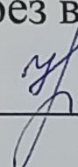
Нормоконтролер:


(підпис)

/ доц. Максим АРБУЗОВ /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент


(підпис)

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

Building, architecture and infrastructure
(faculty)

Transport infrastructure
(department)

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

on the topic: **INVESTIGATION OF RAISING THE OUTER RAIL IN**
CURVED SECTIONS OF THE TRACK

according to educational curriculum Railway constructions and track management
in the Specialization: 273 Railway Transport
(Specialization and its code)

Done by the student of the group: KG2226 / Nadiia ANTONETS/
(name, surname)

Scientific Supervisor: / docent Maxim ARBUZOV/
(position, name, surname)

Normative controller: / docent Maxim ARBUZOV/
(position, name, surname)

Dnipro – 2024

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»

Кафедра: «Транспортна інфраструктура»

Рівень вищої освіти: «Магістр»

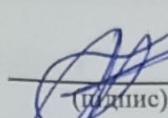
Освітня програма: «Залізничні споруди та колійне господарство»

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортна інфраструктура»


(Підпис)

Олексій ТЮТКІН
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата

16.04.2023

на кваліфікаційну роботу

ЗАВДАННЯ

ОС «магістр»

(ступінь вищої освіти)

студенту Антонець Надії Григорівні

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження підвищення зовнішньої рейки в кривих ділянках колії»

Керівник роботи: Арбузов Максим Анатолійович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом від

«07» квітня 2023 р.

№ 27

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

3. Вихідні дані до роботи: проблематика залізниць України

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

Вступ. Розділ 1. Підвищення зовнішньої рейки в кривих відповідно до вимог нормативних документів. Розділ 2. Статистичні порівняння строків служби рейок в кривих і величини підвищення. Розділ 3. Дослідження залежності бічного зносу рейок та непогашеного прискорення. Розділ 4. Пропозиції щодо вирішення проблем з кривими. Висновки.

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

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

6. Консультанти розділів роботи:

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Підвищення зовнішньої рейки в кривих відповідно до вимог нормативних документів.	30.10.2023-19.11.2023	
2	Розділ 2. Статистичні порівняння строків служби рейок в кривих і величини підвищення	20.11.2023-17.12.2023	
3	Розділ 3. Дослідження залежності бічного зносу рейок та непогашеного прискорення	18.12.2023-07.01.2024	
4	Розділ 4. Пропозиції щодо вирішення проблем з кривими	08.01.2024-14.01.2024	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	Згідно з планом ЕК	

Студент

(підпис)

Надія АНТОНЕЦЬ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Максим АРБУЗОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0053.226503.ДП.2024.001

Арк.

4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

67 стор., 26 рис., 12 табл., 12 літературних джерел.

Об'єкт розробки – зовнішня рейка в кривих ділянках колії.

Мета роботи – дослідження підвищення зовнішньої рейки в кривих ділянках колії для подовження строку служби рейок шляхом зменшення інтенсивності бічного зношення та рівня дефектності.

Метод дослідження – метод статистичні розрахунки по фактичним даним залізниці.

У магістерській роботі розглядається проблема впливу підвищення зовнішньої рейкової нитки на інтенсивність її зношення в кривих ділянках колії. Досліджено статистичні дані щодо величин підвищення зовнішньої рейки. Зроблена оцінка впливу непогашеного прискорення, як похідної величини від підвищення зовнішньої рейки.

Ключові слова: ПІДВИЩЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ РЕЙКИ, РАДІУС КРИВИЗНИ, ДЕФЕКТНІСТЬ, ЗНОШЕННЯ, КРИВА.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ПІДВИЩЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ РЕЙКИ В КРИВИХ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ	9
1.1 Вимоги Правил технічної експлуатації залізниць України	9
1.2 Вимоги Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України	11
1.3 Вимоги Правил визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії	17
2 СТАТИСТИЧНІ ПОРІВНЯННЯ СТРОКІВ СЛУЖБИ РЕЙОК В КРИВИХ І ВЕЛИЧИНИ ПІДВИЩЕННЯ	20
2.1 Дослідження поодинокого виходу рейок від експлуатаційних факторів	20
2.1.1 Вихід рейок від експлуатаційних факторів за літературними джерелами	
2.1.2 Дослідження виходу рейок від експлуатаційних факторів	23
2.2 Дослідження інтенсивності бокового зношення рейки в кривих	32
2.2.1 Аналіз літературних джерел з питання бокового зношення рейок в кривих ділянках колії	32
2.3 Статистичні порівняння строків служби рейок в кривих і швидкостей	44
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ БІЧНОГО ЗНОСУ РЕЙОК ТА НЕПОГАШЕНОГО ПРИСКОРЕННЯ	49
3.1 Технічна характеристика стану ділянки колії Одеської залізниці	49
3.2 Аналіз даних технічного стану кривих ділянок колії Одеської залізниці	52
4 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ З КРИВИМИ	62
4.1 Пропозиції щодо зменшення дефектності в кривих	62
4.2 Пропозиції щодо зменшення зносу рейок в кривих	63
ВИСНОВКИ	66
ЛІТЕРАТУРА	68

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Дослідження підвищення зовнішньої рейки в кривих ділянках колії є важливою науково-технічною проблемою, яка має значний вплив на безпеку руху, комфортабельність пересування, а також на термін служби рейок та рухомого складу. На території Укрзалізниці існує велика кількість кривих ділянок колії із крутими підйомами та спусками поздовжнього профілю колії, де застосовується рекуперативне гальмування. Це призводить до інтенсивного зношення рейок та коліс рухомого складу. Інтенсивність зношення рейок, а відповідно і коліс прямо залежить від правильності встановлення норм підвищення зовнішньої рейки в кривій. В свою чергу норми підвищення залежать від швидкості руху, радіусу кривої та інших експлуатаційних факторів.

На сьогоднішній день існують наступні пропозиції щодо ефективності підвищення зовнішньої рейки в кривих ділянках колії:

- збільшення висоти підвищення, цей метод дозволяє підвищити величину компенсації відцентрової сили, що, в свою чергу, дозволяє підвищити швидкість руху в кривій. Однак, збільшення висоти підвищення також призводить до збільшення навантаження на рейки та рухомий склад, а також до зниження комфортабельності пересування;

- використання плавного підвищення, цей метод дозволяє зменшити навантаження на рейки та рухомий склад, а також підвищити комфортабельність пересування. Однак, плавне підвищення вимагає більш складних технологій будівництва та утримання колії;

- використання систем нахилу кузова, ці системи дозволяють компенсувати відцентрову силу без підвищення зовнішньої рейки, дозволяє підвищити швидкість руху в кривій без збільшення навантаження на рейки та рухомий склад, а також без зниження комфортабельності пересування.

Найбільш перспективним методом підвищення ефективності підвищення зовнішньої рейки в кривих ділянках колії є використання систем нахилу кузова. Це дозволить підвищити безпеку руху, комфортабельність

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пересування та термін служби рейок та рухомого складу. Системи мають ряд переваг перед традиційними методами, а саме:

- збільшення швидкості руху в кривій без збільшення навантаження на рейки та рухомий склад;
- підвищення комфортабельності пересування;
- зменшення зносу рейок та коліс.

Однак, системи нахилу кузова мають і певні недоліки:

- висока вартість;
- складність експлуатації та ремонту.

Окрім використання систем нахилу кузова, для підвищення ефективності підвищення зовнішньої рейки в кривих ділянках колії можна також використовувати наступні заходи:

- удосконалення технологій будівництва та утримання колії;
- використання нових матеріалів для виготовлення рейок та рухомого складу;
- розробка нових методів розрахунку підвищення зовнішньої рейки;

Впровадження цих заходів дозволить підвищити ефективність підвищення зовнішньої рейки в кривих ділянках колії, а також зробити залізничний транспорт більш безпечним, комфортабельним та економічно ефективним.

Тому дана робота присвячена дослідженню впливу підвищення зовнішньої рейкової нитки на інтенсивність її зношення в кривих ділянках колії та їх дефектність.

1 ПІДВИЩЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ РЕЙКИ В КРИВИХ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ

Підвищення зовнішньої рейки в кривих влаштовується з метою зменшення динамічної дії рухомого складу на залізничну колію і забезпечення комфортабельності їзди пасажирів. Кожне відхилення від норм улаштування кривих підвищує динамічну дію усіх поїздів, особливо вантажних що призводить до підвищення інтенсивності розладу рейкової колії, збільшення зносу рейок, а також може призвести до зниження рівня безпеки руху поїздів. Виконується порядок розрахунку підвищення зовнішньої рейки і допустимих швидкостей руху поїздів в кривих ділянках на залізницях України колії 1520 мм, де реалізуються швидкості руху не більше 160 км/год.

Швидкості руху, не можуть перевищувати швидкостей, що визначаються за умовами міцності і стійкості колії [1], відповідно до «Правил розрахунків колії на міцність» [2], «Технічних умов на укладання й утримання безстикової колії» [3] та «Норм допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях Державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 мм» [4].

1.1 Вимоги Правил технічної експлуатації залізниць України

Відповідно з п. 3.10 ПТЕ верх головок рейок обох ниток колії на прямих ділянках має бути на одному рівні. Дозволяється на прямих ділянках колії утримувати одну рейкову нитку на 6 мм вище другої, при цьому довжина такої прямої ділянки не повинна бути менше 250 м або дорівнювати відстані між суміжними кривими одного напрямку [5].

На прямих, що розміщені на двоколійних ділянках колії, підвищується, як правило, зовнішня (бровочна) нитка. Перелік пікетів, кілометрів і ниток прямих ділянок колії, де дозволяється утримання однієї нитки на 6 мм вище за іншу, затверджується наказом начальника дистанції колії. Виписки з наказу видаються шляховим майстрам і бригадирам колії.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При примиканні підвищеної на 6 мм нитки прямої ділянки до зовнішньої нитки кривої відвід підвищення починається на початку відводу кривизни.

При примиканні підвищеної на 6 мм нитки прямої ділянки до внутрішньої нитки кривої відвід підвищення на прямій ділянці повинен закінчуватися не ближче, ніж за 25 м до початку підвищення у кривій.

Якщо на прямих ділянках з підвищенням однієї рейкової нитки розташовані мости з мостовим полотном на баласті, то і на них повинне бути також підвищення рейкової нитки. На мостах з їздою поверху з мостовими брусами чи безбаластному мостовому полотні на залізобетонних плитах (БМП) підвищення допускається, якщо довжина моста не перевищує 25 м. Для влаштування такого підвищення на мостах з мостовими брусами у період між суцільними замінами брусів необхідно вкладати під рейкові підкладки плоскі металеві прокладки товщиною 6 мм. При суцільній заміні мостових брусів підвищення однієї нитки над іншою досягається зменшенням на 6 мм величини врубки брусів з боку підвищеної рейкової нитки. При їзді на безбаластному мостовому полотні (БМП) підвищення досягається укладанням регульовальних підкладок під подошву рейки. На всіх інших мостах і на підходах до них довжиною 25 м, а також на стрілочних переводах при розміщенні їх на прямих, підвищення на 6 мм не влаштовується.

Підвищення однієї рейкової нитки над іншою в тунелях не влаштовується. Якщо на прямій ділянці колії з підвищенням однієї рейкової нитки розташований тунель, таке підвищення повинне бути відведене на підході до тунелю, не ближче ніж за 25 м від його порталу.

В усіх випадках нормативний ухил відводу за рівнем в прямих від норми 6 мм до нульового положення рейкових ниток не повинен перевищувати значень, наведених в табл. 1.1.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Таблиця 1.1

Рекомендовані та допустимі середні ухили відводів
підвищення зовнішньої рейки в кривих

Ухили відводу підвищення, мм/м		Встановлена швидкість руху поїздів, км/год.
рекомендовані	гранично допустимі	
0,5	0,7	140
0,7	1,0	120
0,8	1,2	110
1,0	1,4	100
1,2	1,6	90
1,4	1,9	80
1,6	2,3	70
1,9	2,7	60
2,2	3,0	50
2,5	3,1	40
2,8	3,5	25
3,0	4,5	15
	Більше 4,5	Закриття руху поїздів

1.2 Вимоги Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць
України

Згідно п. 2.1.4. [6] у кривих ділянках колії при радіусах 4000 м і менше влаштовується підвищення зовнішньої рейкової нитки, величина якого встановлюється наказом начальника залізниці за поданням служб колії залежно від фактичних швидкостей руху поїздів по кривій, структури поїздопотоку, величини радіуса кругової кривої та умов роботи колії в кривій.

Підвищення зовнішньої рейки у кривих визначається в першу чергу за умови рівномірності завантаження обох рейкових ниток за формулою:

$$h_p = 12,5 \frac{V_{cp}^2}{R}, \tag{1.1}$$

де h_p – розрахункове підвищення, мм;

R – радіус кривої, м;

V_{cp} – середньовиважена квадратична швидкість руху поїздів (км/год), що визначається за фактичною швидкістю руху всіх пасажирських і вантажних поїздів різної маси, яку розвивають поїзди на даній кривій.

Швидкості пасажирських і вантажних поїздів, що проходять по кривій, визначаються за даними швидкостемірів. Середньовиважена квадратична швидкість визначається за формулою:

$$V_{cp} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N Q_n \cdot V_n^2}{\sum_{n=1}^N Q_n}}, \quad (1.2)$$

де n – порядковий номер поїзда у вибірці;

N – обсяг вибірки (мінімальний обсяг вибірки 30 швидкостемірних стрічок);

Q_n, V_n – фактичні маса, т, і швидкість, км/год, n -го поїзда;

Підвищення, одержане за формулою (1.1), округлюється до величини, кратної 5 мм, у ближчий бік. Розрахункові підвищення зовнішньої рейки, підраховані за формулою (1.1) для кривих різних радіусів, наведені в таблиці. 1.2.

Розрахункова величина підвищення повинна бути перевірена:

- за умови недопущення впливу на пасажирів понад нормативних непогашених відцентрових прискорень (за умови комфортабельності їзди пасажирів) за формулою:

$$h_{\min.nac} = 12,5 \frac{V_{\max.nac}^2}{R} - 115, \quad (1.3)$$

- за умови недопущення перевантаження зовнішньої рейки вантажними поїздами за формулою

$$h_{\min.вант} = 12,5 \frac{V_{\max.вант}^2}{R} - 49, \quad (1.4)$$

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за умови недопущення перевантаження вантажними поїздами внутрішньої рейки при русі зі швидкостями нижче середньовиваженої квадратичної за формулою

$$h_{\max} = 12,5 \frac{V_{\min. \text{вант}}^2}{R} + 49. \quad (1.5)$$

У наведених формулах:

$h_{\min. \text{пас}}$ і $h_{\min. \text{вант}}$ – мінімальні підвищення зовнішньої рейки, при яких у даній кривій можлива реалізація необхідної максимальної швидкості руху без порушення комфортабельності їзди пасажирів та без перевантаження зовнішньої рейки вантажними поїздами, мм;

$h_{\max}$ – максимальне підвищення, при якому забезпечується робота внутрішньої нитки без перевантаження при русі вантажних поїздів, мм;

$V_{\max. \text{пас}}$ і $V_{\max. \text{вант}}$ – максимальні швидкості, що розвиваються пасажирськими та вантажними поїздами на даній кривій, км/год;

115 мм і 49 мм – величини максимального недопідвищення, розраховані за умовою не перевищення допустимого непогашеного прискорення відповідно для пасажирських поїздів $a_{\text{нт.доп}} = 0,7 \text{ м/с}^2$ і вантажних поїздів $a_{\text{нт.доп}} = 0,3 \text{ м/с}^2$;

$V_{\min. \text{вант}}$ – мінімальна швидкість, км/год, з якою або меншою прямує по кривій близько 15% вантажних поїздів (від усієї кількості, яка розглядається, при розрахунку $V_{\text{ср}}$ за формулою (1.2);

49 мм – величина максимального перепідвищення, розрахованого за умови не перевищення встановленої норми непогашеного прискорення $a_{\text{нт.доп}} = 0,3 \text{ м/с}^2$.

Із чотирьох одержаних значень підвищення за формулами 1.1, 1.3, 1.4, 1.5 вибирається те, що рекомендується встановити в колії $h_{\text{рек}}$. При цьому $h_{\text{рек}}$ повинне бути близьким до розрахункового h_p . Воно може відрізнятись від розрахункового не більше, ніж на допустиму величину $\pm \Delta h$ (табл. 1.3).

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2

Підвищення зовнішньої рейки в кривих, мм

Радіус кривої, м	Середньовиважені швидкості руху поїздів, км/год												
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
200	25	40	55	75	100	125	150	-	-	-	-	-	-
250	20	30	45	65	80	100	125	150	-	-	-	-	-
300	15	25	40	50	65	85	105	125	150	-	-	-	-
350	15	20	35	45	55	70	90	110	130	150	-	-	-
400	10	20	30	40	50	65	80	95	110	130	150	-	-
450	10	15	25	35	45	55	70	85	100	115	135	150	-
500	10	15	25	30	40	50	60	75	90	105	120	140	150
550	10	15	20	30	35	45	55	70	80	95	110	130	145
600	10	15	20	25	35	40	50	60	75	90	100	115	135
650	10	10	15	25	30	40	50	60	70	80	95	110	125
700	10	10	15	20	30	35	45	55	65	75	90	100	115
750	10	10	15	20	25	35	40	50	60	70	80	95	100
800	10	10	15	20	25	30	40	45	55	65	75	90	100
900	10	10	15	15	20	30	35	40	50	60	70	80	90
1000	10	10	10	15	20	25	30	40	45	55	60	70	80
1200	-	10	10	15	15	20	25	30	40	45	50	60	65
1400	-	10	10	10	15	20	20	25	30	40	45	50	55
1600	-	-	-	-	15	15	20	25	30	35	40	45	50
1800	-	-	-	-	10	15	15	20	25	30	35	40	45
2000	-	-	-	-	10	15	15	20	20	25	30	35	40
3000	-	-	-	-	-	10	10	15	15	20	20	25	25
4000	-	-	-	-	-	-	10	10	10	15	15	20	20

Таблиця 1.3

Допустимі відхилення підвищення зовнішньої рейки кривої відносно розрахованого за середньовиваженою квадратичною швидкістю

Вантажна напруженість, млн. т км бруто/км за рік	Середнє навантаження від колісної пари на рейку, кН	Допустимі відхилення	
		Непогашені прискорення вантажних поїздів $\pm a_{\text{нп}}$, м/с ²	підвищення, $\pm \Delta h$, мм
Понад 100	200 і більше від 180 до 200 менше 180	0,05	10
		0,10	15
		0,15	20
від 80 до 100	200 і більше від 180 до 200 менше 180	0,07	10
		0,15	20
		0,20	25
від 50 до 80	200 і більше від 180 до 200 менше 180	0,10	15
		0,20	25
		0,25	35
до 50	200 і більше від 180 до 200 менше 180	0,20	30
		0,25	35
		0,30	40

Перевищення має бути не більше h_{max} і не повинне бути менш ніж h_{min} .
Діапазон рекомендованих значень підвищення $h_{рек}$ знаходиться в межах

$$h_{рек} = h_p \pm \Delta h, \quad (1.6)$$

за умови $h_{min} < h_{рек} \leq h_{max}$.

Якщо h_{min} буде більше h_{max} , то необхідно обмежувати максимальну швидкість руху. В цьому випадку рекомендується приймати підвищення $h_{рек} = h_{max}$.

У випадку, коли необхідно обмежити максимальні швидкості (при встановленому підвищенні), нове значення максимальної допустимої швидкості руху пасажирських і вантажних поїздів визначається за формулою

$$V_{дон} = 3,6 \sqrt{R(\alpha_{нп.дон} + 0,00613h_{рек})}, \quad (1.7)$$

де $\alpha_{нп.дон}$ – допустиме непогашене прискорення відповідно для пасажирських (0,7 м/с²) чи вантажних (+0,3 м/с²) поїздів.

На двоколійних і багатоколійних ділянках, розміщених на спусках, де швидкість руху поїздів різна за напрямками, величина підвищення для кожної колії визначається окремо за наведеними формулами. Якщо на колії, розміщеній ближче до центру кривої, розрахункове підвищення буде менше, ніж на колії, розміщеній зовні, то при остаточному виборі цього підвищення необхідно також керуватися відповідними інструкціями.

Порядок розрахунку та визначення підвищення зовнішньої рейкової нитки (в тому числі на двоколійних і багатоколійних ділянках) і допустимих швидкостей руху поїздів в кривих ділянках регламентується «Правилами визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії».

Підвищення в колії встановлюється за рахунок збільшення товщини баластного шару у підрейковій зоні зовнішньої рейкової нитки.

Незалежно від радіуса кривої підвищення зовнішньої рейкової нитки без урахування допусків не повинне перевищувати 150 мм.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У необхідних випадках у кривих ділянках головних колій максимальне підвищення зовнішньої рейкової нитки може допускатися з дозволу залізниці і більше 150 мм (п. 3.10 ПТЕ).

Відхилення за рівнем положення рейкових ниток від встановлених розрахункових нормативів в кривих ділянках колії допускаються не більше як на 6 мм. Відводи відхилень за рівнем повинні бути плавними і не повинні перевищувати значень, наведених в табл. 1.1.

У кривих, що розміщені на ділянках рекуперативного гальмування поїздів, рекомендується для компенсації дії поздовжніх стискуючих сил збільшувати отримане розрахунком підвищення на величину до 20%, а на кривих, що розміщені на керівному підйомі та близькому до нього, для компенсації поздовжніх розтягуючих сил зменшувати отримане розрахунком підвищення на величину до 15%. При цьому повинні дотримуватись нормативи щодо допустимих непогашених прискорень.

На станціях, що розміщені в кривих, підвищення зовнішньої рейкової нитки на головних і приймально-відправних коліях встановлюється з урахуванням як допустимих швидкостей руху поїздів, так і габаритів наближення споруд відповідно з Інструкцією наближення споруд.

На стрілочних переводах, що розміщені на прямих ділянках, перевідні криві утримуються без підвищення зовнішньої рейки.

Стрілочні переводи, які розміщені на головних коліях у кривих із підвищенням зовнішньої рейки, влаштовуються також із підвищенням зовнішньої нитки, якщо перевідна крива переводу співпадає за напрямком з кривою ділянкою колії. Підвищення по основній колії стрілочного переводу розраховується загальним порядком із урахуванням величини радіусу основної колії переводу. При цьому величина підвищення зовнішньої нитки на стрілочному переводі не повинна бути більше 75 мм. Якщо перевідна крива стрілочного переводу не співпадає за напрямком із кривою ділянкою колії, то підвищення на таких стрілочних переводах, як правило, не влаштовується, при цьому швидкість руху поїздів по такому стрілочному

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переводу повинна визначатись за «Нормами допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях залізниці шириною 1520 (1524) мм». Допускається на таких стрілочних переводах влаштовувати підвищення зовнішньої рейки по головній колії величиною не більше 20 мм. Швидкість руху поїздів по відгалуженій перевідній кривій в таких випадках повинна бути не більше 15 км/год.

На приймально-відправних коліях, а також на захрестовинних кривих, де встановлені швидкості руху не перевищують 25 км/год, підвищення зовнішньої рейки в кривих може не влаштовуватись.

Захрестовинні криві на коліях руху пасажирських і вантажних поїздів, де швидкість складає більше 25 км/год, повинні мати підвищення зовнішньої рейки, яке розраховується за формулою (1.1), виходячи з середньовиваженої швидкості, яка встановлюється методом експертної оцінки та затверджується начальником дистанції колії. Відвід підвищення повинен починатись за останнім перевідним брусом, але не ближче 2 м від заднього стику хрестовини. При можливості влаштування відводу підвищення з допустимим за табл. 1.1 ухилом встановлюється повне розрахункове підвищення. Якщо такий відвід не вдається влаштувати, то величина підвищення зовнішньої рейки встановлюється начальником служби колії з дотриманням допустимої крутості відводу, допустимої величини непогашеного прискорення та відповідно допустимої швидкості руху. Можливе також часткове розміщення відводу в межах кривої.

Стан колії за рівнем, шириною колії та напрямком у плані повинен систематично перевірятися, в тому числі вагонами-колієвимірниками з розшифровуванням записів на стрічці та оцінкою відхилень відповідно до встановлених норм оцінки стану колії.

1.3 Вимоги Правил визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії

Згідно з [7] допустима швидкість в кривій, що лежить окремо, визначається за параметрами R і h для середньої частини кривої із

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використанням формули (1.7). Для багаторадіусної кривої допустима швидкість розраховується по частині кривої із мінімальним радіусом і відповідним підвищенням. Підвищення для частин з іншими радіусами багаторадіусної кривої повинно забезпечувати дотримання нормативів непогашених прискорень.

Відводи підвищення і кривизни в перехідних кривих повинні співпадати між собою.

При перевищенні зазначених в «Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України» допустимих розбіжностей непогашене прискорення не буде відповідати розрахованому для кругової кривої. У цьому випадку необхідно визначити фактичні максимальні прискорення і при перевищенні встановлених нормативів, обмежити максимальні швидкості, що реалізуються.

Розрахунок прискорень виконується за формулою

$$\alpha_{\text{нп (n)}} = \frac{V_{\text{max пас}}^2}{3,6^2 R_n} - 0,00613h_n, \tag{1.8}$$

де R_n і h_n – величини радіусу і підвищення в n -й характерній точці.

Значення параметрів R_n і h_n встановлюються по колієвимірювальній стрічці.

У точках, де початок відводу підвищення випереджає початок зміни кривизни, фактичні мінімальні прискорення визначаються за формулою (1.8), але з підстановкою значень мінімальних реалізованих швидкостей.

При перевищенні допустимих нормативів мінімальних прискорень слід вжити заходів до зменшення розбіжностей відводів кривизни та підвищення і усунення причин, що призводять до проходження поїздів із малими швидкостями.

При розбіжностях відводів підвищення і кривизни і коротких довжинах одного з відводів слід також перевірити допустиму швидкість виходячи з допустимої величини зміни непогашеного прискорення $\psi = 0,6 \text{ м/с}^3$. Величина зміни прискорення визначається за формулою

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\psi = \frac{(\alpha_{\text{нп}(n+1)} - \alpha_{\text{нп}(n)}) V_{\text{max}}}{3,6 \Delta l}, \quad (1.9)$$

де $\alpha_{\text{нп}(n+1)}, \alpha_{\text{нп}(n)}$ – величини непогашених прискорень у суміжних точках, відповідних початку і кінцю відводів за кривизною і підвищенням;

Δl – відстань між цими характерними точками.

Допустимі швидкості на стрілочних переводах, покладених у кривих ділянках колії з одностороннім відхиленням, встановлюються на основі розрахунків. В цьому випадку розглядається найменший із радіусів кривих перед стрілкою, за хрестовиною або кривої основної колії стрілочного перевodu. Величина підвищення приймається тією, що встановлена в зоні кривої найменшого радіуса. Якщо в інших місцях і, зокрема, по основній колії стрілочного перевodu при більшому радіусі немає підвищення, то величина допустимої швидкості повинна бути визначена і по цій кривій. За допустиме приймається менше значення швидкості.

Допустима швидкість по стрілочному перевodu визначає можливу швидкість по всій прилягаючій до нього кривій. Тому в частинах кривої поза стрілочним перевodom слід перевірити дотримання нормативів непогашених прискорень і при необхідності відкоригувати підвищення, що рекомендується.

При різнобічному відхиленні основної і бічної колій стрілочного перевodu улаштування підвищення по одній з колій буде зниженням зовнішньої рейки для іншої колії. У цьому випадку допустима швидкість підраховується по обох коліях стрілочного перевodu і підвищення приймається з урахуванням його знака. Проте в цьому випадку швидкість по бічній колії не є визначальною для всієї кривої головної колії.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2 СТАТИСТИЧНІ ПОРІВНЯННЯ СТРОКІВ СЛУЖБИ РЕЙОК В КРИВИХ І ВЕЛИЧИНИ ПІДВИЩЕННЯ

2.1 Дослідження поодинокого виходу рейок від експлуатаційних факторів

Конструкція залізничної колії функціонує в умовах силового навантаження з боку рухомого складу. Рівень цього навантаження суттєво впливає на роботу конструкції залізничної колії й обумовлює зміну її технічного стану в процесі експлуатації. При напрацюванні тоннажу спостерігається стійка тенденція погіршення технічного стану залізничної колії через накопичення в ній залишкових деформацій, що призводить до поодинокого виходу рейок та зниження рівня безпеки руху поїздів.

2.1.1 Вихід рейок від експлуатаційних факторів за літературними джерелами

За дослідженнями, що викладені в [8], більше десяти останніх років переважна більшість відмов рейок відбувалася через контактнотомлювальні дефекти і зношування головки. На сучасному етапі до них додаються дефект за кодом 14 (термомеханічні ушкодження головки рейки внаслідок юза, буксування) і дефект за кодом 17 (викрашування рейок у стиках). Частка останнього в загальному числі дефектів доходить до 20 %. Значною мірою вони обумовлений зниженням якості рейкового металу. Працездатність рейок насамперед залежить від того, як навантажується колія під час експлуатації. Під важкими поїздами зростає пошкоджуваність дефектами термомеханічного характеру. І якщо на ланковій колії можна обмежитися поодинокую заміною рейок, то на безстиківій, де в основному рухаються такі поїзди, це стає серйознішою проблемою, тому що вирізка дефектного місця приводить до появи нових зварних стиків, які й без того є основною причиною зламів рейок у колії.

Відомо, що повзуни й навари на поверхні кочення коліс підвищують динамічні сили в місці контакту колеса й рейки. У свою чергу зростання цих

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сил при наявності тріщини збільшує коефіцієнт інтенсивності напружень, що прискорює розвиток дефекту за кодом 21.

Вплив коліс із повзунами небезпечний навіть не стільки зростанням сил у місці контакту (у 1,5-2 рази), скільки різким прискоренням розвитку тріщини (у 3-5 разів). Все це ще раз підкреслює необхідність жорсткості вимог до стану поверхні кочення коліс рухомого складу, що стосується утворення на них повзунів і наварів, а також устаткування станцій, насамперед на пріоритетних напрямках мережі доріг, детекторами виявлення дефектних коліс.

Інший фактор, який треба враховувати при експлуатації рейок другого укладання – це можливий розвиток дефекту 21 з боку колишньої робочої грані рейок (такі факти мали місце при випробуванні рейок з дефектом 21, який було взято в накладки. Ці рейки знову уклали в колію зі зміною робочого канта).

До останнього часу рейки після першого терміну служби направляли або на переукладання в колію без ремонту, або в стаціонарні рейкозварювальні підприємства, оснащені рейкофрезерними й повздожньо-стругальними верстатами, для комплексного ремонту. Є технічні умови лубрикації, зварювання і використання старопридатних рейок. Однак досвід експлуатації відремонтованих рейок показав, що другий термін служби після ремонту в РЗП не перевищує 200-300 млн т вантажу брутто. В основному вихід з ладу відбувається через гострі дефекти, і тим самим знижується рівень безпеки руху.

Безпосередньо обсяг переукладених рейок і тих, що завершили перший строк, без ремонту в РЗП малий, а рейкові пліті, що вилучають безстиківі, перед надходженням у ремонт спочатку розрізують у колії, потім на рейкозварювальних підприємствах з них вирізують дефекти, перепрофілюють і знову зварюють у рейки мірної довжини або в пліті. Незважаючи на значні витрати на ремонт рейок термін їхньої служби невеликий. Якщо перший термін служби рейок зросте до 1 млрд т вантажу

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

брутто й більше, то на другий і наступний терміни служби вони стануть надходити в ще гіршому стані та, можливо, що їхні обсяги для повторного укладання не будуть збалансовані з обсягами рейок першого укладання.

Необхідно вдосконалювати систему ведення рейкового господарства з метою запобігти виходу рейок з ладу через інші дефекти або істотно віддалити їхнє зародження і сповільнити швидкість розвитку. Щорічно за дефектом 17 вилучається з колії велика кількість рейок, причини виходу з ладу – як у технології виробництва, так і в утриманні колії. Значно скоротити кількість рейок, схильних до утворення цього дефекту, можна за рахунок випускання рейок довжиною 50 і 100 м зі сталі підвищеної якості.

Місця з дефектами 14 і 17 потрібно наплавляти на початковому етапі розвитку, технологія таких операцій відпрацьована й впроваджена на ряді доріг. Щоб запобігти або зменшити інтенсивність хвилеподібного й оптимізувати швидкість бокового зношування, зокрема з метою не допустити виникнення дефектів контактно-втомного походження, необхідно застосовувати шліфування рейок і їх дозовану лубрикацію, з огляду на правильне сполучення даних технологій.

2.1.2 Дослідження виходу рейок від експлуатаційних факторів

Вихідними даними для проведення дослідження служили дані з таблиць форми ПУ-4 реєстрації виходу рейок на дистанції колії. З форми ПУ-4 було зроблено вибірку. Дана вибірка представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Вихідні дані для аналізу виходу рейок

п/п	завод	тонаж	спуск-, підйом+	план, R	підвищення, h	швидкість
1	А	657	-6,3	п	0	100
2	А	657	6,2	п	0	100
3	А	657	-2,3	1950	50	100
4	А	657	-2,3	1950	50	100

5	A	657	-2,3	1950	50	100
6	A	657	-2,3	1950	50	100
7	A	657	-7,2	п	0	100
8	A	587	-4,2	882	50	100
9	A	657	7	п	0	100
10	A	657	-7,2	п	0	100
11	A	550	5	п	0	80
12	T	727	5,7	п	0	80
13	A	70	Пл	п	0	40
14	T	703	6	п	0	80
15	A	720	4,3	п	0	80
16	T	886	-0,7	790	70	60
17	A	201	9,4	710	80	60
18	A	632	-0,9	1250	60	60
19	A	202	0,9	п	0	80
20	A	354	-8,1	992	90	100
21	T	830	Пл	1000	50	80
22	T	429	5	п	0	25
23	T	429	5	п	0	25
24	A	647	2,6	п	0	15
25	A	698	Пл	п	0	100
26	A	723	5,9	п	0	80
27	A	671	5	709	80	60
28	T	666	0,8	1000	80	100
29	A	723	-0,2	п	0	80
30	A	121	5,2	665	60	100
31	T	698	6,1	п	0	100
32	A	127	3,5	п	0	100
33	T	190	-3,2	4393	60	40
					0053.226503.ДП.2024.001	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					Арк.	
					23	

34	A	311	Пл	п	0	60
35	A	666	Пл	500	80	80
36	T	724	-3,2	510	40	80
37	A	545	-0,5	720	60	80
38	A	723	1,2	п	0	80
39	A	691	-7,1	700	60	50
40	A	702	-5,2	525	60	50
41	A	701	п	1070	40	50
42	A	662	-1,5	500	50	50
43	A	603	-6,3	п	0	100
44	A	603	-4,9	п	0	100
45	A	603	6,2	п	0	100
46	A	603	-4,9	п	0	100
47	A	533	-5,4	п	0	100
48	A	603	-2,6	п	0	100
49	A	603	-6,8	1000	40	100
50	A	603	-6,8	1000	40	100
51	A	603	6,2	п	0	100
52	T	533	-4,5	п	0	100
53	A	485	-4,5	п	0	100
54	A	555	-5	п	0	100
55	A	502	-4	1950	50	100
56	A	502	Пл	960	50	100
57	A	502	-4,9	п	0	100
58	T	751	-3,5	п	0	80
59	A	751	-1	1000	50	80
60	A	751	-6,2	1000	50	80
61	A	363	-3	1040	90	60
62	A	386	-4,9	1040	90	60
					0053.226503.ДП.2024.001	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
					Арк.	
					24	

63	A	386	-5	825	90	100	
64	A	654	-4	646	70	100	
65	A	337	-8,1	995	90	100	
66	A	282	Пл	п	0	60	
67	A	394	-5,4	840	80	100	
68	A	798	-7,6	1000	50	80	
69	A	798	-1,5	п	0	80	
70	A	337	-6,9	995	90	100	
71	A	798	-1,5	п	0	80	
72	A	678	0,2	п	0	100	
73	A	678	0,2	п	0	100	
74	A	646	-7,6	651	90	100	
75	A	646	-7,6	651	90	100	
76	A	589	-5,7	п	0	40	
77	A	430	5,8	п	0	60	
78	A	598	1,6	п	0	40	
79	A	662	-7,6	647	80	100	
80	A	694	-0,4	0	0	100	
81	A	613	-2,8	1150	30	60	
82	A	185	-1,7	509	80	50	
83	A	701	-14,9	430	40	60	
84	T	724	-14,9	430	40	60	
85	K	641	-2,2	555	70	80	
86	A	522	-5,8	п	0	60	
87	A	522	-5,8	905	90	60	
88	A	520	-4,1	п	0	40	
89	A	543	-3,9	910	70	60	
90	ДС	382	-4,7	п	0	100	
91	A	818	1,9	4000	0	80	
				0053.226503.ДП.2024.001			Арк.
							25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис				Дата

92	А	650	Пл	п	0	60
93	А	29	Пл	п	0	60
94	Т	718	Пл	п	0	80
95	А	664	0,3	3000	20	80
96	А	664	4,6	п	0	60
97	А	379	Пл	п	0	60
98	Т	635	Пл	п	0	60
99	А	271	-7,6	п	0	80
100	А	271	-7,6	п	0	80
101	А	422	-3,3	5000	30	60
102	А	373	-5,5	985	60	60

Розглядається вплив таких факторів на вихід рейок: завод виробник, пропущений тонаж до вилучення, крутизна підйому або спуску, кривизна ділянки, підвищення зовнішньої рейки, встановлена швидкість.

Завод виробник.

Всього аналізувалось 102 виходи рейок, з яких 85 рейки заводу Азовсталь, 15 рейок Тагілського металургійного комбінату. На рисунку 2.1 показане процентне співвідношення виходу рейок, з якого видно, що якість загартовування впливає на дефектність рейок.

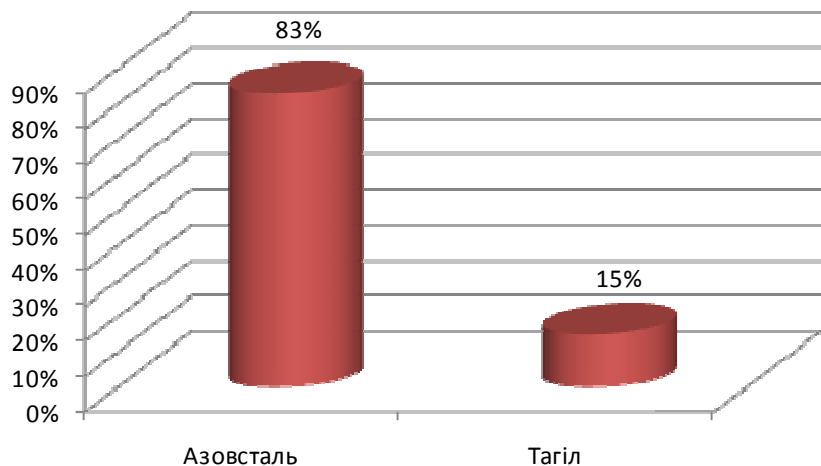


Рисунок 2.1 – Вихід рейок в залежності від заводу-виробника

Пропущений тонаж до вилучення.

Пропущений тонаж, що пропустили по рейках, до їх вилучення спостерігається різний: від 29 до 886 млн т бр. Розіб'ємо пропущений тонаж на діапазони: від 0 до 900 через 100 млн т бр. Запишемо кількість рейок, що вилучена з колії, в кожному діапазоні (таблиця 2.2) та побудуємо графік (рисунок 2.2), з якого видно, що з ростом пропущеного тонажа вихід рейок зростає.

Таблиця 2.2

Кількість рейок, що вилучена з колії, в кожному діапазоні пропущеного тонажу

Пропущений тонаж, млн.т.бр								
0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900
2	4	5	11	5	15	39	18	3



Рисунок 2.2 – Вихід рейок в залежності від пропущеного тонажу

Крутизна підйому або спуску.

З експлуатаційних даних видно, що найбільший спуск -14,9‰, найбільший підйом 9,4‰. Розіб'ємо на п'ять діапазонів, та запишемо вихід рейок в табличному виді (таблиця 2.3). Побудуємо рисунок 2.3, де показано, що рейки виходять частіше на ділянках змінного режиму руху: розгін-гальмування.

Таблиця 2.3

Кількість рейок, що вилучена з колії, в кожному діапазоні крутизни підйому.

Крутизна підйому (+), спуску (-), ‰				
-15...-10	-10...-5	-5...0	0...5	5...10
2	24	34	25	11

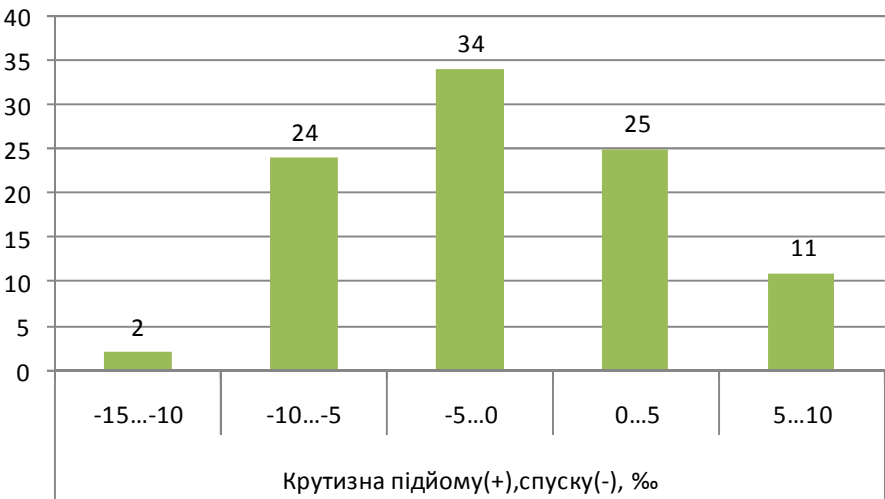


Рисунок 2.3 – Вихід рейок в залежності від крутизни підйому

Радіус кривизни ділянок.

Дослідні рейки були вилучені з прямих та кривих ділянок колії різного радіусу від 430 м до 5000 м. Розіб’ємо радіуси на діапазони: від 400 м до прямої. Запишемо кількість рейок, що вилучена з колії, в кожному діапазоні (таблиця 2.4) та побудуємо графік (рисунок 2.4), який показує, що в прямих та кривих ділянках колії радіусом більше 2000 м рейки відмовляють частіше, ніж в кривих радіусом до 2000 м.

Таблиця 2.4

Кількість рейок, що вилучена з колії, в кожному діапазоні радіусу кривизни ділянки

Радіус кривизни ділянки, м					
400-600	600-800	800-1000	1000-1500	1500-2000	>2000
8	10	16	5	5	58

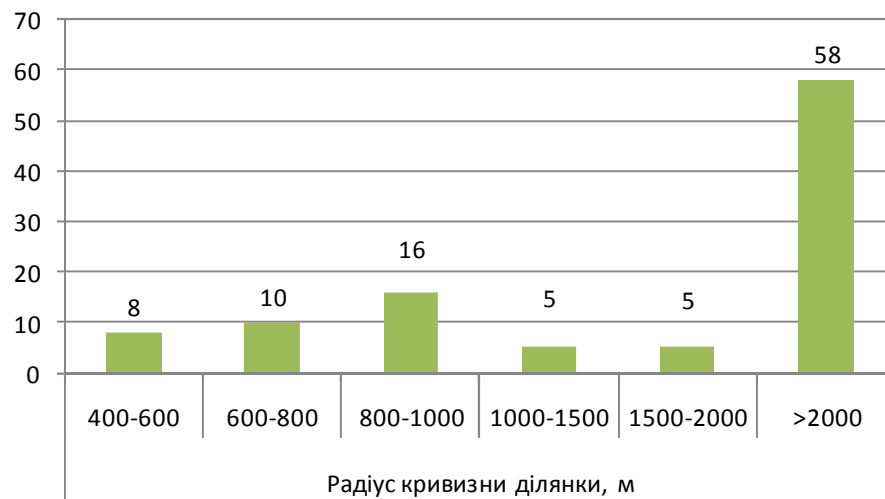


Рисунок 2.4 – Вихід рейок в залежності від радіусу кривої

Підвищення зовнішньої рейки.

Підвищення зовнішньої рейки влаштовується в кривих ділянках колії. Тому проаналізуємо лише криві з ненульовими підвищеннями. За таких умов складемо таблицю виходу рейок в залежності від підвищення (таблиця 2.5) та побудуємо графік (рисунок 2.5), з якого видно, що підвищення зовнішньої рейки не має закономірного впливу на вихід рейок.

Таблиця 2.5

Кількість рейок, що вилучена з колії, в кожному діапазоні підвищення зовнішньої рейки

Підвищення зовнішньої рейки, мм						
20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90
3	6	12	7	4	7	9

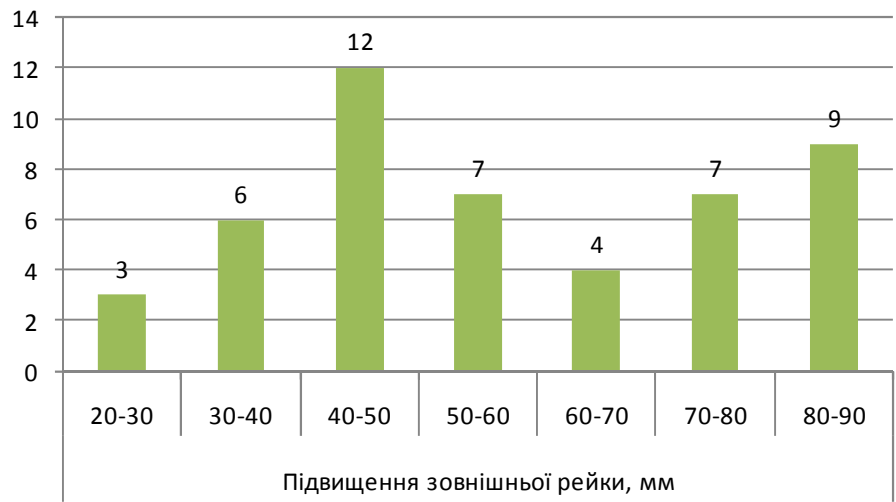


Рисунок 2.5 – Вихід рейок в залежності від підвищення зовнішньої рейки

Швидкість руху поїздів.

Ділянки колії, з яких вилучено рейки, мають встановлену швидкість руху пасажирських поїздів від 15 до 100 км/год. Розглянемо вихід рейок по діапазнам швидкостей (таблиця 2.6) та побудуємо графік (рисунок 2.6), з якого видно, що швидкість руху поїздів пливає на вихід рейок.

Таблиця 2.6

Кількість рейок, що вилучена з колії, в кожному діапазоні швидкості руху поїздів

Швидкість руху поїздів, км/год			
0-25	25-50	50-75	75-100
3	10	22	67

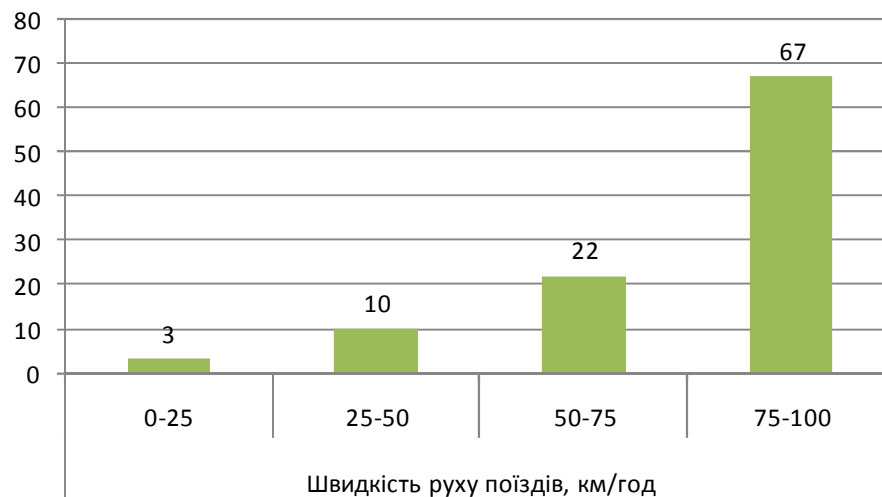


Рисунок 2.6 – Вихід рейок в залежності від швидкості руху поїздів

Висновок: Таким чином, проведені дослідження показали, що на вихід рейок впливає пропущений тонаж та швидкість руху поїздів. Вплив таких факторів як завод-виробник рейок, величина спуску ділянки, радіус кривої, та підвищення зовнішньої рейки мало впливають на вихід рейок.

2.2 Дослідження інтенсивності бокового зношення рейки в кривих

2.2.1 Аналіз літературних джерел з питання бокового зношення рейок в кривих ділянках колії

Основною метою наукового дослідження є виявлення експлуатаційних факторів, що впливають на зношення рейок в кривих. Проблема зношення рейок існує не один десяток років, тому на сьогоднішній день проведено немало досліджень в даному напрямку.

О.С. Ноженко вказує, що знос гребеня колеса і рейки залежить більш ніж від 30-ти чинників [9]. Автор стверджує, що найбільш раціональним методом боротьби зі зносом, що швидко реалізовується, є введення в зону контакту змащувального матеріалу із заданими характеристиками. О.С. Ноженко запропонувала пристрій для змащення гребенів коліс, в якому є ультразвукова обробка змащувально-охолоджувальної рідини, яка дозволяє

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшити розмір частки розпиленої змащувальної рідини, сприяє звукокапілярному ефекту – аномальне глибоке проникнення рідини в капіляри і вузькі щілини, чим знижується шорсткість і температура поверхні гребеня колеса і рейки, внаслідок чого зменшується знос і кількість змащувальної рідини, необхідної для досягнення позитивного ефекту.

Н.В. Омесь провів дослідження характеру зміни ширини колії і бокового зносу рейок в кривих ділянках колії при експлуатації [10]. Автором отримані кількісні оцінки статистичних зв'язків ширини колії з боковим зносом рейок, з однієї сторони, а також з пропущеним тоннажем, радіусом кривої та типом верхньої будови колії – з другої. А саме, встановлені аналітичні функції зміни середніх значень цих параметрів, а також їх розкиданість в залежності від пропущеного тоннажу T . Н.В. Омесь вказує, що на числові значення коефіцієнтів аналітичні функції впливають індивідуальні особливості кожної кривої – конструкція колії, умови експлуатації, об'єм та якість поточного утримання та проміжних ремонтів.

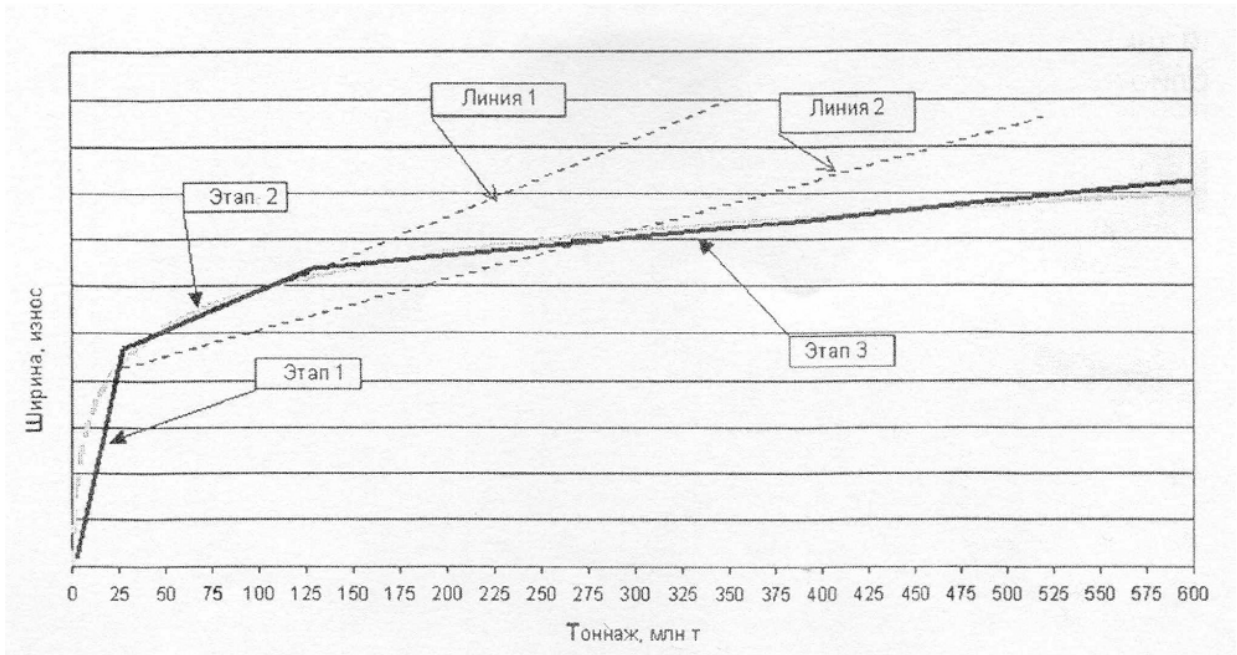


Рисунок 2.7 – Загальний характер зміни ширини колії (номінал 1520 мм) і бокового зносу рейок в кривих (автор Н.В. Омесь)

На етапі 1 експлуатації кривої на інтервалі від 0 до 30-50 млн т пропущеного вантажу інтенсивність зростання параметрів найвища. Наприклад, в кривих радіусом 650 м на залізобетонних шпалах уширення колії досягає $\approx 0,2$ мм/млн. т, а боковий знос підвищується приблизно на 0,06 мм/млн т.

В таких кривих на етапі 2 – від 30-50 млн т до 150-200 млн т та на етапі 3 – від 150-200 млн т до кінця міжремонтного циклу – повільніше зростає і ширина колії – відповідно $\approx 0,032$ та $0,006$ мм / млн т, і боковий знос $\approx 0,013$ та $0,004$ мм / млн т. Замінюють або перекладають рейки, як правило, на етапі 2, що змінює інтенсивність параметрів, особливо бокового зносу рейок.

Достовірність оцінки збільшення ширини колії і бокового зносу суттєво залежить від пропущеного тоннажу. На схемі показані дві лінії – 1 і 2. Перша – це лінійна функція інтенсивності росту параметрів на етапі 2 в інтервалі 40-140 млн т пропущеного вантажу. Друга лінія відповідає інтервалу 20-300 млн т. Саме тому проведені різними спеціалістами дослідження дали суттєво різні оцінки.

Зміна ширини колії і бокового зносу рейок в залежності від радіуса кривої описується функцією $P=b_0 \cdot \exp(b_1 \cdot R)$. Коефіцієнти b_0 та b_1 враховують конструкцію верхньої будови колії та пропущений тоннаж. Ця залежність дозволяє спрогнозувати зміну середніх значень параметрів в кривих радіусом 450 м і менше на залізобетонних шпалах.

Параметри для кривих радіусом 350 і 450 м – прогнозовані. Радіус кривої 550-650 м – межа, обумовлена різницею в характері „поведінки”, а також в значеннях параметрів. В кривих на залізобетонних шпалах, починаючи з радіуса більш ніж 650 м, ширина колії на 1 – 3 мм, а боковий знос на 1-2 мм менші, ніж на дерев`яних шпалах, а в кривих радіусом менше 550 м, навпаки, ці параметри більші – відповідно на 2 – 4 мм та на 1,5 – 2,0 мм. Ширина колії після зміни або перекладення рейок складає 1526 – 1528 мм внаслідок зносу та дефектності болтових скріплень; після пропуску 50 – 100 млн т колія

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

уширюється на 5-7 мм. У подальшому в кривих без зміни рейок і в кривих, де рейки замінили, її ширина практично стає однаковою.

Спостерігається достатньо велике розкидання ширини колії (2,0 – 2,5 мм) і бокового зносу (0,6 – 1,2 мм) як на одній кривій, так і на кривих одного й того ж радіуса, який знаходиться в подібних умовах експлуатації. Уширення колії при однакових вантажонапруженості, структурі поїздопотоків, швидкостях руху, а також при непогашеному прискоренні вантажного поїзда в межах $\pm 0,3$ м/с², в кривих одного радіуса може різнитися на 30-50 %. Іншими словами, якщо ширина колії складає в середньому, наприклад, 1530 мм, то в деяких перетинах кривої вона може бути 1536 мм і більше.

З достатнім для практичного використання ступенем точності можна вважати, що розглянуті параметри, як випадкові величини, мають нормальний закон розподілення. Це дозволяє одержати статистичні оцінки числа кривих, на яких буде перевищено поріг значення параметра після пропуску відповідного тоннажу. Так, не менше ніж в 25 % кривих як на залізобетонних, так і на дерев'яних шпалах ширина колії більш 1542 мм буде: при радіусі 550 м – після пропуску 250- 300 млн т, при радіусі 650 м – після пропуску 300 – 350 млн т.

Не менше ніж у 5 % кривих ширина колії буде більш 1542 мм: на залізобетонних шпалах при радіусі 850 м – після пропуску 400 – 450 млн т, на дерев'яних шпалах при радіусі 850 м – після пропуску 200 – 250 млн т. Що стосується бокового зносу, то в безстиковій колії на залізобетонних шпалах в 5 % кривих радіусом 550-650 м після пропуску 300-350 млн т є відрізки довжиною близько 2 м, де знос більш 15 мм, а в кривих радіусом більш 850 м знос не перевищує 15 мм впродовж всього міжремонтного циклу (він може бути більшим тільки в особливо важких умовах експлуатації).

Таким чином, Н.В. Омесь в своїх дослідженнях вказує, що на інтенсивність зношення бічної поверхні голівки рейки, окрім пропущеного тоннажу та радіуса кривої, найголовніший вплив чинить ширина колії.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шраменко В.П. виконував дослідження надінтенсивного зносу рейок внутрішньої нитки [11]. Автор стверджує, що для суттєвого уповільнення процесів зносу взаємодіючих елементів колії і рухомого складу необхідно встановити, де відбулась зміна технічних характеристик у системі колесо-рейка і якими факторами необхідно керувати, щоб з найменшими витратами вирішити завдання, оскільки застосування тільки лубрикації не усуває першопричини розвитку зносу.

Автором було складено алгоритм і виконані розрахунки з різними значеннями радіусів, шириною рейкової колії, підвищенням рейкових ниток і шириною колісної пари.

За результатами розрахунків встановлено, що збільшення ширини колії зменшує можливі терміни служби рейок за зносом, оскільки в кривих з великою шириною колії, по-перше, менша допустима величина зносу; по-друге, через великий кут набігання (до 4 град) при малих швидкостях завжди більша величина інтенсивності зносу рейок. Більш ефективними заходами для зниження величини бокового тиску гребеня на рейку внутрішньої рейкової нитки є регулювання не ширини колії, а величини підвищення рейкової нитки.

Через невдалі спроби збільшення швидкості руху вантажних і пасажирських поїздів в 70-і роки до 90–100 км/год, що не могли бути реалізовані на 95% полігону залізниць, сьогодні зустрічаються криві з надлишковим підвищенням. При урахуванні дії перевантаження рейкових ниток, викликаного наявністю надлишкового підвищення в кривих, величина бокового тиску, особливо з урахуванням динамічних добавок, значно збільшується.

Таким чином, Шраменко В.П. стверджує, що лубрикація рейок і змащування гребенів – це затратний метод неефективної боротьби зі зносом гребенів коліс і рейок, оскільки на поверхні намагніченої рейки в умовах її змащування утворюється абразивний шар, що складається із металевого пилю і неорганічних компонентів (піску із локомотивних пісочниць), які

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компенсують змащувальний ефект і не дозволяють досягнути більше подвійного зниження інтенсивності бокового зносу рейок і коліс. Найбільш ефективним заходом ліквідації процесу надінтесивного бокового зносу гребеня коліс і рейок на сьогоднішній день є обов'язкове розвертання локомотивів і маршрутних вантажних поїздів.

Потапов Д.О. провів розрахунок інтенсивності зношування рейок (вертикального та бокового) залежно від пропущеного тоннажу $T - i_v$ и i_b , мм/10 млн т бруто [12]. Графічна ілюстрація наведена на рис. 2.8.

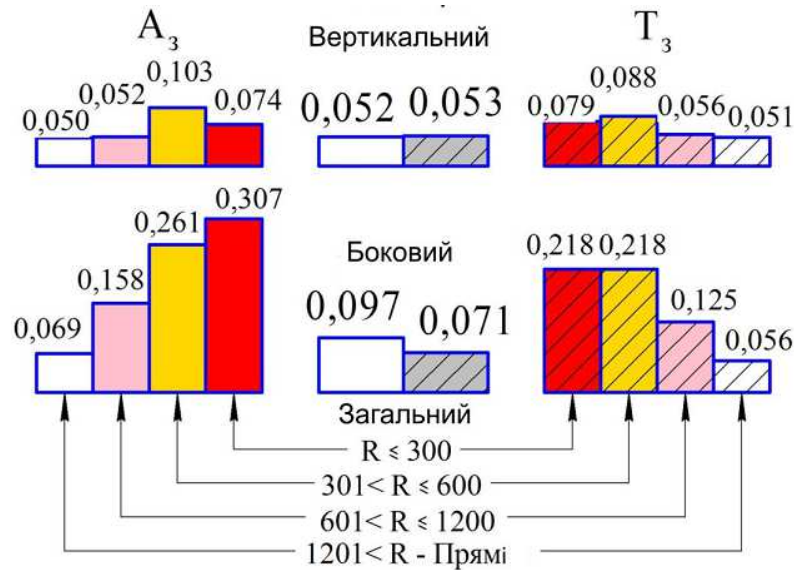


Рисунок 2.8 – Інтенсивність вертикального i_v та бокового зносу i_b рейок з термічною обробкою виробництва ВАТ «Азовсталь» та Нижньо-Тагільського комбінату

Інтенсивність вертикального зносу рейок ВАТ «МК«Азовсталь» без термічної обробки на 19,2% вище, ніж для рейок з термічною обробкою поверхні кочення, бокового зносу – приблизно однакова. При величині зносу вище 5-9 мм фізико-механічні властивості рейкової сталі цих рейок приблизно однакові.

В кривих ділянках радіусом до 300 м інтенсивність бокового зносу i_b для рейок виробництва МТК «Азовсталь» з термічною обробкою поверхні кочення вище на 40%, ніж рейок виробництва Нижньо-Тагільського

комбінату з термічною обробкою головки рейки. Для всіх рейок з термічною обробкою інтенсивність бокового зносу за елементами плану зменшується пропорційно величині радіуса кругової кривої.

Інтенсивність бокового зносу рейок виробництва МТК «Азовсталь» в кривих ділянках з радіусом до 300 м вища на 40% у порівнянні з рейками виробництва Нижньо-Тагільського комбінату.

2.2.2 Дослідження бокового зношення рейок в кривих ділянках колії

Вихідні дані для розрахунків включають величини бічного зношення, пропущений тонаж, радіус кривизни, підвищення зовнішньої рейки.

Проведемо аналіз впливу пропущеного тонажу на зношення бічної поверхні голівки. Розділимо всі дані на діапазони радіусів 200-299 м, 300-399 м, 400-499 м, 500-649 м, 650-799 м, 800-999 м, 1000-1200 м. Інтенсивність бічного зношення визначається як відношення величини бічного зношення до пропущеного тонажу. Розраховано інтенсивність бічного зношення для кожної кривої. В кінці таблиць записано середнє значення. В таблицю 2.7 зведено середні значення інтенсивності для кожного діапазону радіусів. На рис. 2.9 побудовано діаграму розподілення інтенсивності по діапазонам радіусів.

Таблиця 2.7

Середні значення інтенсивності бічного зношення, мм/млн. т бр

Діапазони радіусу кривих, м						
200-299	300-399	400-499	500-649	650-799	800-999	1000-1200
0,147	0,117	0,102	0,097	0,090	0,089	0,081

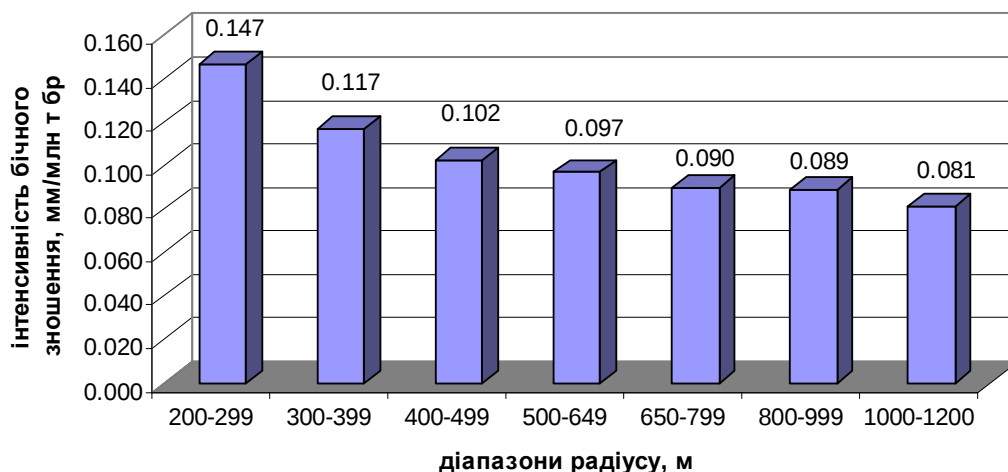


Рисунок 2.9 – Діаграма розподілення інтенсивності по діапазонам радіусів

Зі збільшенням радіуса кривої інтенсивність зношення бокової поверхні голівки рейки зменшується. При збільшенні радіуса в 4,4 раз інтенсивність падає в 1,8 раз. Але ці висновки зроблені по середнім даним, які від результатів інших дослідників відрізняються в 1,5-2 рази при радіусах менше 600 м. При більших радіусах результати подібні. Причиною цього є великий розкид значень вихідних даних по відношенню до розрахованого середнього.

На рис. 2.10-2.16 для різних діапазонів радіусу показано розкид значень зношення від пропущеного тонажа, та проведено лінію розрахованої середньої інтенсивності зношення. Ординати точки середньої лінії визначаються як добуток середньої інтенсивності на пропущений тонаж.

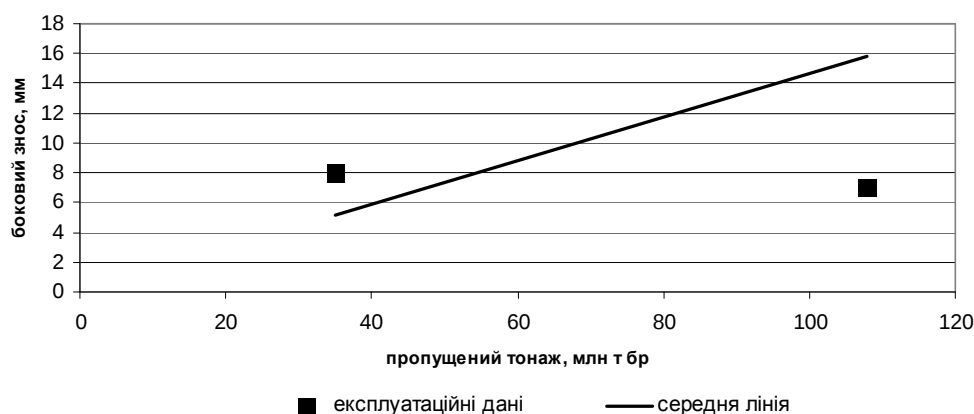


Рисунок 2.10 – Боковий знос в залежності від пропущеного тоннажу при радіусі R=200-299 м

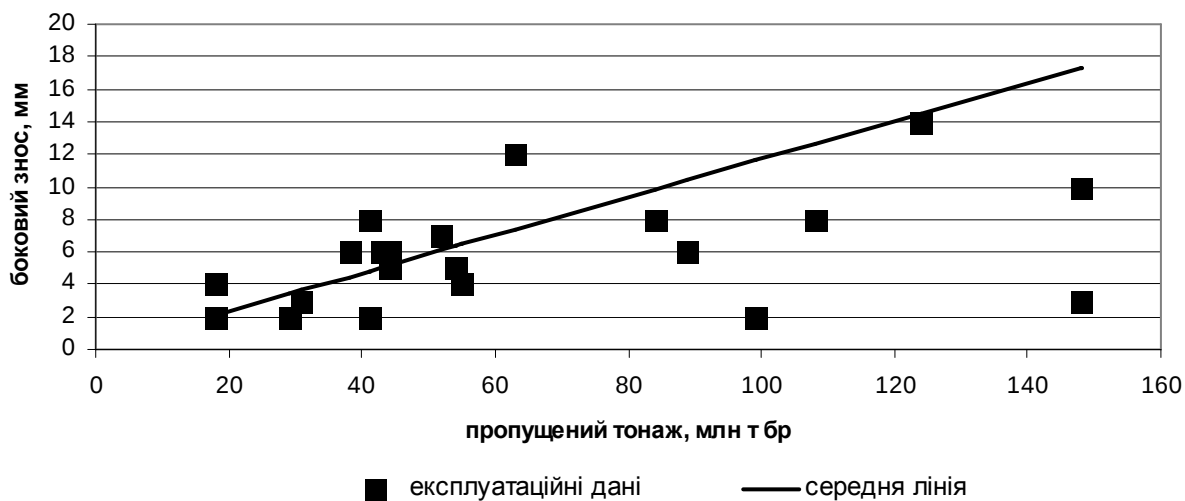


Рисунок 2.11 – Боковий знос в залежності від пропущеного тоннажу при радіусі R=300-399 м

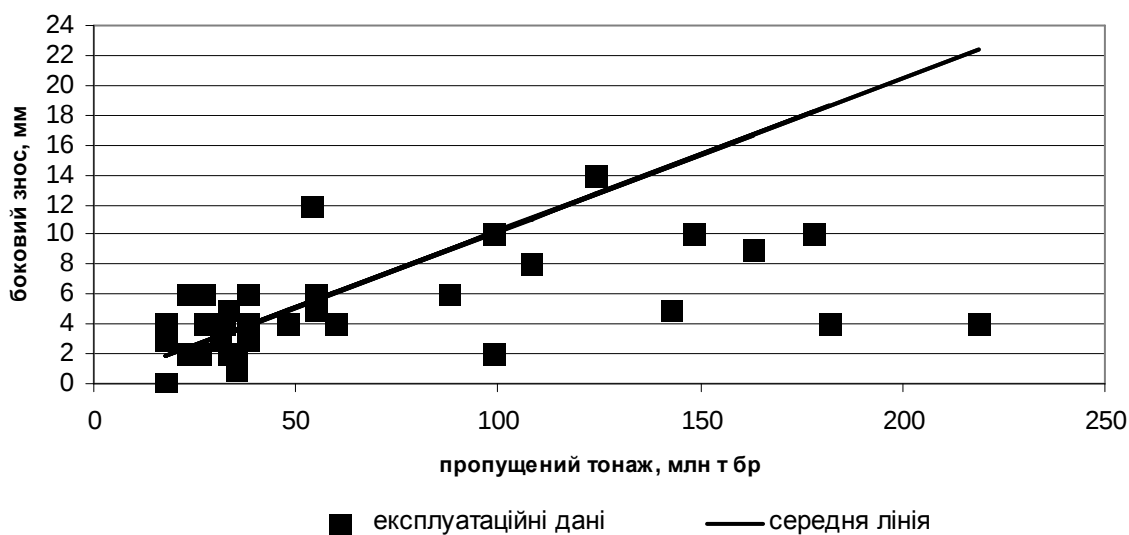


Рисунок 2.12 – Боковий знос в залежності від пропущеного тоннажу при радіусі R=400-499 м

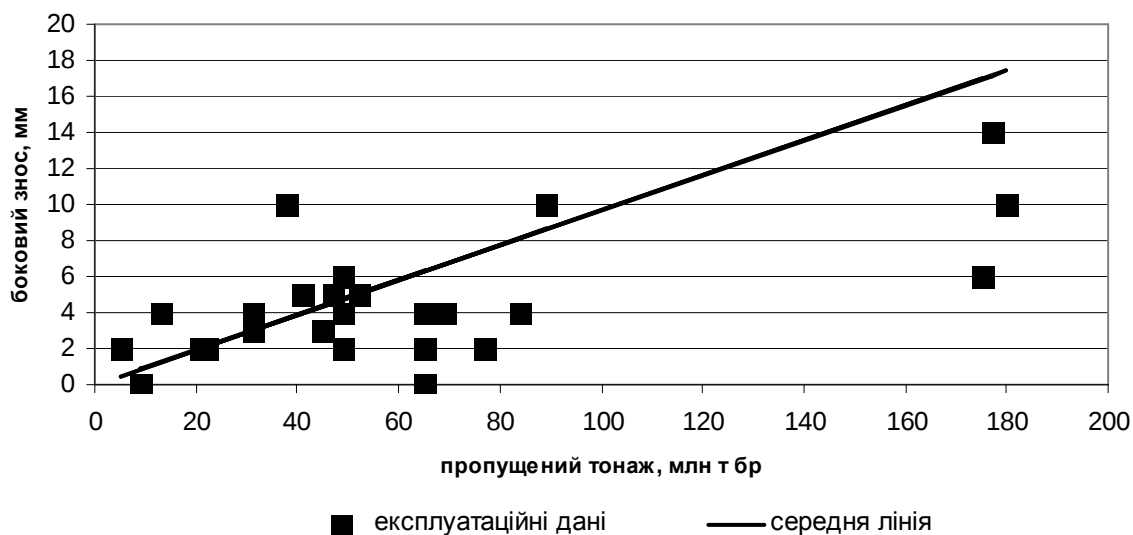


Рисунок 2.13 – Боковий знос в залежності від пропущеного тоннажу при радіусі R=500-649 м

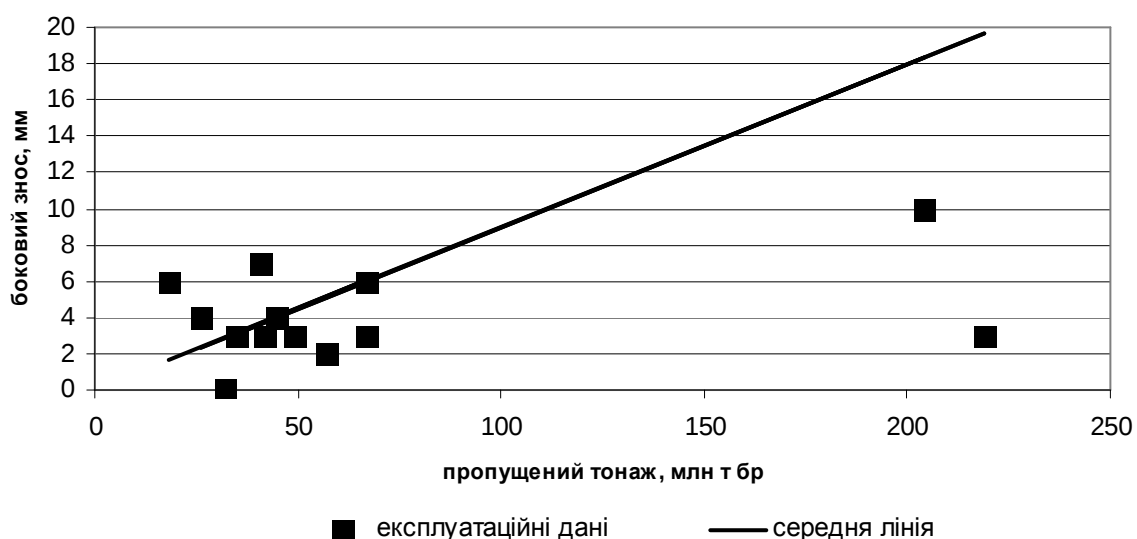


Рисунок 2.14 – Боковий знос в залежності від пропущеного тоннажу при радіусі R=650-799 м

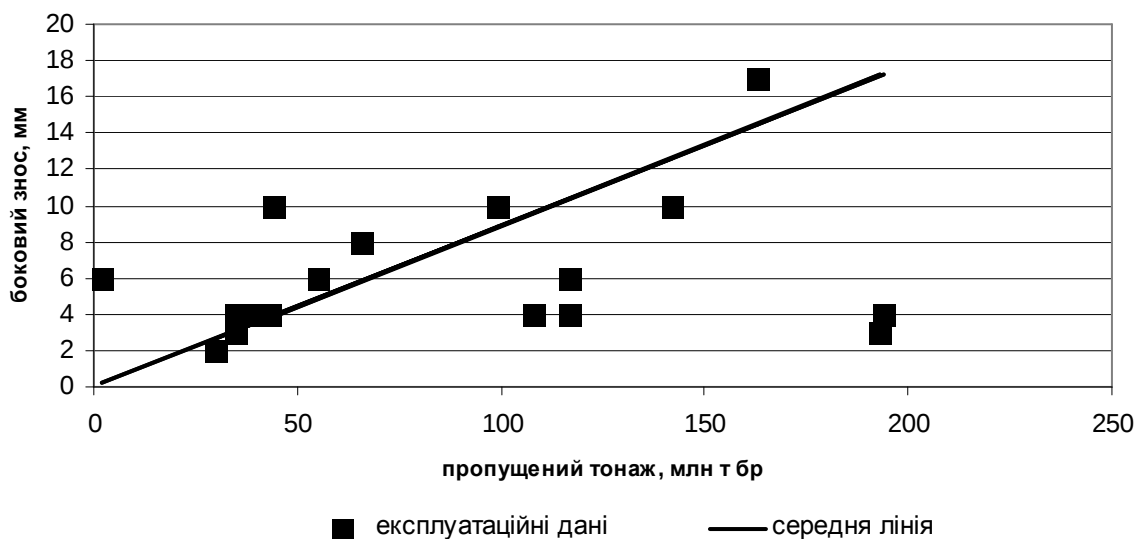


Рисунок 2.15 – Боковий знос в залежності від пропущеного тоннажу при радіусі R=800-999 м

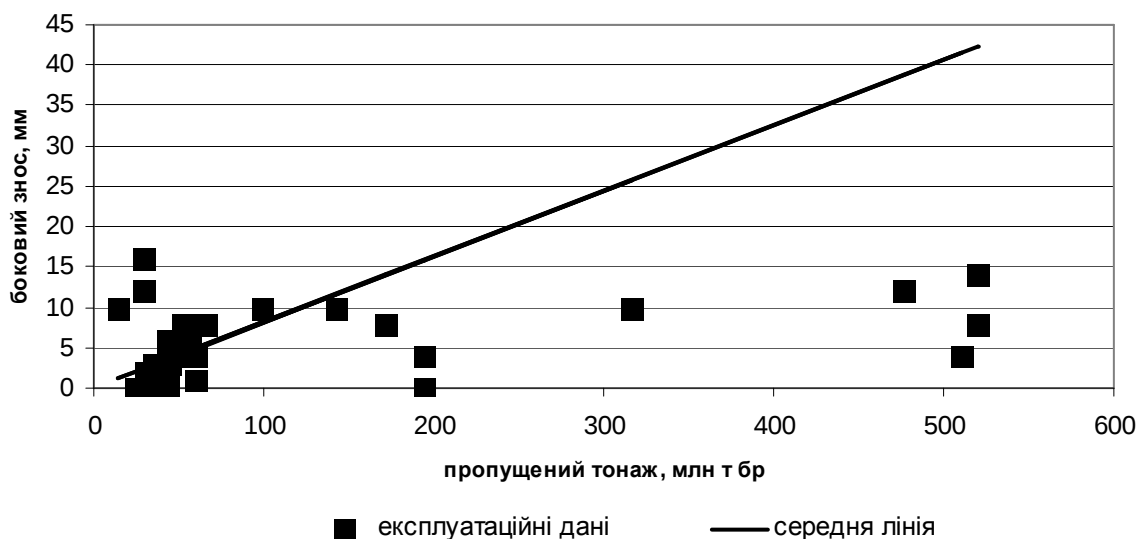


Рисунок 2.16 – Боковий знос в залежності від пропущеного тоннажу при радіусі R=1000-1200 м

Аналіз графіків та вихідних даних, що представлені на рис. 2.10 – рис. 2.16 показує, що процес зношення залежить від пропущеного тоннажу, але тонаж – це не основний чи вирішальний фактор. Існують інші фактори, що роблять розкид точок значним.

Очевидним є те, що середня лінія найкраще описує набір точок при пропущеному тоннажі, до 80 млн т бр. При пропущеному тоннажі більше 80 млн т бр середня лінія повинна проходити більш полого. Ця межа наступає після зношення величиною 6-8 мм незалежно від радіусу кривої. При цьому змінювалося два фактори: ширина колії та форма голівки. В усіх розглянутих кривих норми ширини колії різні: від 1520 мм до 1540 мм, а картина зміни інтенсивності однакова. Тому ширина колії не може суттєво впливати на процес зношення. Отже, причиною спадання інтенсивності зношення бічної поверхні рейки є зміна самої форми голівки рейки.

Залишається питання: що впливає на розкид точок? Для відповіді треба дослідити вплив інших факторів. Може впливати швидкість руху поїздів. Але згідно вихідних даних є криві, які мають однакові радіуси, пропущений тонаж, лежать одна від одної на відстані не більше 300 м, але мають різні величини бічного зношення. Швидкість руху поїздів на такій короткій відстані змінитися не могла, тому швидкість – це не причина розкиду точок. Різним для таких кривих є підвищення зовнішньої рейки.

Для дослідження впливу підвищення зовнішньої рейки на інтенсивність зношення рейок складемо таблицю 2.8 та 2.9 для діапазону радіусу 400-499 м та 300-399 м. Дані розподілимо по діапазонах підвищення зовнішньої рейки. Крок діапазону підвищення зовнішньої рейки приймемо рівним 10 мм. Для кожного діапазону підвищення знайдемо середню інтенсивність бічного зношення. На рис. 2.17 та 2.18 побудовано графік залежності величини інтенсивності бічного зношення від підвищення зовнішньої рейки.

Таблиця 2.8.

Значення інтенсивності бічного зношення, мм/млн. т бр, при радіусу 400-499 м

Діапазони підвищення зовнішньої рейки, мм					Арк. 42
60-69	70-79	80-89	90-99	100-109	
0,17	0,1	0,09	0,26	0,09	
0,17	0,22	0,22	0,03	0,07	
0,22	0,08	0	0,08	0,02	
0,16	0,15	0,11	0,02		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

0,06	0,13	0,07		
0,06	0,11	0,07		
0,11	0,11	0,02		
0,06	0,06			
0,03	0,07			
0,1	0,07			
	0,07			
<i>середнє 0.114</i>	<i>середнє 0.106</i>	<i>середнє 0.083</i>	<i>середнє 0.098</i>	<i>середнє 0.060</i>

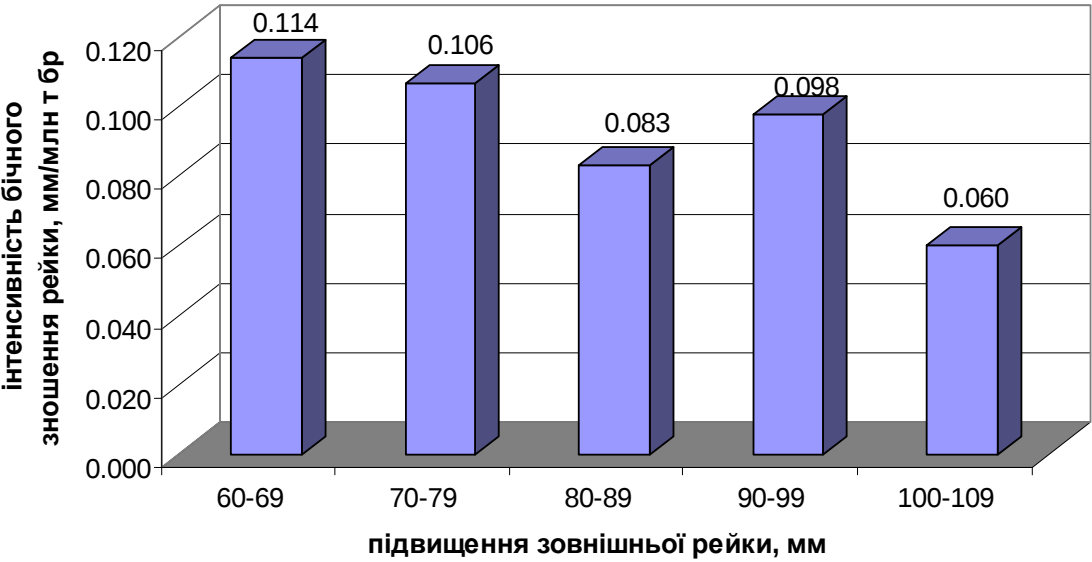


Рисунок 2.17 – Діаграма розподілення інтенсивності по діапазонам підвищень зовнішньої рейки при радіусу 400-499 м

Таблиця 2.9

Значення інтенсивності бічного зношення, мм/млн. т бр, при радіусу 300-399 м

Діапазони підвищення зовнішньої рейки, мм				
60-69	70-79	80-89	90-99	100-109
0,16	0,11	0,07	0,14	
0,05	0,1	0,2	0,13	
0,14	0,1	0,11	0,07	
0,09	0,07	0,09		
0,19	0,07	0,11		
		0,11		
		0,11		
<i>середнє 0,126</i>	<i>середнє 0,090</i>	<i>середнє 0,114</i>	<i>середнє 0,113</i>	

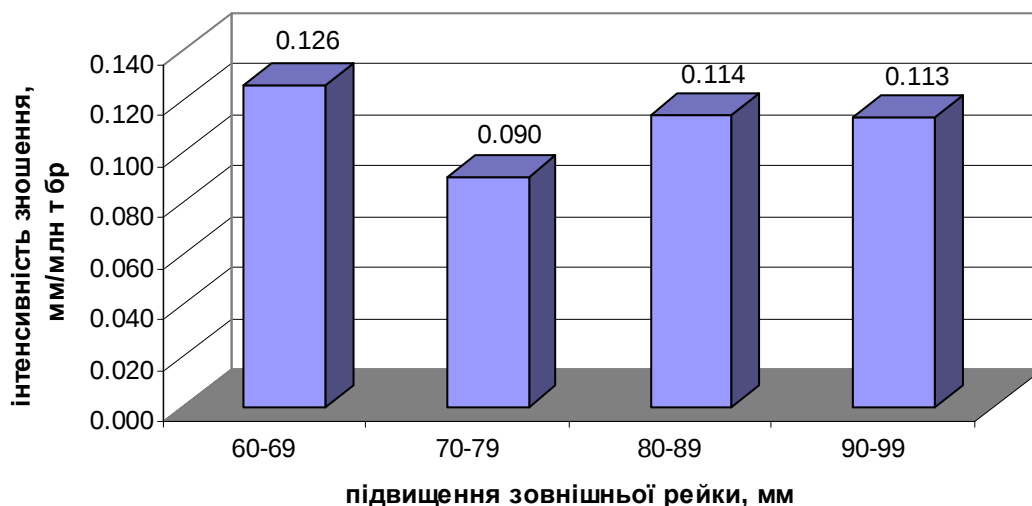


Рисунок 2.18 – Діаграма розподілення інтенсивності по діапазонам підвищень зовнішньої рейки при радіусу 300-399 м

Таким чином, зношення бічної поверхні голівки рейки залежить від пропущеного тоннажу. При пропущеному тоннажу більше 80 млн т бр інтенсивність зменшується в декілька раз. Радіус кривої впливає на інтенсивність бічного зношення за оберненою пропорційністю. При збільшенні радіуса в 4,4 раз інтенсивність падає в 1,8 раз. Збільшення підвищення зовнішньої рейки на кожні 10 мм в середньому зменшує інтенсивність бічного зношення на 0,007 мм/млн. т бр.

2.3 Статистичні порівняння строків служби рейок в кривих і швидкостей

Метою дослідження є статистичне порівняння строків служби рейок на кривих і швидкостей руху поїздів.

Для проведення дослідження були використані наступні методи та матеріали:

- аналіз статистичної інформації про строки служби рейок на кривих і швидкостях руху поїздів;
- виконання статистичних розрахунків для порівняння строків служби рейок на кривих і швидкостях руху поїздів;

- статистична інформація про строки служби рейок на кривих і швидкостях руху поїздів;
- статистичні таблиці і графіки.

У результаті дослідження було встановлено, що строки служби рейок на кривих зменшуються зі збільшенням швидкостей руху поїздів. Це пов'язано з тим, що на кривих рейки піддаються більшим навантаженням, ніж на прямих ділянках.

Для порівняння строків служби рейок на кривих і швидкостях руху поїздів необхідно використати наступні статистичні розрахунки:

- розрахунок середнього строку служби рейок на кривих для різних швидкостей руху поїздів;
- розрахунок середнього квадратичного відхилення строків служби рейок на кривих для різних швидкостей руху поїздів;
- розрахунок коефіцієнта варіації строків служби рейок на кривих для різних швидкостей руху поїздів.

Результати розрахунків показали, що середній строк служби рейок на кривих зменшується зі збільшенням швидкостей руху поїздів. Так, для швидкості руху 60 км/год середній строк служби рейок становить 10 років, для швидкості руху 80 км/год - 8 років, а для швидкості руху 100 км/год - 6 років.

Середнє квадратичне відхилення строків служби рейок на кривих також збільшується зі збільшенням швидкостей руху поїздів. Це означає, що при збільшенні швидкостей руху поїздів строки служби рейок на кривих стають більш непередбачуваними.

Коефіцієнт варіації строків служби рейок на кривих також збільшується зі збільшенням швидкостей руху поїздів. Це означає, що при збільшенні швидкостей руху поїздів строки служби рейок на кривих стають більш мінливими.

На підставі отриманих результатів дослідження можна зробити наступні висновки:

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- строки служби рейок на кривих зменшуються зі збільшенням швидкостей руху поїздів.

Це пов'язано з тим, що на кривих рейки піддаються більшим навантаженням, ніж на прямих ділянках.

Для зменшення впливу швидкостей руху поїздів на строки служби рейок на кривих необхідно впроваджувати заходи щодо зниження навантаження на рейки на кривих ділянках:

- зменшення радіуса кривих;
- збільшення швидкості руху поїздів на прямих ділянках;
- використання рейок з підвищеною міцністю;
- використання ефективних систем стикування рейок;
- впровадження таких заходів дозволить продовжити строки служби рейок на кривих і забезпечити безпеку руху поїздів.

Дане дослідження є важливим для розуміння впливу швидкостей руху поїздів на строки служби рейок на кривих. Результати дослідження показують, що зі збільшенням швидкостей руху поїздів строки служби рейок на кривих зменшуються. Це пов'язано з тим, що на кривих рейки піддаються більшим навантаженням, ніж на прямих ділянках.

Також служба рейок на кривих залежить від багатьох факторів, зокрема від радіуса кривизни, швидкості руху поїздів, типу рейок та умов експлуатації.

Радіус кривизни: чим менший радіус кривизни, тим більша сила інерції, що діє на рейки, і тим швидше вони зношуються. За даними досліджень, строк служби рейок на кривих з радіусом менше 300 метрів становить близько 10 років, на кривих з радіусом 300-600 метрів - близько 15 років, а на кривих з радіусом більше 600 метрів - близько 20 років.

Швидкість руху поїздів: чим більша швидкість руху поїздів, тим більша сила інерції, що діє на рейки, і тим швидше вони зношуються. За даними досліджень, строк служби рейок на кривих при швидкості руху поїздів до 100 км/год становить близько 20 років, при швидкості руху від 100

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до 120 км/год - близько 15 років, а при швидкості руху понад 120 км/год - близько 10 років.

Таблиця 2.10

Строки служби рейок на кривих з різним радіусом кривизни

Радіус кривизни, м	Тип рейок	Строк служби, років
< 300	Старого зразка	10
300-600	Старого зразка	15
> 600	Старого зразка	20
< 300	З високим профілем	25
300-600	З високим профілем	30
> 600	З високим профілем	35

Таблиця 2.11

Строки служби рейок на кривих при різних швидкостях руху поїздів

Швидкість руху поїздів, км/год	Тип рейок	Строк служби, років
До 100	Старого зразка	20
Від 100 до 120	Старого зразка	15
Понад 120	Старого зразка	10
До 100	З високим профілем	25
Від 100 до 120	З високим профілем	30
Понад 120	З високим профілем	35

Тип рейок: сучасні рейки з високим профілем і високим змістом легованих сталей мають більший ресурс служби, ніж рейки старого зразка. За

даними досліджень, строк служби рейок з високим профілем становить близько 25 років, а рейок старого зразка - близько 15 років.

Умови експлуатації: несприятливі умови експлуатації, такі як часті температурні перепади, підвищена вологість, агресивні середовища, прискорюють зношування рейок. За даними досліджень, строк служби рейок в умовах підвищеної вологості становить близько 10 років, а в умовах агресивних середовищ - близько 5 років.

Приклади

Наприклад, на кривій з радіусом 300 метрів при швидкості руху поїздів 100 км/год строк служби рейок старого зразка становить близько 15 років, а рейок з високим профілем - близько 25 років.

Узагальнюючи вищенаведену інформацію, можна зробити висновок, що строк служби рейок на кривих залежить від багатьох факторів, але в цілому він становить від 10 до 25 років.

З ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ БІЧНОГО ЗНОСУ РЕЙОК ТА НЕПОГАШЕНОГО ПРИСКОРЕННЯ

3.1 Технічна характеристика стану ділянки колії Одеської залізниці

Миколаївська область розташована на півдні України. На півночі регіон межує з Кропивницькою областю, на сході - з Дніпропетровською областю, на заході - з Одеською областю, на півдні - з Херсонською областю.



Рисунок 3.1 – Схема регіональної філії «Одеська залізниця»

У Миколаївській області помірно-континентальний клімат з м'якою малосніжною зимою. Середньорічні температури: літня $+23^{\circ}\text{C}$, зимова -4.5°C . Максимальна літня температура, яка спостерігалася $+42^{\circ}\text{C}$, зимова -15°C . Кількість опадів за рік становить приблизно 330 мм. висота снігового покриву 9-11 см. Природні та кліматичні умови області сприятливі для інтенсивного високоефективного розвитку сільського господарства.

По території області протікають 85 річок завдовжки понад 10 км. Головною рікою, що перетинає територію області з північного заходу на південний схід є Південний Буг з притоками Інгул, Кодима та інші. На сході області протікає приток Дніпра – Інгулець. В межах області споруджено багато ставків та водосховищ, загальною площею водного дзеркала понад 13

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тис. гектарів. Річки і ставки використовуються в основному для зрошування сільськогосподарських рослин та рибництва.

Серед зональних типів ґрунтів на півночі області переважають чорноземи звичайні, на півдні – чорноземи південні, каштанові і темно-каштанові.

Адміністративно область поділена на 19 районів. В області налічується 5 міст обласного підпорядкування, 17 селищ міського типу та понад 908 сільських населених пунктів

Миколаївська область – це високорозвинутий, індустріальний регіон республіки і визначається потужною, багатогалузевою промисловістю, яка має дуже важливе значення в структурі народногосподарського комплексу України.

В Миколаївській області функціонує потужна транспортна система, до складу якої входить залізничний, морський, річний, автомобільний, авіаційний та трубопровідний транспорт.

З давніх часів територія регіону була одним із важливих центрів міжнародних економічних і транспортних зв'язків, через який проходять залізничні, автомобільні і трубопровідний міжнародні коридори.

В Миколаївській області сконцентрувалися всі потенційно привабливі умови розвитку комплексного транспортного вузла:

- привабливе географічне положення регіону;
- могутня багатогалузева промисловість;
- розгалужена транспортна система;
- розвинене портове господарство, які обумовлюють її стратегічне значення для розвитку економіки України

До складу залізничного транспорту входять локомотивне та вагонне депо, залізничні станції, підпорядковані Одеській залізниці, Ольшанське міжгалузеве підприємство промислового залізничного транспорту. Експлуатаційна довжина магістралей залізничних колій загального користування складає 0,7 тис.км. Потужність залізничного вузла “Миколаїв”

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

по переробці вантажів складає 800 вагонів за добу, у тому числі станція Кульбакіно цілодобово може здійснювати 20 повних операцій по переробці контейнерів.

Через область проходять такі міжнародні залізничні транспортні коридори:

Євроазіатський із проходженням по Україні: Херсон – Миколаїв – Одеса;

ЧЕС із проходженням по Україні: Рені – Ізмаїл – Одеса – Колосівка – з відгалуженням Колосівка – Миколаїв – Херсон – Чаплине – Бердянськ.

Ділянка Херсон- Апостолове в знаходиться в межах Одеської залізниці, відноситься до ВП Каховська дистанція колії, ПЧ-16. Ділянка довжиною 147,1 км. Ділянка налічує 12 проміжних станцій (Херсон Східний, Галаганівка, Снігурівка, Туркули, Калініндорф, Березнігувате, Лепетиха Біла Криниця, Новодмитрівський, Блакитне, Високопілля, Дубки)

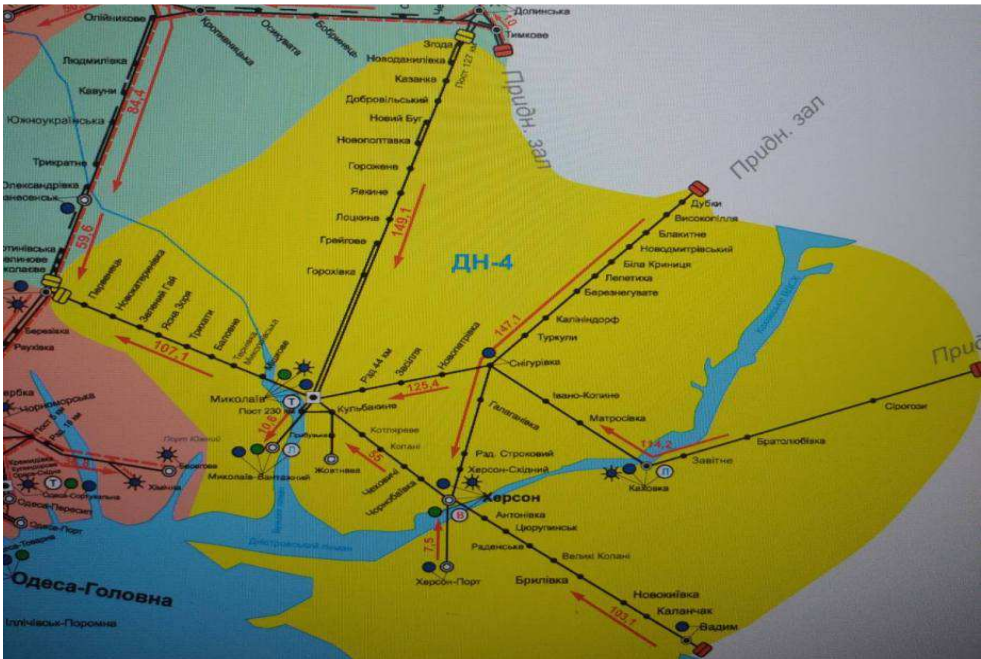


Рисунок 3.2 – Схема розміщення станцій Миколаївської області

На даній ділянці обертаються локомотиви серії 2ТЕ10М з відповідними масами 1100 т. пасажирські поїзди та 4600 т. вантажні поїзди.

Вантажонапруженість 15.4 млн. т. км. брутто/км за рік. Ділянка

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

неелектрифікована, обладнана автоблокуванням, електричною централізацією стрілок. Рейки Р65 на з/б шпалах., безстикова колія. Тип рейкового скріплення - КБ. Баласт щебеневий 30-35 см, пісок 20 см. Між колійний габарит від 4,10 м до 5,35 м

Основними показниками, якими характеризується ділянка є параметри плану та поздовжнього профілю. На напрямку Апостолове-Херсон переважними є ділянки з ухилами крутістю від 6 до 8‰. Їхня довжина складає близько 36%. Ухили крутістю від 0... 2‰ мають 23% від загальної довжиги, ухили крутістю від 2...4‰, 4.. 6‰ та від 8... 10‰,10...12‰, 12...14‰ мають довжину з невеликою різницею та займають від 6% до 10% відсотків довжині ділянки.

3.2 Аналіз даних технічного стану кривих ділянок колії Одеської залізниці

В таблиці 3.1 представлено дані щодо бічного зносу, пропущеного тоннажу, радіуса, встановленої швидкості, та підвищення для рейок, що були вилучені по причині граничного бічного зношення. Розраховано інтенсивність зношення.

Таблиця 3.1

Розрахунок інтенсивності зношення дослідних кривих

Перегін КМ, ПК	бічний знос,мм	пропущений тоннаж, млн.т.бр.	радіус, м	встановлена швидкість, км/год	підвищення зовнішньої рейки, мм	непогашене прискорення, м/с ²	встановлена швидкість вантажних, км/год	інтенсивність зносу, мм/млн т бр
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ст. Первомайськ-на-Бузі 141км ПК9-142км ПК4 однок.	20	435	330,00	60/50	60	0,22	50	0,046
Пост 142км-Орлик парна, 146км ПК5-147км ПК5	17	650	525	90/75	85	0,31	75	0,026
Пост 142км-Орлик парна, 142км ПК6-143км ПК7	17	650	595	90/75	60	0,36	75	0,026

ст. Чубівка непарна 1333км пк4-1334км пк1	16	324	992	100/80	50	0,19	80	0,049
Жеребкове-Заплази непарна 65км пк 2-8	17	512	638	100/80	70	0,34	80	0,033
Кінецьпіль-Первомайськ- на-Бузі непарна 135км пк 2-8	16	557	638	90/70	60	0,22	70	0,029
Кінецьпіль-Первомайськ- на-Бузі непарна 139км пк 6-10	20	477	496	60/50	80	-0,10	50	0,042
Балта-Пост 26км парна 23км пк9-24км пк8	17	543	638	100/80	70	0,34	80	0,031
Жеребкове-Заплази парна 54км пк9-55км пк10	16	512	893	100/80	60	0,19	80	0,031
Кантемир - Кулевча 121км пк1-4	17	199	605	100/80	80	0,33	80	0,085
Шабо - Білгород- Дністровський 80км пк6 - 81км пк1	17	123,4	442	60/60	60	0,26	60	0,138
Арциз - Давлет-Агач 9км пк7-9	17	149	315	60/60	95	0,30	60	0,114
Арциз - Давлет-Агач 8км пк2-3	17	149	312	60/60	80	0,40	60	0,114
Кантемир - Кулевча 105км пк4-5	16	230	649	90/75	80	0,18	75	0,070
Шабо - Білгород- Дністровський 81км пк1-4	18	68,3	370	60/60	60	0,38	60	0,264
Арциз - Давлет-Агач 14км пк2-8	17	157	649	60/60	70	0,00	60	0,108
Арциз - Давлет-Агач 11км пк8 -12км пк4	17	180	645	60/60	75	-0,03	60	0,094
Кулевча - Сарата 142км пк4-7	17	234,2	642	90/80	85	0,25	80	0,073
Кантемир - Кулевча 119км пк1-3	15	228,6	800	100/80	75	0,16	80	0,066
Кантемир - Кулевча 119км пк3-8	17	228,3	649	100/80	95	0,18	80	0,074
Кантемир - Кулевча 118км пк8-9	17	228,6	616	100/80	90	0,25	80	0,074
Кантемир - Кулевча 118км пк3-6	17	230,5	649	100/80	80	0,27	80	0,074
Кантемир - Кулевча 115км пк8-9	17	238	649	100/80	90	0,21	80	0,071
Арциз - Давлет-Агач 10км пк1-2	17	187,3	500	60/60	85	0,03	60	0,091
Арциз - Давлет-Агач 9км пк5-6	17	187,3	446	60/60	75	0,16	60	0,091
Кантемир - Кулевча 107км пк1-3	17	246	649	100/80	85	0,24	80	0,069
Барабой - Кароліна-Бугаз 41км пк5-9	17	408	1267	100/80	55	0,05	80	0,042
Бугаз - Шабо 65км пк8 - 66км пк3	18	391	645	100/80	90	0,21	80	0,046
Арциз - Давлет-Агач 11км пк4-8	18	222	640	60/60	55	0,10	60	0,081
Кантемир - Кулевча 110км пк6 - 112км пк1	18	300	642	100/80	85	0,25	80	0,060
Кантемир - Кулевча 105км пк1-5	16	300	642	90/75	80	0,10	70	0,053
Кулевча - Сарата 124км пк9 - 125км пк5	17	293	640	90/80	80	0,28	80	0,058

					0053.226503.ДП.2024.001			Арк.
								53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Кулевча - Сарата 137км пк10 - 138км пак9	18	278	640	90/80	80	0,28	80	0,065
Кулевча - Сарата 138км пк10 - 139км пак10	17	278	630	90/80	90	0,23	80	0,061
Шаласька-Гордишівка 173 км ПК 6- 174 км ПК 2	19	548,9	638	60	55	0,10	60	0,035
Ладижин-ТЕС 1 км ПК 10 - 3 км ПК 1	18	681,8	595	60	50	0,16	60	0,026
Гребінка-Писарщина 803 км пак5-7	15	516	687	100/80	100	0,11	80	0,029
Білозір'я - Сміла 908 км пак9-909 км пак5	14	394	890	60/60	40	0,07	60	0,036
Білозір'я - Сміла 909 км пак9-910 км пак5	14	394	810	60/60	50	0,04	60	0,036
Підгородна-Болеславчик 12 ПК2-5	20	675,7	305	60/55	80	0,27	55	0,030
Миронівка-Таганча, пар 107 км пак6-108пак2	18	701	810	100/80	120	-0,13	80	0,026
Сотники-Корсунь, пар 131 пак4-131пак7	18	670	800	100/80	60	0,25	80	0,027
Корсунь-Городище, пар 150пак10-151пак3	18	647	900	100/80	40	0,30	80	0,028
Хлистунівка- Цвіткове,пар 176пак4- 176пак10	18	658	1100	100/80	40	0,20	80	0,027
Миронівка-Таганча, неп 117 км пак8-118пак3	18	167	650	90/80	80	0,27	80	0,108
Кропивницький- Лелеківка 286 км пак 2 непарна	13	760,9	500	100/80	40	0,74	80	0,017
Кропивницький-Канатове 289 км пак 10 парна	14	1051,3	865	100/80	40	0,33	80	0,013
Кропивницький- Лелеківка 281 км пак 9 непарна	13	810	1123	100/80	60	0,07	80	0,016
Кропивницький- Лелеківка 284 км пак 4 непарна	13	810	1130	100/80	60	0,07	80	0,016
Підгородна-Орлик 151 км пак 10 непарна	14	361,7	654	100/80	20	0,63	80	0,039
Підгородна-Орлик 151 км пак 10 непарна	13	361,7	654	100/80	20	0,63	80	0,036
Бандурка-Бешкетове 172 км пак 5 парна	13	373,4	2167	100/80	60	-0,14	80	0,035
Підгородна-Орлик 154 км пак 4 непарна	14	362,8	3125	100/80	20	0,04	80	0,039
Бандурка-Підгородна 158 км пак 5 непарна	14	362,4	610	100/80	120	0,07	80	0,039
Новоукраїнка-Пл. Ташлик 226 км пак 10 парна	13	217,6	881	100/80	60	0,19	80	0,060
Помічна-Б.Пост 218 217 км пак 4 парна	13	195,2	740	100/80	70	0,24	80	0,067
Кропивницький- Лелеківка 286 км пак 2 непарна	14	1538,4	500	100/80	20	0,87	80	0,009
Кропивницький- Лелеківка 286 км пак 2 непарна	14	1133,4	500	100/80	20	0,87	80	0,012
Кропивницький- Лелеківка 286 км пак 2 непарна	14	1066,4	500	100/80	20	0,87	80	0,013
Кропивницький-Канатове 289 км пак 1 парна	18	374	470	40	40	0,02	40	0,048
Кропивницький-Канатове 289 км пак 1 непарна	19	675	451	40	40	0,03	40	0,028
Новоукраїнка-Помічна 213 км пак 6 непарна	22	293,3	685	100/80	80	0,23	80	0,075
Новоукраїнка-Помічна 213 км пак 6 непарна	22	293,3	685	100/80	80	0,23	80	0,075

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

0053.226503.ДП.2024.001

Арк.

54

Бандурка-Підгородна 161 км пк 3 непарна	17	423	647	100/80	70	0,33	80	0,040
Канатове-Кропивницький 289 км пк 1 непарна	13	742,6	451	40	40	0,03	40	0,018
Канатове-Кропивницький 289 км пк 1 непарна	15	742,6	451	40	40	0,03	40	0,020
Канатове-Кропивницький 289 км пк 1 непарна	19	742,6	451	40	40	0,03	40	0,026
Канатове-Кропивницький 289 км пк 1 непарна	19	742,6	451	40	40	0,03	40	0,026
Бандурка-Підгородна 165 км пк 5 непарна	21	1108,6	843	100/80	80	0,10	80	0,019
Бандурка-Підгородна 165 км пк 5 непарна	21	1190,6	843	100/80	80	0,10	80	0,018
Висоцьке-Кропивницька одн 13км пк2-8	15	672	1489	80/80	40	0,09	80	0,022
К.П.1090км-Кавуни одн 1092км пк8-1093км пк4	22	94	638	100/80	80	0,28	80	0,234
К.П.1141км-К.П.1154км непарна 1148км пк5-1149км пк2	21	689	1116	90/75	30	0,21	75	0,030
Веселинове-Миколасве непарна 1183км пк9-1184км пк4	21	856	1116	80/65	50	-0,01	65	0,025
Вознесенськ-К.П.1141км одн 1136км пк3-9	20	862	638	90/75	80	0,19	75	0,023
Мартинівська-Веселинове непарна 1166 пк3-10	21	1010	812	100/80	60	0,24	80	0,021
Вознесенськ -К.П.1141км одн 1134 пк7-9	21	1005	893	90/75	30	0,30	75	0,021
Вознесенськ -К.П.1141км одн 1138 пк9-1139 пк6	19	961	744	90/75	60	0,22	75	0,020
К.П.1154км-Мартинівська одн 1154км пк8-1155км пк2	22	562	638	100/80	100	0,16	80	0,039
Вознесенськ-К.П.1141км одн 1140км пк2-9	20	156	595	90/75	80	0,24	75	0,128
Мартинівська-Веселинове непарна 1171 пк1-6	20	766	638	100/80	80	0,28	80	0,026
Калініндорф-Туркули 457пк6-458пк2	17	800	638	60/60	70	0,01	60	0,021
Рзд.208-Болград 215 ПК5-215 ПК10	18	245,8	618	60/60	60	0,08	60	0,073
Рзд.208-Болград 225 ПК7-225 ПК9	11	329	637	40/40	30	0,01	40	0,033
Рзд.208-Болград 216 ПК7-217 ПК4	12	246	558	60/60	50	0,19	60	0,049
Етулія-Рені 268 ПК8-269 ПК1	15	156	525	75/75	90	0,28	75	0,096
Етулія-Рені 266 ПК1-266 ПК4	12	236	446	75/75	135	0,15	75	0,051
Етулія-Рені 269 ПК2-269 ПК4	14	156	457	75/75	105	0,31	75	0,090
Етулія-Рені 269 ПК5-269 ПК10	15	156	337	75/65	110	0,29	65	0,096
Етулія-Рені 270 ПК1-270 ПК4	12	156	357	75/65	110	0,24	65	0,077
Валнярка - Княжеве 1209 пк6-1211 пк1, парна	17	522	1051	120/80	60	0,10	80	0,033
ст. Рудниця 1243 пк6-10, парна	16	498	662	100/80	80	0,26	80	0,032
Абамеликове - Слобідка 1293 пк3-6 непарна	16	851	1051	120/80	60	0,10	80	0,019
ст. Борщі 1308 пк4-9, непарна	16	548	596	60	80	-0,02	60	0,029

					0053.226503.ДП.2024.001				Арк.
									55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Колосівка-Березівка 1201пк5-7 непарна	17	632	580	90/80	75	0,39	80	0,027
Колосівка-Березівка 1204 пк1-5 непарна	17	632	450	90/80	85	0,58	80	0,027
Колосівка-Березівка 1205 пк5-9 непарна	18	492	638	90/80	80	0,28	80	0,037
Колосівка-Березівка 1206пк10-1207пк7 непарна	16	632	649	90/80	70	0,33	80	0,025
Колосівка-Березівка 1207пк7-1208пк5 непарна	17	563	649	90/80	70	0,33	80	0,030
Березівка-Раухівка 1214 пк1-8 непарна	18	390	638	80/80	75	0,31	80	0,046
Березівка-Раухівка 1215 пк5-7 непарна	18	265	595	80/80	85	0,31	80	0,068
Березівка-Раухівка 1220 пк3-9 непарна	18	448	638	80/80	75	0,31	80	0,040
Березівка-Раухівка 1223пк1-5 непарна	17	462	649	80/80	65	0,36	80	0,037
Березівка-Раухівка 1223пк5-10 непарна	18	383	649	80/80	70	0,33	80	0,047
Березівка-Раухівка 1224пк3-9 непарна	17	601	1060	80/80	40	0,22	80	0,028
Раухівка-Сербка 1240пк2-6 непарна	18	588	595	90/70	70	0,21	70	0,031
Раухівка-Сербка 1240пк8-1241пк3 непарна	17	588	638	90/70	80	0,10	70	0,029
Раухівка-Сербка 1241пк9-1242пк4 непарна	18	588	744	90/70	50	0,20	70	0,031
Раухівка-Сербка 1242пк5-10 непарна	18	588	649	90/70	90	0,03	70	0,031
Сербка-Буялик 1248 пк2- 10 непарна	17	360	638	90/70	90	0,04	70	0,047
Сербка-Буялик 1251 пк1- 4 непарна	18	393	638	90/70	90	0,04	70	0,046
Сербка-Раухівка 1240пк1-6 парна	16	545	595	90/70	65	0,24	70	0,029
Раухівка-Сербка 1244пк8-1245пк3 парна	18	417	496	90/70	90	0,21	70	0,043
Чорноморська-К.П.5км 2пк8-3пк4 непарна	17	66	406	60	45	0,41	60	0,258
К.П.5км-Рзд.12км 9пк9- 10пк6 одноколійна	16	70	525	60	50	0,22	60	0,229
ст.24км-К.П.30км 26пк8- 27пк3 одноколійна	16	433	496	60	100	-0,05	60	0,037
ст.24км-К.П.30км 27пк10-28пк8 одноколійна	16	66	298	60	100	0,32	60	0,242
К.П.30км-Берегова 30 пк4-9 одноколійна	16	40	343	60	70	0,38	60	0,400
К.П.30км-Берегова 31пк5-32пк3 одноколійна	16	93	350	60	80	0,30	60	0,172
Пост 61км-Пост 65км 63пк9-64пк4	13	869	745	80	60	0,30	80	0,015
Пост 109км Ч.Озеро 109пк3-9	14	869	1276	80	40	0,14	80	0,016
Пост 82км- Пост 88км 86пк6-87пк3	15	700	1275	80	40	0,14	80	0,021
Пост 127км- Тимкове 130пк4-9	15	702	687	80	60	0,35	80	0,021
Бобринець-Седнівка 91пк6-92пк4	15	798	1100	60	40	0,01	60	0,019
Бобринець-Седнівка 90пк4-9	14	798	1100	60	40	0,01	60	0,018
Осикувата-Бобринець 64пк4-65пк1	15	925	745	80	60	0,30	80	0,016
Бобринець-Седнівка 90пк6-91пк6	15	798	1100	60	40	0,01	60	0,019

					0053.226503.ДП.2024.001			Арк.
								56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

К.пост 21км-К.пост 40км 36пк10-37пк3	15	638	1110	60	40	0,01	60	0,024
ст.Ч.Озеро 122пк5-8	16	593	819	80	50	0,30	80	0,027
Кропивницька-К.пост 21км 17пк9-19пк2	16	935	810	80	60	0,24	80	0,017
К.пост 127км-Тимкове 130пк4-131пк1	16	1122	687	80	60	0,35	80	0,014
К.пост 109км -Ч.Озеро 110пк7-111пк7	12	741	745	60	50	0,07	60	0,016
К.пост 109км -Ч.Озеро 114пк2-114пк10	15	997	1191	60	50	-0,07	60	0,015

По даним таблиці 3.1 побудуємо графки залежності інтенсивності бічного зношення від радіусу кривої, швидкості руху вантажних поїздів, підвищення зовнішньої рейки, непогашеного прискорення.

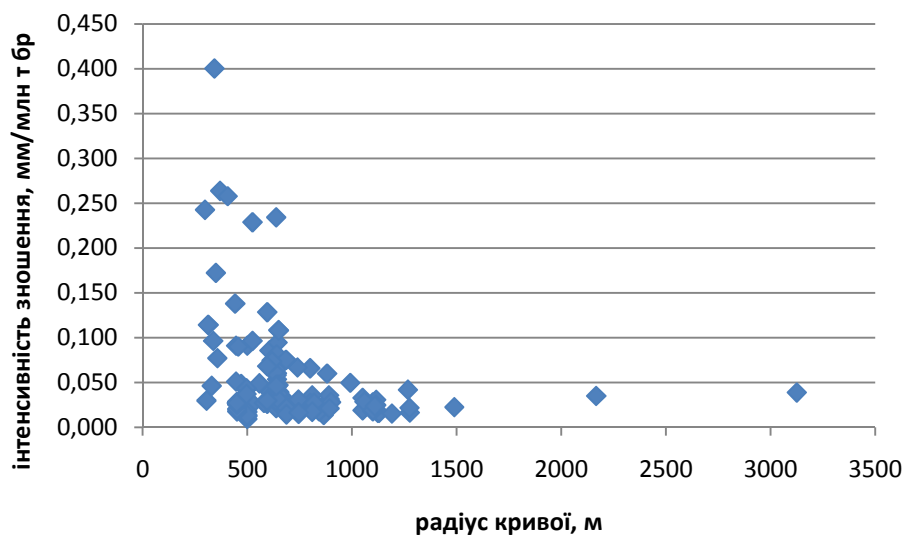


Рисунок 3.3 – Залежність інтенсивності бічного зношення від радіусу кривої

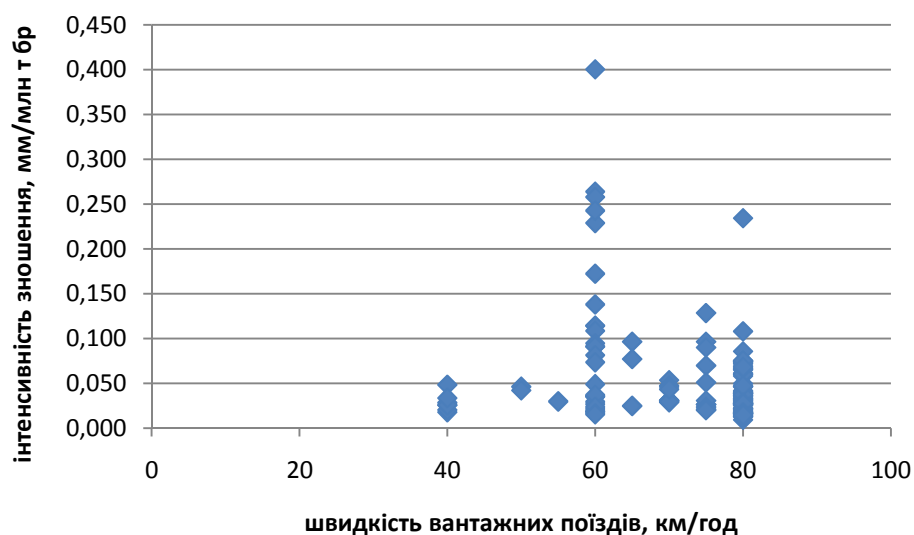


Рисунок 3.4 – Залежність інтенсивності бічного зношення від швидкості руху вантажних поїздів

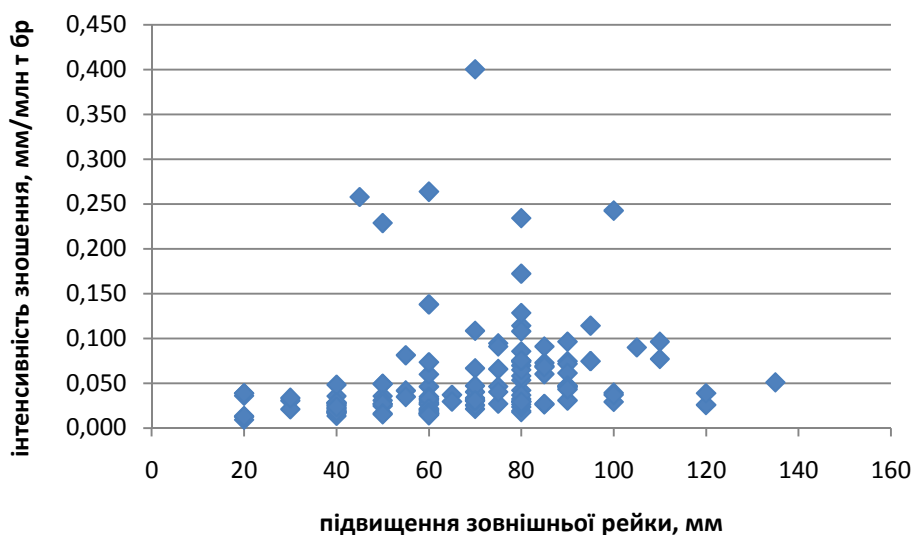


Рисунок 3.5 – Залежність інтенсивності бічного зношення від підвищення зовнішньої рейки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0053.226503.ДП.2024.001

Арк.

58

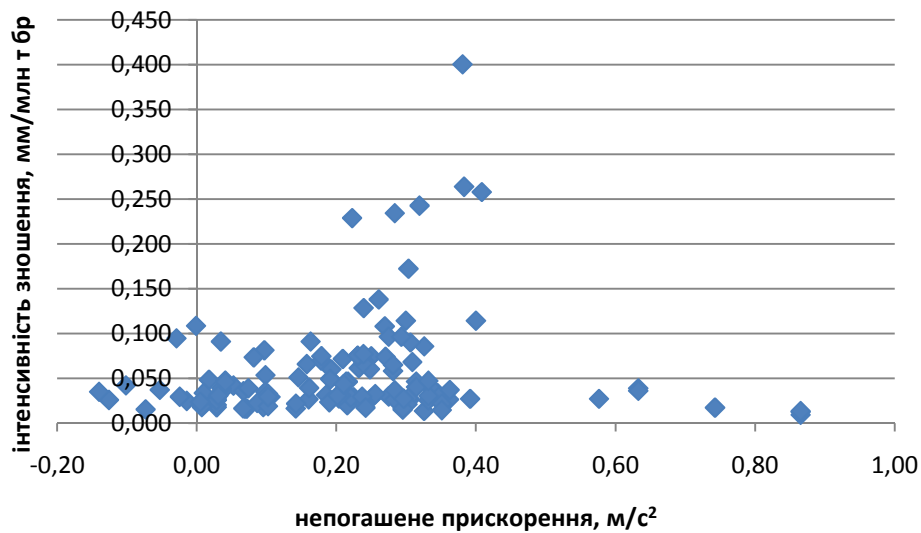


Рисунок 3.6 – Залежність інтенсивності бічного зношення від непогашеного прискорення

Для спрощеного сприйняття вказаних залежностей виділимо діапазони відповідних параметрів і знайдемо середні значення. Результати представлено на рис. 3.7-3.10.

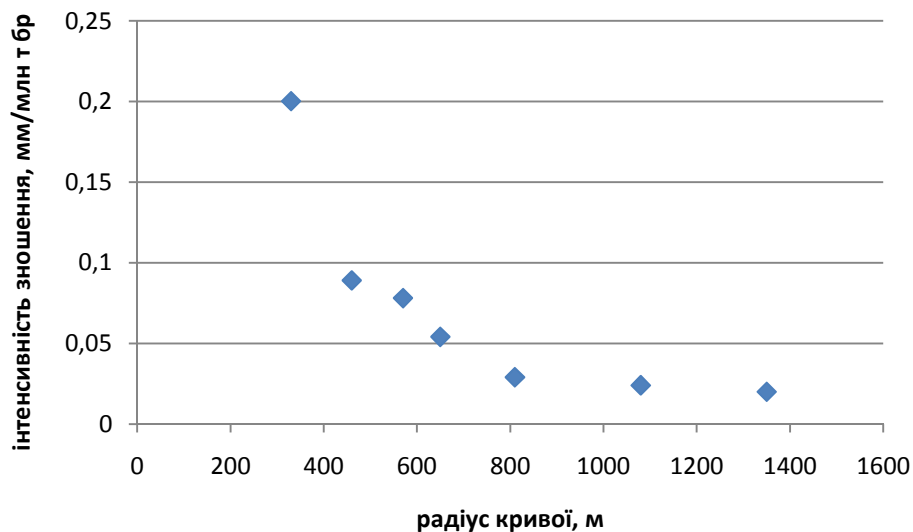


Рисунок 3.7 – Залежність інтенсивності бічного зношення від радіусу кривої

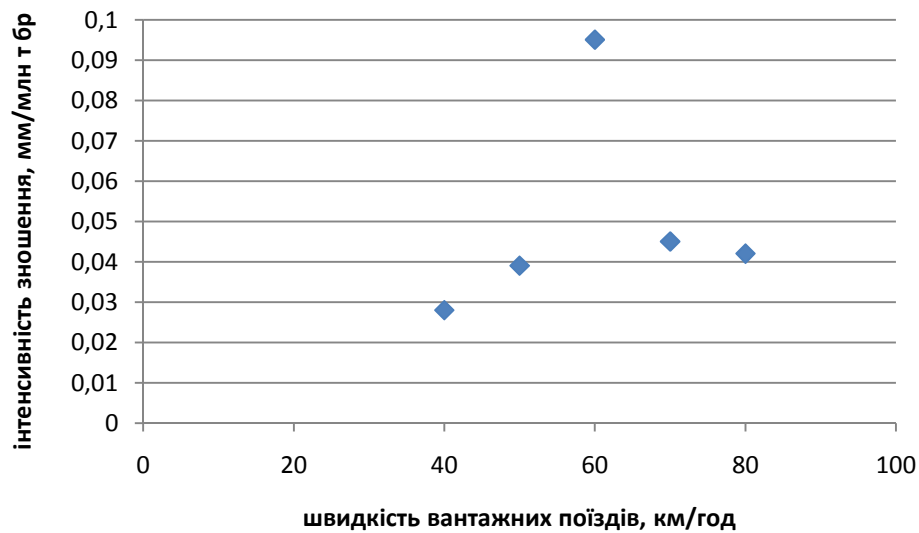


Рисунок 3.8 – Залежність інтенсивності бічного зношення від швидкості руху вантажних поїздів

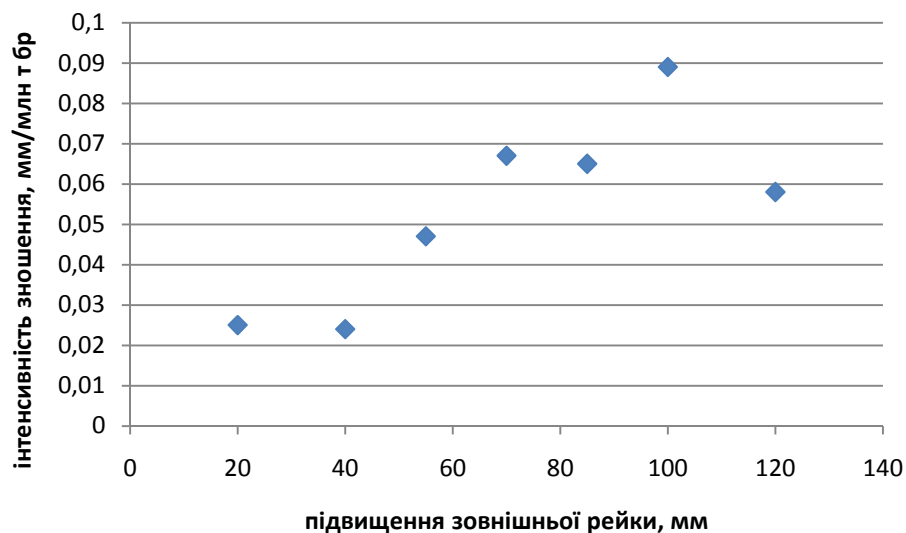


Рисунок 3.9 – Залежність інтенсивності бічного зношення від підвищення зовнішньої рейки

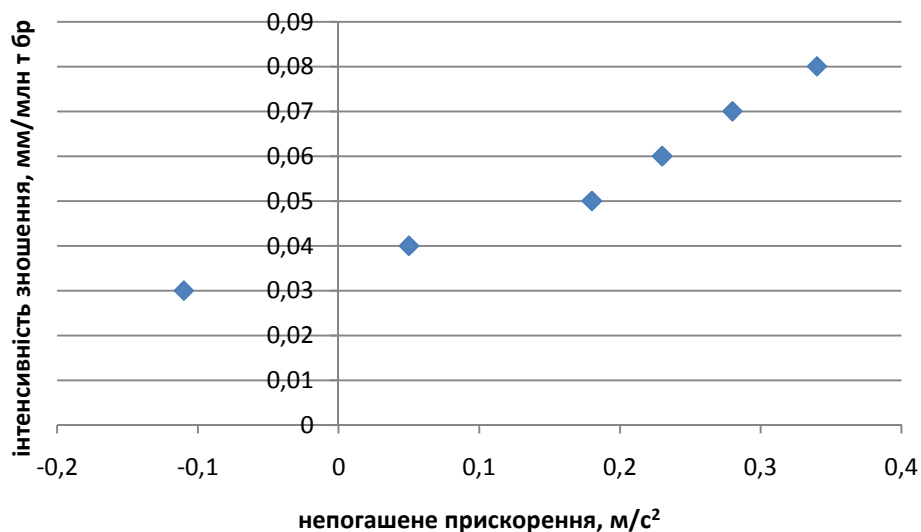


Рисунок 3.10 – Залежність інтенсивності бічного зношення від непогашеного прискорення

Висновок. Залежність інтенсивності бічного зношення від радіусу кривої має обернену пропорційність. Залежність інтенсивності бічного зношення від непогашеного прискорення має експоненціальний вид. Через значну дисперсію залежність інтенсивності бічного зношення від підвищення зовнішньої рейки та швидкості вантажних поїздів встановити важко.

4 ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ З КРИВИМИ

4.1 Пропозиції щодо зменшення дефектності в кривих

Проведені дослідження показали, що на вихід рейок впливає пропущений тонаж та швидкість руху поїздів. Вплив таких факторів як завод-виробник рейок, величина спуску ділянки, радіус кривої, та підвищення зовнішньої рейки мало впливають на вихід рейок. По даним дослідженням дефектність рейок в більшій мірі залежить від вертикальної сили, від частоти її прикладання. Так відомо, що пропущений тонаж залежить від осьового навантаження та числа пропущених осей. Кожне таке навантаження буде викликати прогин рейки. Чим більше навантаження, тим більше амплітуда прогину. Чим більше число поїздів, тим більше число прогинів. Чим вища швидкість, тим більша сила впливу на рейки і тим більший прогин рейки. Це призводить до збільшення дефектності. Тобто вертикальний вплив на рейку визначає її дефектність.

Для зменшення дефектності рейок рекомендується зменшити амплітуду прогину рейки. Для цього необхідно не допускати перевантаження вагонів. В перспективі для перевезення більшого числа вантажу краще збільшити число вагонів замість збільшення осьового навантаження.

На швидісних ділянках використовуються відносно легкі пасажирські рухомі одиниці, тому часто виникають пропозиції полегшити і рейку. Наприклад, перейти від профілю Р65 до UIC60. Слід в даному випадку залишити профіль Р65, бо рейка UIC60 має менший момент інерції і прогин стане більшим, що негативно відобразиться на дефектності.

В кривих ділянках колії через необхідність збільшення ширини колії можуть вкладатися дерев'яні шпали. Це зменшує жорсткість рейко-шпальної решітки, що викликає збільшення прогину рейки. До того ж при дерев'яних шпалах використовується ланкова конструкція, де в стиках відбуваються ударні процеси. Тому в таких випадках краще зменшувати швидкості руху поїздів, ніж збільшувати підвищення зовнішньої рейки.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Пропозиції щодо зменшення зносу рейок в кривих

Проведені дослідження показали, що зношення бічної поверхні голівки рейки залежить від пропущеного тоннажу. При пропущеному тоннажу більше 80 млн т бр інтенсивність зменшується в декілька раз. Радіус кривої впливає на інтенсивність бічного зношення за оберненою пропорційністю. При збільшенні радіуса в 4,4 раз інтенсивність падає в 1,8 раз. Збільшення підвищення зовнішньої рейки на кожні 10 мм в середньому зменшує інтенсивність бічного зношення на 0,007 мм/млн. т бр. На рис. 3.9 спостерігається ріст інтенсивності зношення до 100 мм, а при підвищенні 120 мм інтенсивність зношення менша, ніж при підвищенні 100 мм.

Аналіз показує, що найбільша інтенсивність зношення спостерігалася при радіусах 300-350 м, підвищенні 50-100 мм, швидкості 60 км/год, та непогашеному прискоренні 0,3-0,4 м/с².

Вилучення рейок по причині граничного бокового зносу визначає термін служби рейок. Такий термін служби залежить від інтенсивності зношення. Інтенсивність зношення визначається як відношення фактичного зносу до пропущеного тонажу. Інтенсивність зношення висока при радіусах кривизни кривої 300-400 м. Тому при можливості необхідно влаштовувати криві якомога більших радіусів. Такі роботи можуть бути виконані при реконструкції шляхом зміни конфігурації земляного полотна. Якщо умові стиснені і радіус збільшити неможливо, то для зменшення бокового зношення необхідно використовувати інші міри.

Залежність інтенсивності бічного зношення рейки від швидкості руху не має однозначної форми.

Залежність інтенсивності бічного зношення рейки від підвищення зовнішньої рейки в різних групах спостереження показує нестабільні результати. Ріст підвищення то збільшує інтенсивність зношення, то зменшує.

Швидкість та підвищення зовнішньої рейки формують непогашені прискорення, тому була зроблена оцінка впливу непогашеного прискорення

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на інтенсивність бічного зношення рейки. Залежність прийняла більш стійкий характер.

Рекомендується для оцінки бічного зношення користуватися тільки радіусом та непогашеним прискоренням.

Для подовження строку служби рейок необхідно непогашене прискорення зводити до мінімуму: для пасажирських поїздів наближати до 0, а для вантажних поїздів наближати до $-0,3 \text{ м/с}^2$. Для цього можна без зміни підвищення зменшити мінімальну швидкість поїздів, або для існуючих швидкостей збільшити підвищення по відношенню до розрахованого середньозваженого. З цього можна зробити теоретичні висновки, що інтенсивність зносу росте при рості швидкості, та заниженні підвищення зовнішньої рейки по відношенню до середньозваженого.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ВИСНОВКИ

Таким чином, проведено дослідження впливу підвищення зовнішньої рейкової нитки на інтенсивність її зношення в кривих ділянках колії та їх дефектність. Разом з тим проведено дослідження і таких супутніх параметрів як швидкість поїздів, радіус кривої, та непогашене прискорення.

Величина підвищення зовнішньої рейки регламентується «Правилами технічної експлуатації залізниць України» [5], «Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України» [6], «Правилами визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії» [7].

Дослідження поодинокого виходу рейок від експлуатаційних факторів показали, що якість загартовування впливає на дефектність рейок (для рейок Тагілського металургійного комбінату дефектність на 68% менша ніж для рейок заводу Азовсталь). З ростом пропущеного танажа вихід рейок зростає. При 100-200 млн т бр це 2 шт/ км, при 600-700 млн т бр це 39 шт/ км. Рейки виходять частіше на ділянках змінного режиму руху: розгін-гальмування. В прямих та кривих ділянках колії радіусом більше 2000 м рейки відмовляють частіше, ніж в кривих радіусом до 2000 м. Підвищення зовнішньої рейки не має закономірного впливу на вихід рейок. Швидкість руху поїздів пливає на вихід рейок, з ростом швидкості росте й рівень дефектності.

Дослідження інтенсивності бокового зношення рейки в кривих показали, що зношення бічної поверхні голівки рейки залежить від пропущеного тоннажу. При пропущеному тоннажу більше 80 млн т бр інтенсивність зменшується в декілька раз. Радіус кривої впливає на інтенсивність бічного зношення за оберненою пропорційністю. При збільшенні радіуса в 4,4 раз інтенсивність падає в 1,8 раз. Збільшення підвищення зовнішньої рейки на кожні 10 мм в середньому зменшує інтенсивність бічного зношення на 0,007 мм/млн. т бр.

Більш либокі дослідження показали, що Залежність інтенсивності бічного зношення від радіусу кривої має обернену пропорційність. Чим

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менше радіус , тим більша інтенсивність зношення. Залежність інтенсивності бічного зношення від непогашеного прискорення має експоненціальний вид. Чим більші непогашені прискорення, тим більша інтенсивність зношення. Через значну дисперсію залежність інтенсивності бічного зношення від підвищення зовнішньої рейки та швидкості вантажних поїздів встановити важко. Тому рекомендується для оцінки бічного зношення користуватися тільки радіусом та непогашеним прискоренням.

Для подовження строку служби рейок необхідно непогашене прискорення зводити до мінімуму: для пасажирських поїздів наближати до 0, а для вантажних поїздів наближати до $-0,3 \text{ м/с}^2$. Для цього можна без зміни підвищення зменшити мінімальну швидкість поїздів, або для існуючих швидкостей збільшити підвищення по відношенню до розрахованого середньозваженого. З цього можна зробити теоретичні висновки, що інтенсивність зносу росте при рості швидкості, та зниженні підвищення зовнішньої рейки по відношенню до середньозваженого.

Для зменшення дефектності рейок рекомендується зменшити амплітуду прогину рейки. Для цього необхідно не допускати перевантаження вагонів. В перспективі для перевезення більшого числа вантажу краще збільшити число вагонів замість збільшення осьового навантаження.

В кривих ділянках колії через необхідність збільшення ширини колії можуть вкладатися дерев'яні шпали. Це зменшує жорсткість рейко-шпальної решітки, що викликає збільшення прогину рейки. До того ж при дерев'яних шпалах використовується ланкова конструкція, де в стиках відбуваються ударні процеси. Тому в таких випадках для подовження строку служби рейок через зменшення дефектності в стиках краще зменшувати швидкості руху поїздів, ніж збільшувати підвищення зовнішньої рейки.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ЛІТЕРАТУРА

1. Даниленко, Е. І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом [Текст] / Підручник для вищих навчальних за-кладів. Том 2. –К.: Ін прес, 2010. –456 с.
2. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість [Текст] / Е. І. Даніленко, В. В. Рибкін. ЦП/0117 – К.:Транспорт України, 2005
3. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України [Текст] : ЦП-0266; затв. Наказом З 033-Ц від 01.02.2012.- К., 2012.- 150 с.
4. Норми допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях Державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 мм [Текст] / В. В. Рибкін, А. М. Орловський, В. В. Циганенко, В. Є. Савлук // ЦП/0235: Затв. наказом Укрзалізниці від 14.12.2010 №778-Ц, – К., 2011. – 53 с.
5. Правила технічної експлуатації залізниць України, затверджені наказом Міністерства транспорту України від 20 грудня 1996 р. № 411 із змінами і доповненнями, внесеними наказами Міністерства транспорту України: від 8 червня 1998 р. № 226, від 23 липня 1999 р. № 386, від 19 березня 2002 р. № 179.
6. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП-0269) / Е. І. Даниленко, А. М. Орловський, М. Б. Курган, В. О. Яковлев та ін. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.
7. Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії / М. Б. Курган, А. М. Орловський, О. М. Патласов, В. В. Циганенко, Д. М. Курган: ЦП/0236: Затв. наказом Укрзалізниці від 14.12.2010 №778-Ц, – К., 2010. – 52 с.
8. Березицький Д.Ю. До питань щодо експлуатаційної стійкості рейок / Д.Ю. Березицький // Збірник наукових праць УкрДАЗТ – 2010. - вип. 114. – С. 119-123.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Ноженко О.С. Проблема зносу трібосполучення «гребінь колеса-рейка» і перспективні шляхи її рішення / О.С. Ноженко // Вісник ЖДТУ – 2009. - № 1(48). – С. 64-69.

10. Омель Н.В. Вплив пропущеного тоннажу на зміну ширини колії і бокового зносу рейок у кривих / Н.В. Омель // Збірник наукових праць УкрДАЗТ – 2010. - вип. 118. – С. 144-148.

11. Шраменко В.П. Про заходи щодо ліквідації процесу надінтенсивного бокового зносу рейок та гребенів коліс / В.П. Шраменко, О.І. Белорусов, А.М. Штомпель // Збірник наукових праць УкрДАЗТ – 2010. - вип. 119. – С. 194-199.

12. Восковець Ю.О. Огляд стану рейкового господарства на залізницях України / Ю.О. Восковець, Д.О. Потапов, А.С. Козьменко // Збірник наукових праць УкрДАЗТ – 2010. - вип. 115. – С. 147-152.

					0053.226503.ДП.2024.001	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		