Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

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

«Транспортна інфраструктура»
(повна назва кафедри)

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

на тему: **Удосконалення дослідження роботи елементів залізничної колії з урахуванням норм Європейського Союзу**

за освітньою програмою «Інтероперабельність та безпека на залізничному транспорті»

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

Виконала: групи: ІН2226

студентка _____ / Анна КАБОВА /
(підпис студента) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: _____ /доцент Володимир АНДРЄЄВ /
(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер: _____ / зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН/
(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент _____
(підпис)

Дніпро – 2024

Ministry of Education and Science of Ukraine

Ukrainian State University of Science and Technologies

Building, architecture and infrastructure
(faculty/TRC)

Transport infrastructure
(department)

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

on the topic: **Improvement of the study of railway track elements operation taking into account the European Union standards**

according to educational curriculum Interoperability and safety in rail transport

in the Specialization: 273 Rail transport
(Specialization and its code)

Done by the student of the group: IH2226 / Anna KABOVA /
(name, surname)

Scientific Supervisor: /Associate Professor Volodymyr ANDRIEIEV /
(position, name, surname)

Normative controller : / Head of Dept. Oleksii TIUTKIN /
(position, name, surname)

Dnipro – 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»
Кафедра: «Транспортна інфраструктура»
Рівень вищої освіти: «Магістр»
Освітня програма: «Інтероперабельність та безпека на залізничному транспорті»
Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
«Транспортна інфраструктура»
Олексій ТЮТЬКІН
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Дата 29.04.2023

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу ОС «магістр»
(ступінь вищої освіти)

студентці Кабовій Анні Олександрівні
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «**Удосконалення дослідження роботи елементів залізничної колії з урахуванням норм Європейського Союзу**»

Керівник роботи: Андрєєв Володимир Сергійович, к.т.н., доцент
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

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

3. Вихідні дані до роботи: результати вимірів колієвипробувального вагону та дані, що отримані під час пошуку в Internet.

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

Вступ. Розділ 1.. Розділ 2. Розділ 3. Розділ 4,Розділ 5. Висновки.

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

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

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Розділ 1 - 5	Андрєєв В.С		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1, Розділ 2	19.11.2023	
2	Розділ 3	10.12.2023	
3	Розділ 4, розділ 5	31.12.2023	
4	Висновки. Оформлення ВКР.	14.01.2023	
5	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	15.01.2023	
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	16.01.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	22.01.2024	

Студентка _____ Анна КАБОВА
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____ Володимир АНДРЄЄВ
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

124 стор., 64 рис., 23 табл., 35 літературних джерел.

Удосконалення дослідження роботи елементів залізничної колії з урахуванням норм Європейського Союзу

Об’єкт розробки – залізнична колія.

Мета роботи – Проаналізувати зміни СКО ГПП залежно від вантажонапруженості, пропущеного тоннажу і ремонтів, отримавши загальне середнє наведене значення СКО ГПП.

Метод дослідження – аналітичний.

В магістерській роботі виконано аналіз літературних джерел, присвячених науково-технічній задачі.

Проведено аналіз зміни СКО ГПП залежно від вантажонапруженості, пропущеного тоннажу і ремонтів, отримавши загальне середнє наведене значення СКО ГПП.

Дослідження дають змогу давати оцінку стану колії та планувати виконання колійних робіт, зокрема й ремонтів колії, з більшою ефективністю, ніж за наявними нормами. Перед і після проведення ремонтів доцільно було б проводити аналіз СКО ГПП і надалі оцінювати стан колії та планувати ремонти колії згідно з цією методикою за фактичним станом колії.

Ключові слова: ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНІСТЬ, СЕРЕДНЬО-КВАДРАТИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ, РЕМОНТ, КОЛІЯ, КОЛІЄВИМІРЮВАЛЬНИЙ ВАГОН.

ЗМІСТ

	стр
ВСТУП	**7**
1 ПАРАМЕТРИ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ, МЕТОДИ ЇХ ОЦІНЮВАННЯ В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ	**10**
1.1 Спостереження за якістю колії	**12**
1.2 Вимоги до геометрії колії	**21**
1.3 Мультифункціональний колійовимірювальний вагон для швидкості 160 км/год	**29**
1.4 Узагальнення результатів вимірювань і визначення необхідних заходів	**32**
2 ПАРАМЕТРИ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ, МЕТОДИ ЇХ ОЦІНКИ В УКРАЇНІ	**39**
2.1 Регламентація параметрів рейкової колії, контрольованих колійовимірювальним вагоном	**47**
2.2 Порядок розшифрування колійовимірювальних стрічок та оцінки стану рейкової колії за показаннями колійовимірювального вагона	**53**
2.3 Організація та порядок перевірки колії колійовимірювальним вагоном	**58**
3 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛІЇ	**64**
4 АНАЛІЗ ЗМІНИ СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВАНТАЖОНАПРУЖЕНОСТІ, ПРОПУЩЕНОГО ТОННАЖУ ТА РЕМОНТІВ	**69**
5 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛІЇ	**106**
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	**116**
БІБЛІОГРАФІЯ	**118**
ДОДАТКИ	**122**

ВСТУП

Залізнична колія - один із головних елементів залізниці. Рейкова колія являє собою дві паралельні рейкові нитки, які розташовуються одна від одної на певній відстані. Ця відстань називається ширина колії.

Ширина колії є головним параметром рейкової колії і безпосередньо пов'язана з розмірами колісних пар. Вимірюється між внутрішніми робочими гранями головок рейок. Залізнична колія в Україні та Європі різна. Це пояснюється різними причинами - історичними та стратегічними.

Найпопулярнішою колією в усьому світі вважається так звана стефенсонівська колія. Її ширина становить 1435 мм. Свою назву вона отримала за ім'ям англійського винахідника залізниць Джорджа Стефенсона (винайшов першу пасажирську залізничну лінію напрямку Ліверпуль - Манчестер).

Європейська колія використовується на залізницях Північної Америки, Китаю і більшості країн Європи. Це приблизно 75 % залізниць на земній кулі.

Залізнична колія в Україні відрізняється від європейської. Її ширина становить 1520 мм (прийнята з 70-х років 20 ст.). Згідно з дослідженнями, дана величина ширини колії виявилася найоптимальнішою: дає змогу збільшити стабільність колій під час експлуатації вантажних локомотивів, поїздів, зменшується знос рейок і колісних пар (до 94 %), підвищується швидкість руху, водночас не потрібна модернізація рухомого складу.

Спочатку ширина колії становила 1524 мм і вперше використовувалася під час будівництва Миколаївської залізниці (сер. 19 століття). Існує безліч думок, чому було прийнято саме таку величину:

- перейняли американський досвід під час співпраці з консультантами зі США (на той час така ширина колії була популярна в південних штатах);
- пропозиція російських інженерів, які відвідали Америку перед початком будівництва Миколаївської залізниці.

Різна ширина колії не перешкоджає пасажирським і вантажним перевезенням. При перетині кордону поїзди переставляють на нові колісні пари, які відповідають встановленій ширині колії (1435 мм або 1520 мм).)

.

1 ПАРАМЕТРИ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ, МЕТОДИ ЇХ ОЦІНЮВАННЯ В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ

Преамбула розділу

Європейська система високошвидкісного сполучення - це інтегрована єдина система, що має забезпечити інтероперабельність у тому, що стосується основних вимог. Директива чітко вказує (ст. 5 п. 4), що ТСІ не створюють перешкод рішенням країн-членів Євросоюзу, що стосуються експлуатації нової або модернізованої інфраструктури. Це означає, що має бути забезпечено рух не тільки високошвидкісних, а й звичайних поїздів.

Технічні специфікації на рівні ділянки

характеристики елементів конкретної ділянки інфраструктури:

- Відстань між рейками (колія);
- міжосьова відстань між двома залізничними коліями;
- профіль (ухил і схил);
- мінімальний радіус кривизни;
- піднесення зовнішньої рейки в кривій і її недостатність;
- еквівалентна конусність;
- геометричні показники колії та межі окремих дефектів;
- нахил рейки та її профіль;

Умови, яким покликані відповідати ці елементи, мають принаймні відповідати нині чинним. Тобто, вони мають допускати рух потягів завдовжки 400 м і масою 1000 тонн зі швидкістю, що не перевищує 350 км/год на лініях 1-ї категорії.

Показники, наведені в ТЗІ, стосуються виключно ліній європейського стандарту ширини колії (1435 мм). Лінії з іншою шириною колії розглянуто в окремому пункті (пункт 7.3 ТЗІ).

Характеристики залізничних поїздів можуть бути поліпшені шляхом застосування таких спеціальних систем, як маятникова підвіска. Спеціальні ТЗІ для цього типу поїздів застосовуються тільки в тому разі, якщо вони не вводять обмежень для інших типів поїздів.

Профіль

Лінії 1-ї категорії

Максимальний ухил: 35мм за умови, що:

- зміна профілю на кожних 10 км шляху не перевищує 25мм/м;
- максимальна довжина ухилу, що дорівнює 35мм/м, не перевищує 6000м.

Ухил колії на залізничній станції не перевищує 2,5 мм..

Радіус кривизни

Він має бути таким, щоб кут нахилу (піднесення зовнішньої рейки) не перевищував значень, зазначених у такому пункті.

Нахил (Піднесення зовнішньої рейки)

Нахил не повинен перевищувати 180 мм незалежно від категорії колії. Похибка становить ± 20 мм за максимального значення 190 мм на змішаних лініях і 200 мм на лініях, відведених під пасажирське сполучення.

Еквівалентна конусність

Йдеться про параметр, що характеризує взаємодію рейок з колесами і дає змогу описати контакт між колесами і рейками на прямих ділянках колії та на поворотах великого радіуса.

Цей параметр змінюється залежно від ширини залізничного полотна і відстанню між внутрішніми частинами осі. У ТЗІ вказані різні формули і показники інфраструктури високошвидкісного залізничного сполучення.

Геометричні показники колії та допустимі межі дефектів

Геометрія залізничного полотна безпосередньо пов'язана з:

- ризиком сходження з рейок;
- оцінкою вагона відповідно до вимог до якості;
- витривалістю осей і візків.

У разі недотримання цих вимог, у ТЗІ позначено 3 пункти, які необхідно враховувати:

Перелік негайних заходів (ПНМ) пропонує керівнику інфраструктурного підрозділу залізниці заходи, спрямовані на зниження до

прийнятного рівня ризику сходження з рейок. Одним із таких заходів може бути навіть зупинення руху.

Перелік втручань (ПВ) пропонує керівнику інфраструктурного підрозділу відновлювальні заходи, що дають змогу відкласти до наступної планової перевірки ПНМ.

Межі сповіщення (ПО) пропонує керівнику інфраструктурного підрозділу проведення аналізу геометрії колії та програмування робіт з її технічного обслуговування..

Відхилення від вимог ТЗІ зазвичай належать до:

- горизонтальному рівню колії;
- поздовжньому рівню шляху;
- викривленню колії;
- відстані між рейками.

У ТЗІ наведено різні значення відповідних показників.

1.1 Спостереження за якістю колії

Зміна якості шляху

На малюнку 1.1 схематично показано зміну якості колії.

Після досягнення граничного рівня (бажаний поїзний комфорт) колію підбивають і стандартне відхилення похибок положення колії падає. Цим поліпшенням закінчується період швидкого екпоненціального зростання похибок положення колії (через великий масштаб осі X - не показано), перш ніж починається лінійне погіршення якості - ця фаза відбувається через відламування гострих країв щебеню [2] і перерозподіл щебеню і закінчується по закінченню періоду близько 0,5-2 млн.т.

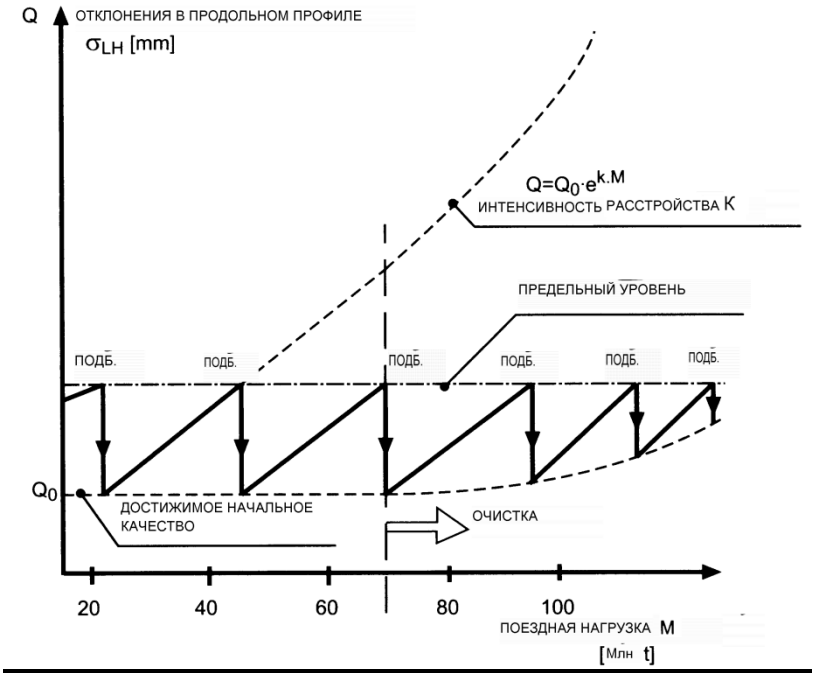

Рисунок 1.1 - Схематичне представлення перебігу якості шляху

Потім крива якості колії протікає лінійно. Залежно від поїзного навантаження і конструктивних особливостей колійної решітки - ця крива, що лінійно протікає, на завершення переходить в криву, що експоненціально зростає. Це відбувається насамперед тому, що баласт був очищений занадто пізно або є проблеми із земляним полотном (напр., підйом дрібного матеріалу). Внаслідок забруднення щебеню втрачається його властивість щодо розподілу навантаження. Внаслідок цього зростає тиск на щебінь під шпалою і тиск на земляне полотно - підбивка не призводить до підвищення несучої здатності. Додатково падає початкова якість, що досягається.

Далі описуються окремі параметри якості шляху.

Граничний рівень

Це рівень якості колії, при досягненні якого необхідно проводити колійні роботи для повернення колії необхідної якості

Початкова якість

Що вища початкова якість шляху, то вищий запас якості шляху і то пізніше буде досягнуто граничного рівня. Висока початкова якість шляху досягається за рахунок:

- Оптимальних технологій і методів,
- Високопродуктивних колійних машин,
- - Високоякісні елементи шляху

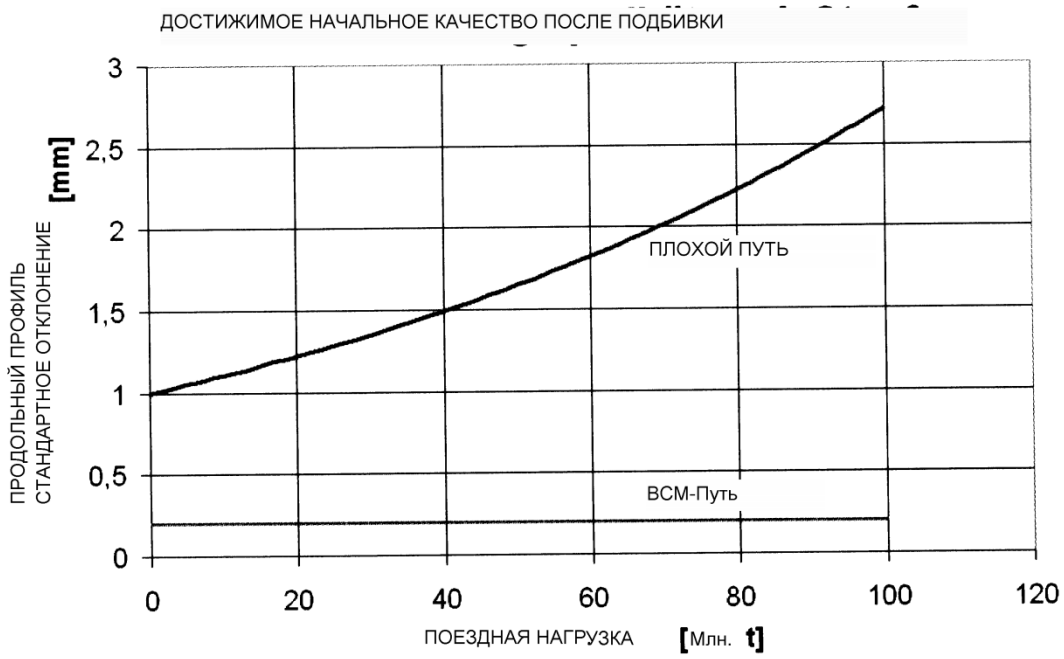

Рисунок1.2 - розкид досяжної початкової якості шляху k_0 залежно від інтенсивності розладу якості шляху

На рисунку 1.2. показано взяті з практики значення для діапазону розкиду досяжної початкової якості колії після підбиття залежно від інтенсивності розладу якості колії. Верхня гранична лінія діапазону розкиду відповідає поганому шляху. Від підбиття до підбиття досяжна початкова якість буде дедалі меншою, міжремонтні інтервали дедалі коротшими. Потрібно вжити ґрунтовних заходів для поліпшення якості шляху, тільки підбиття вже недостатньо. Такими заходами залежно від типу причин погіршення можуть бути очищення щебеню або поліпшення земляного полотна. Нижня гранична лінія відповідає високошвидкісним лініям.

Початково досяжна якість у них дуже висока, яка під навантаженням ледь змінюється. Високі міжремонтні інтервали залишаються високими, майже постійними протягом тривалого часу. Якість змінюється експоненціально.

Відхилення шляху

Під відхиленнями колії розуміють відхилення її геометричного положення від проектного

Початкова усадка

Під початковою усадкою розуміють швидке зниження якості колії протягом перших 0,5-2 млн.т. поїзного навантаження.

Це швидке початкове погіршення якості колії можна зменшити цілеспрямованою, контрольованою усадкою за допомогою динамічного стабілізатора. З підвищенням запасу якості колії знижуються витрати з її поточного утримання.

Початкова якість шляху

Це якість положення колії, яка була досягнута під час закінчення колійних робіт, що змінювали геометричне положення колії

Якість, що зберігається

Це критерій для оцінки того, на скільки довго зберігається початкова якість колії під час планової її експлуатації

Одиничне відхилення

Це відхилення в положенні колії на порівняно невеликому проміжку, яке має бути або терміново усунене, або вводиться обмеження швидкості в цьому місці. До прим: перекіс, просадка, кут у плані).

Примикання

Місця з'єднання відрізка колії, на якому проводяться виправно-, підбивочно-, рихтувальні роботи, з ділянками, на яких на даний момент роботи не проводяться, називають примиканнями.

Інтенсивність розладу шляху

Інтенсивність розладу колії відповідає кривизні кривої. Що пологіше відбувається підйом кривої, то вищі міжремонтні інтервали і нижчі витрати з поточного утримання колії.

У шляхів, щебенева основа яких забруднена або перевантажена, відбувається лінійна зміна в експоненціальній формі

$$Q = Q_0 * e^{k*M} \qquad (1.1)$$

де Q_0 початкова якість [мм],

Q ... поточна якість шляху [мм],

k ... інтенсивність розладу шляху [мм/млн.т],

M ... поїзне навантаження [млн.т].

Якість колії протягом усієї її експлуатації безпосередньо залежить від рівня її початкової якості.

На інтенсивність розладу шляху можна вплинути такими способами:

- Високий момент інерції рейок,
- Збільшення епюри шпал,
- Малі радіуси кривих мають частковий вплив,
- Гомогенно ущільнена нижня будова щебеневого шару - є важливими факторами для підвищення довговічності положення колії.,
- Коливання вертикальної еластичності чинять негативний вплив,
- Спектр сил, що чиняться на шлях, особливо під час високошвидкісного руху, є вирішальним фактором.

Динамічні зусилля, а особливо зустрічаються максимальні динамічні навантаження, призводять до надпропорційних ушкоджень колії [3].

На рис. 1.3 показано зміну якості шляху відповідно до експоненціально заданого закону залежно від інтенсивності розладу його якості. Якщо представлений поганий шлях (верхня гранична лінія), тоді й початково досягнута якість не висока. З малюнка видно, що якість поганої колії стрімко погіршується, а положення такої колії навіть після повторюваних підбивок не

зберігається, а навпаки дедалі швидше погіршується. Типові міжремонтні інтервали такої колії становлять від 0,5 до 1,5 років. Висока інтенсивність розладу якості вказує на колію із забрудненою щебеневою основою, невідповідність властивостей нижньої будови вимогам або колії конструктивні особливості яких не відповідають наявним навантаженням. Низька інтенсивність розладу якості колії вказує на високошвидкісні колії або на головні колії з хорошими несучими властивостями нижньої будови (з достатніми захисними шарами) - як це вказує нижня гранична лінія. Початкова якість такої колії висока, інтенсивність розладу якості мала, під час підбиття досягається висока якість положення колії, яка тривалий час зберігається. Типові міжремонтні інтервали таких колій вище 5 років.

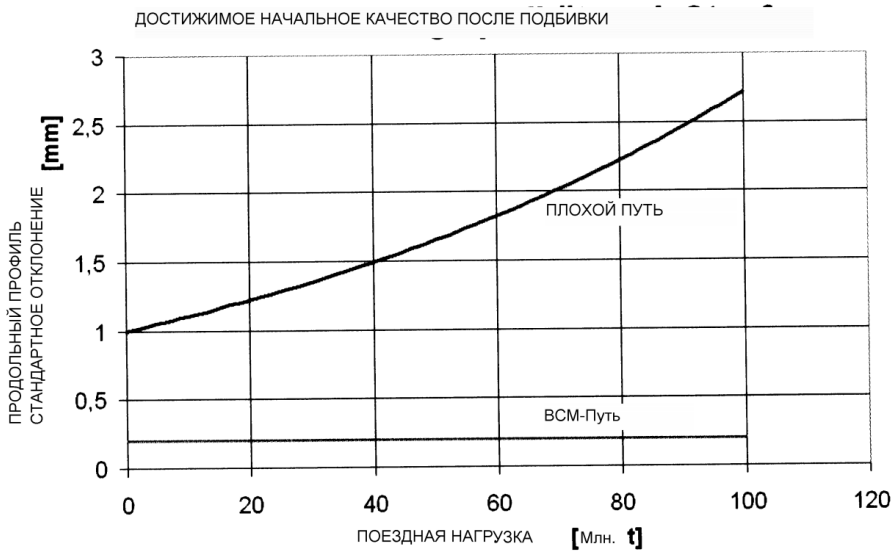

Рисунок 1 - Зміна якості шляху залежно від інтенсивності розладу його якості

У таблиці 1.3 дається огляд спостережуваних на колії різних типів інтенсивності розладу колії після підбивання і досяжної початкової якості.

Таблица1.3 - Огляд інтенсивностей розладів шляху та початкової якості після підбивання

Найменування	**Q_0** [мм]	**Інтенсивність розладу шляху k після підбиття** [$mm/10^6$ t]	**Інтенсивність розладу якості Початкова якість після модернізації k_0** [$mm/10^6$ t]
UIC60, бетонні шпали, ~ 20Млн.т / год	0,3-1,5	0,01-0,05	0 – 0,02

З досліджень відомо, що в разі проведення підбивочних робіт, становище хорошої колії у відсотковому відношенні до поганої колії покращується більше. Це відношення показано на діаграмі на малюнку 1.4. Інтенсивність розладу колії від 0,01 мм/млн.т покращується на 75%. Якщо граничний рівень такої колії становить 1 мм, тоді стандартне відхилення похибок положення колії, що залишилися, після підбиття поліпшується до 0,25 мм. На другорядних шляхах з 0,2 mm/млн.т відбувається поліпшення лише на 50%, так від граничного рівня в 2 мм знижується всього лише до 1 мм..

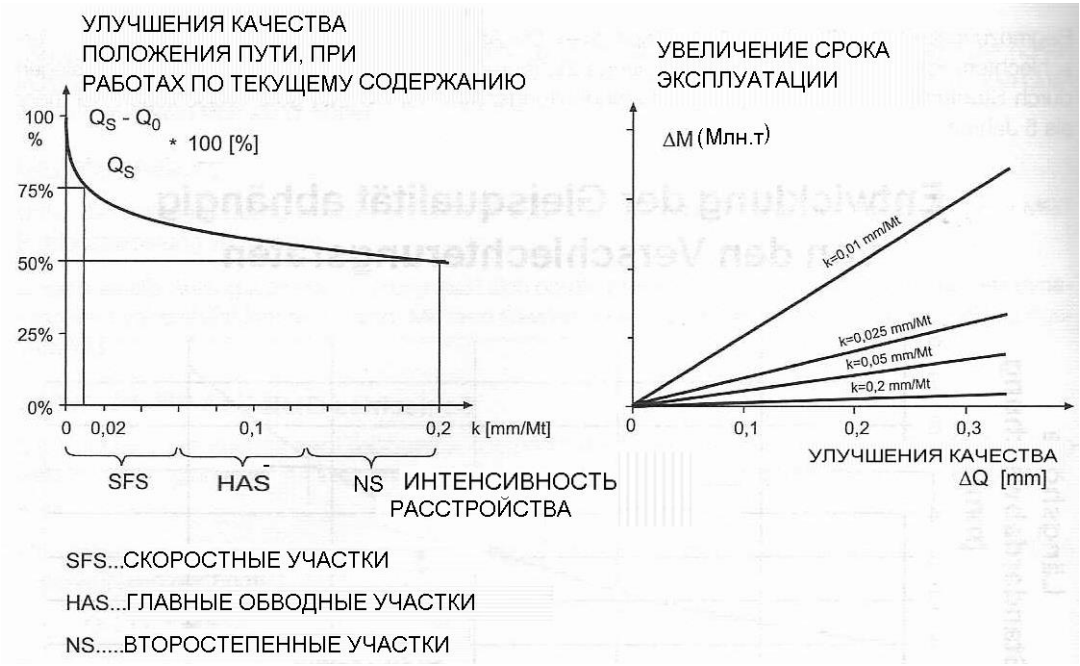

Рисунок 1.4 - Взаємозв'язок між погіршенням колії, збільшенням терміну експлуатації та поліпшення положення колії

Ці залежності вказують на те, що високоякісний шлях можна легше та економічніше підтримувати на високому рівні ніж менш якісний шлях. На малюнку праворуч показано збільшення терміну експлуатації колії, яке досягається завдяки низькому значенню інтенсивності розладу колії k. Приміром при застосуванні динамічного стабілізатора частина нерівномірних усадок (і пропорційно пов'язаних з ними відхилень, що розвиваються) колії після підбиття від поїзного навантаження знижується, також змінюється інтенсивність розладу колії, приміром, на 0,3 мм донизу. Для колії з інтенсивністю розладу 0,01 мм/млн.т тривалість експлуатації була б збільшена на 30 млн.т..

Крива суми відхилень положення шляху

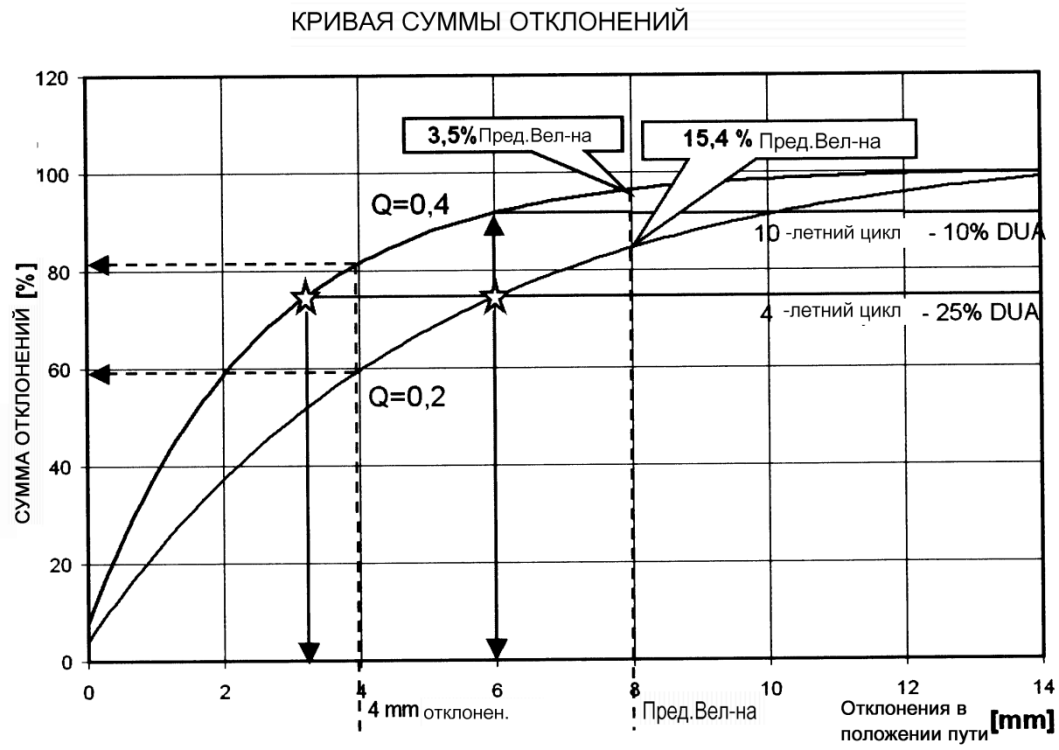

Рисунок1.5 - Графік суми відхилень

На малюнку 1.5 показано графік суми відхилень у дорозі у відсотках до абсолютного значення похибок у дорозі. Відхилення в колії статично розосереджені за експоненціальним розподілом [4]. Для трьох значень якості шляху (Q = 0,2, Q = 0,3 і Q = 0,4) на діаграмі показано відповідні криві. Q = 0,4 відповідало б, приміром, якості колії, яку було отримано з високопродуктивними щебенеочисними та підбивочними машинами, оснащеними сучасними лазерними та комп'ютерними системами, а колія з Q = 0,2 - це колія, яку було отримано за допомогою звичайних колійних машин. Про що говорять криві? Приміром, проводимо вертикаль від відхилення 4 мм вгору і дізнаємося, що на найгіршому шляху тільки 60% усіх відхилень знаходиться нижче 4 мм, тоді як на хорошому шляху понад 80% усіх відхилень знаходиться нижче 4 міліметрової позначки. Допустиме відхилення для ділянки шляху зі швидкістю 120км/год < v ≤ 160 км/год становить 8 мм. З діаграми можна побачити, що на найгіршому шляху 15,4% від усіх відхилень перевищують допуск, тоді як на найкращому шляху лише 3,5%.

Це означає, що оптимальна початкова якість колії є не тільки хорошою, середньою якістю колії взагалі, але також вказує на кількість приватних відхилень у положенні колії. Ця взаємозалежність також важлива, оскільки підвищення кількості приватних відхилень може спричинити підвищення кількості місць з обмеженням швидкості і тому має значення як захід до зниження загальних експлуатаційних витрат.

Діаграма дає змогу також заявити про ефективність застосовуваних заходів. Приміром, було б достатньо заходу з підбиття 25% шляху ділянки (4-х річний цикл), тоді на найгіршій колії (Q=0,2) 75% були б нижчими за 6 мм, а на кращій колії вже 75% усіх похибок були б меншими за 3 мм!

Крім того, на шляху з кращою якістю тривалість циклу можна було б підвищити до 10 років, при збереженні величини середнього відхилення до 6 мм. Насамперед 90% усіх відхилень були б меншими за 6 мм. Цікаво зауважити, що всупереч значно нижчим витратам на поточне утримання, як порівняти з якісно гіршим шляхом, кількість одиничних відхилень залишається значно нижчою!

Отже, з діаграми можна зрозуміти - яке величезне значення необхідно приділяти отриманню колії з максимально можливою початковою якістю, і це визначальний фактор для довготривалої економії коштів.

1.2 Вимоги до геометрії колії

Високошвидкісні поїзди та потяги сьогодні є найсучаснішими, найдинамічнішими та найекономічнішими у високошвидкісному залізничному сполученні.

Але для таких поїздів потрібна колія високої якості. Що вища початкова якість колії після модернізації, середніх ремонтів або інших колійних робіт, то нижчими є подальші витрати з поточного утримання. Істотний вплив на початкову якість колії має встановлення колії в прецизійне геометричне положення. При цьому похибки в колії обчислюються не тільки виходячи з

їхніх величин, але також щодо довжини їхньої хвилі. На противагу поїздам із "нормальними" швидкостями до 160 км/год, довгохвильові відхилення геометричного положення колії під час високошвидкісного руху мають більше значення.

Для ґрунтовного спостереження за економічністю заходів з поточного утримання та наявності основи для ухвалення рішень - який спосіб робіт з поточного утримання необхідно неминуче обрати - впровадження колійовимірювального вагона з аналізуючою системою. При цьому цікавить не тільки актуальна якість положення колії, а й її зміна в часі між вимірювальними поїздками. Це дає змогу прогнозувати роботи з поточного утримання та аналізувати стан колії.

Швидкісні колійовимірювальні вагони обладнані інерційною вимірювальною системою, призначені для високошвидкісних ліній, дають змогу здійснювати вимірювання амплітуди відхилень на колії. Поряд з відносною точністю положення колії, через стандартні відхилення вимірюваних величин, потрібна абсолютна точність положення колії щодо безпеки проти викидів . Тому *ВСМ*, як правило марковані шляхи. При цьому спостерігають висотне і положення в "плані" по відношенню до реперів.

Вимоги до колійовимірювальних вагонів

Як йшлося вище, колійовимірювальні вагони повинні відповідно до сучасної якості техніки робити виміри шляху якомога точніше щодо частоти й амплітуди. Для вимірюваної величини достатній сьогодні діапазон довжини хвилі від мм-діапазону до 100-м. діапазону. Для амплітуди достатньо від □-діапазону до m-діапазону. Сьогодні пропонуються колійовимірювальні вагони зі швидкістю вимірювання від 5 км/год до 250 км/год.

Мультифункциональные путеизмерительные вагоны

Останніми роками інтернаціонально помітна тенденція в напрямку мультифункціональних колійовимірювальних вагонів[5]. Які переваги дає впровадження одночасного вимірювання та обліку різних параметрів колії?

На дорогах, зважаючи на ефективне поточне утримання та планування ремонтних робіт, має бути забезпечена оптимальна взаємодія всіх структурних підрозділів. Дедалі частіше колійні роботи проводять координовано, щоб забезпечити якомога менші експлуатаційні обмеження.

Облік окремих спеціалізованих параметрів проводиться колійовимірювальними вагонами. Така одночасність пропонує до того ж можливість, проводити співвідношення різних відхилень у колії, помітити взаємозалежності та змінні впливи на колію. Наприклад залежність підвищеного зносу контактної мережі від відхилень поздовжнього профілю. Також очевидно, що вартість експлуатації коловимірювального вагона під час вимірювання одного параметра або багатьох практично однакова, і економічність використання коловимірювального вагона під час одночасного вимірювання більшої кількості параметрів у колії зростає. Мультифункціональні колійовимірювальні вагони мають додаткову перевагу, що забезпечується охоплення всіх параметрів колії в реальному часі для кожного відрізка колії..

Параметри вимірювання та граничні умови

Параметри геометрії шляху

В таблице 1.4 показан обзор измеряемых параметров для верхнего строения пути и диапазоны их измерения по последнему слову техники.

При контактном методе для измерения используют измерительные колёса или измерительные наконечники. При бесконтактном методе наряду с оптическими лазерными триангуляционными системами применяют так же лазерные сканеры, видеосистемы с распознаванием изображений и инерционные системы. Перекос может быть измерен с помощью соответствующе приложенных колёс или может быть расчитан на основе возвышения на предварительно заданную базу. Стрела прогиба может быть так же замерена с помощью измерительных колёс и стальной хорды. Другая

возможность состоит в бесконтактном измерении, когда ощупываются 3 точки и рама выступает как база или расчёт стрелы прогиба по предварительно заданной геометрии инерционной системой.

Таблица 1.4 - Параметры геометрии пути

Измеряемая величина	**Длина волны [м]**	**Способ измерения**	**Максимальная v[км/ч]**
Продольный профиль	1 – 100	контактный; бесконтактный; инерционный	250
положение / большая длина волны	1 – 100	бесконтактный; инерционный	250
Абсолютное положение	-	бесконтактный GPS	250
Стрела прогиба	1 – 15	контактный; бесконтактный; расчёт	250
возвышение	-	контактный; бесконтактный; инерционный	250
перекос	-	контактный; расчёт	250
Ширина колеи	0,25 – 100	контактный; бесконтактный; под нагрузкой [2]	250
вдавливания (стыки, крестовины)	0,5 – 1	бесконтактно; распознавание изображений	160

Абсолютное положение путеизмерительного вагона во время движения может быть определено с применением системы *DGPS* (*OmniSTAR* – европейская служба для определения сигналов корректировки *GPS*). Это позволяет сегодня определять координаты с точностью до 0,5-1 м. Если в базе данных путеизмерительного вагона сохранены данные о точках синхронизации (в абсолютных координатах), так с определением актуального

положения путеизмерительного вагона можно производить автоматическую синхронизацию на местности.

Параметры нижнего строения

В настоящее время такие параметры нижнего строения, как содержание воды, показания о слоях могут быть практически непрерывно замерены только с помощью георада . Измерительная скорость при этом лимитирована 30-50 км/ч.

Параметры щебня

Наразі відомі лише системи, за допомогою яких можна визначити профіль баластної призми, при впровадженні безконтактної системи лазерного сканування. Товщина щебеневого баласту визначається за допомогою георадара.

Вимірювання рейок

У таблиці 1.6 показано огляд параметрів, які можуть бути "зняті" з рейок за сьогоднішнього стану техніки, а також їхні граничні величини.

За допомогою зйомки колії цифровими камерами з високою роздільною здатністю, і подальшого розпізнавання, можуть бути визначені відхилення в геометрії рейок і скріплень

Вимірювання рифлів може бути здійснене інерційною вимірювальною системою, яка являє собою невеликий вантаж підресорений вантаж із закріпленим на ньому лазерним далекоміром. Виміряний сигнал рифлів має при цьому значно більшу частоту, ніж частота власних коливань системи.

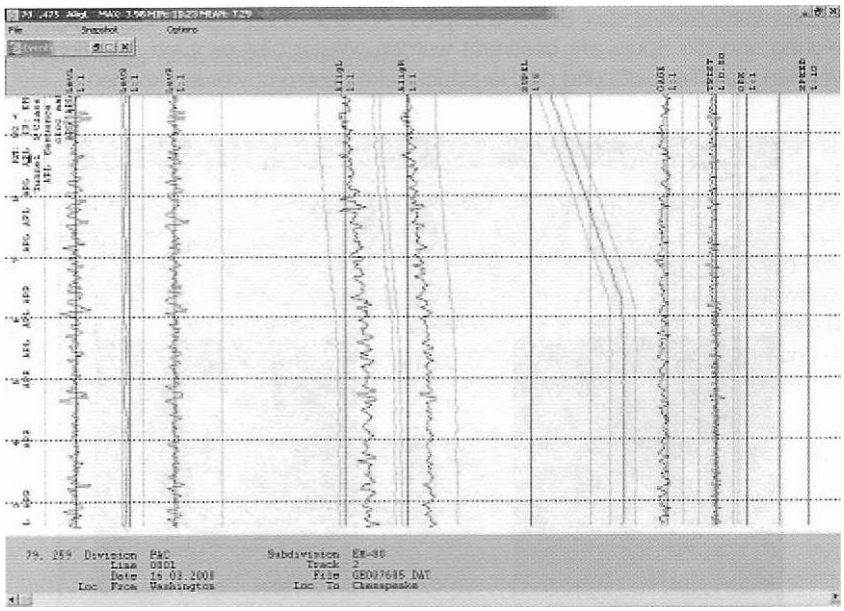

Рисунок 1.6 - Зображення монітора - параметри вимірювань

Таблиця 1.6 - Параметри рейок

Вимірювана величина	**Довжина хвилі**	**Тип вимірювання**	**Максимальна v [км/ч]**
Властивості матеріалу	0,1 – 10 мм	ультразвук [5]	100
Відхилення у верхній площині	0,2 – 100 мм	Відео, розпізнавання знімків	250
Рейкові скріплення	-	Відео, розпізнавання знімків	250
ріффлі	2-100 cm	інерційно; безконтактно; контактно	5-250
Підуклонка рейок	-	безконтактно	250
Знос рейок, форма рейок	-	безконтактно	250
Температура рейок	-	Безконтактно; оптично	250
Вимірювання стрілочних переводів	-	Безконтактно; оптично	250

При цьому амплітудні та частотні характеристики сигналу визначаються за допомогою електронного фільтра. Інша можливість полягає в тому, що

поверхня контактно або безконтактно вимірюється за способом стріл прогину з короткою базою з подальшою обробкою результатів вимірювань за допомогою цифрового фільтра. В інших системах застосовують цифрові камери і фотографують ділянку поздовжнього профілю. У наступному методі заміряють сигнали прискорень з подальшою електронною або комп'ютерною подвійною інтеграцією корисного сигналу.

Вимірювання профілю рейок здійснюють за лазерного випромінювання і частіше стереоскопічним зніманням [6]. Виміряний профіль рейок (рис. 1.7) порівнюється зі збереженим профілем. З порівняння натурного профілю і проєктного обчислюється знос. Крім того, за цифровими фотографіями можуть бути так само обчислено: підухил і ширину колії. крім того існує адаптована система для вимірювань у стрілочних переводах..

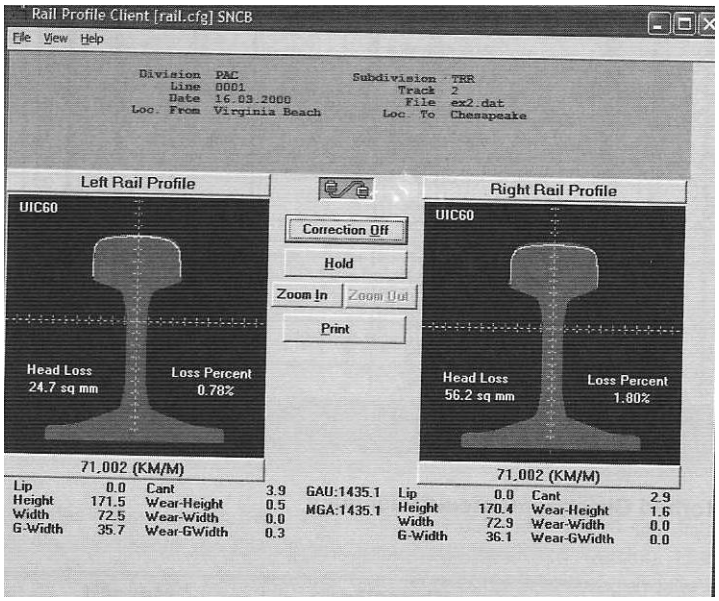

Рисунок 1.7 - Зображення вимірювання профілю рейки

Інспекція колії та узбіч

У таблиці 1.7 показано огляд додаткових параметрів на колії, які можуть бути виміряні, а також їхні межі за сьогоднішнього стану техніки.

Для інспекції колії застосовують цифрові кольорові камери, якими знімають шлях і найближче оточення. З додатком реального положення на

шляху, для кожного знімка може бути ідентифіковано реальне місце розташування. Система може бути використана для отримання загальної інформації про шляхи, баласт, бур'яни, контактну мережу, тунелі, мости тощо..

Таблиця 1.7 - Контроль додаткових параметрів та інспекції шляху

Вимірювана величина	**Спосіб вимірювання**	**максимальна v** [км/ч]
Габарит наближення будови; поперечний профіль тунелю	Лазерне сканування	250
Інспекція колії	Відео	250
Рейкові скріплення	Відео розпізнавання зображень	250
Сила радіополя (для поїзної радіостанції)	Прилад для вимірювання сили радіополя	250
Положення систем безпеки руху на колії	Оптичний тріангуляція	250
шум	мікрофон	160
Вимірювання положення рейок	Контактний Оптичний Відео	50-250
Зовнішня температура	електрично	250

Для визначення дефектів на шпалах і рейкових скріпленнях застосовують системи розпізнавання цифрової зйомки [7]. Знімки, на яких показані такі дефекти, класифікуються і зберігаються разом з іншими даними по колії з покилометровою прив'язкою.

Рисунок 1.8 - Знімок пошкодженої поверхні рейки та скріплення

На малюнку 1.8 праворуч показано знімок відпущеного скріплення. Так само добре помітні рифлі на поверхні рейки.

Для вимірювання габариту наближення будови і просвіту тунелю так само застосовують лазерні сканери. При цьому визначається відстань і кут до об'єкта. Вимірюваний кут становить при цьому 360°. Швидкість вимірювань 300 Hz (300 сканувань на секунду). Точність вимірювання подібних систем становить близько 2-20 мм.

Поряд із вимірюванням сили радіополя, проводять так само вимірювання рівня шуму і температури. Із застосуванням лазерних далекомірів визначається точне кілометрове положення різних пристроїв на колії, приміром кілометрове положення котушок ПОНАБ, що може бути використане для синхронізації положення колійовимірювального вагона..

1.3 Мультифункціональний колійовимірювальний вагон для швидкості 160 км/год

На (рис.1.9) представлено зразок мультифункціонального колійовимірювального вагона *Plasser&Theurer*

Ці колійовимірювальні вагони застосовуються на дорогах Німеччини, Нідерландів і Великої Британії. Він складається з двох частин, які з'єднані між

собою переходом. На колійовимірювальному вагоні встановлено, спеціально розроблені *Plasser&Theurer* пневматично підресорені ходові візки, які були розроблені для швидкостей до 200 км/год. Візки оснащені дисковими гальмами, антиблокувальною та антипробуксовочною системами. Два візки привідні і дають змогу розвивати швидкість своїм ходом до 160 км/год. Як двигуни використовуються два 12-циліндрових-екологічно чистих дизельних двигуни потужністю по 550 kW, дві гідродинамічні передачі і відповідно дві осьові передачі.

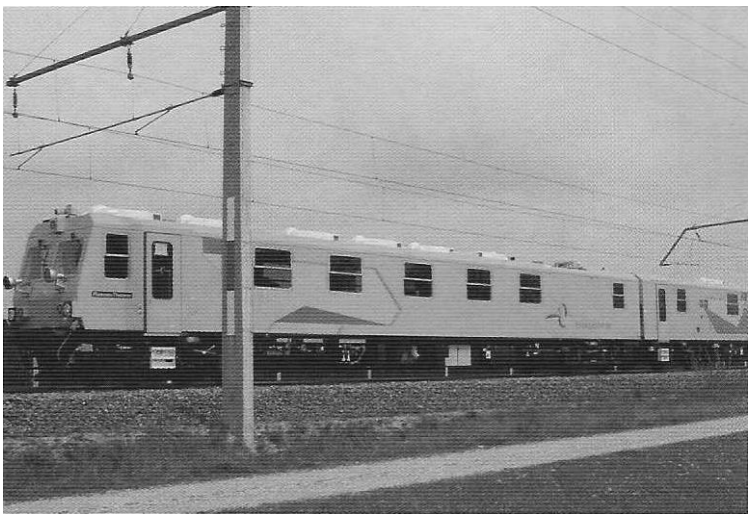

Рисунок1.9 - Мультифункціональний колійовимірювальний вагон для швидкості 160 км/год

Усередині вагона знаходяться: вимірювальний відсік, зал для презентацій і конференцій, окрема майстерня, кабіна для сну, кухня, туалет і душ, і звісно дві кабіни управління з відповідно 3 кріслами. Машина оснащена сигналізацією, повністю кондиціонована і вентильована. При тривалих стоянках є можливість підключення бортової електромережі до зовнішнього джерела.

До найважливіших систем можна віднести:

- Вимірювання параметрів геометрії колії за допомогою інерційної системи вимірювання, GPS, а також двох оптичних систем з вимірювання

ширини колії. Вимірюються і зберігаються такі параметри як: ширина колії, піднесення, поздовжній профіль, рихтування, ухил і перекіс,

- Додаткова лазерна система швидкого вимірювання ширини колії (дає змогу вимірювання ширини колії),
- Визначення місця розташування за допомогою *GPS*,
- - Профіль рейки та її зношення,
- - Інерційна система вимірювання рифлів із системою стеження середини рейки,
- Відеоаналіз поверхні рейки та рейкових скріплень,
- Вимірювання бічного та висотного положення контактної мережі,
- Встановлення та вимірювання сили притискання пантографа,
- Вимірювання положення опор,
- Вимірювання положення опор- Вимірювання узбіч за допомогою чотирьох цифрових кольорових кольорових відеокамер високої роздільної здатності й однієї S/W-цифрової камери високої роздільної здатності - запис чотирма цифровими накопичувачами,
- Вимірювання прискорень кузова вагона,
- контроль Indusimagneten und,
- - Вимірювання зовнішньої температури.

Вагон оснащується трьома різними системами безпеки *INDUSI* у Німеччині, *ATB* у Нідерландах та *TPWS* у Великій Британії.

Комп'ютерна установка складається з одного сервера, і під'єднаними через локальний Ethernet різні комп'ютери вимірювальних систем. У комп'ютерній системі використовується *TCP/IP*-протокол. Як деякі користувацькі комп'ютери застосовано ноутбуки. Масштаби на самописцях вільно конфігуруються, так само як і виміряні параметри.

1.4 Узагальнення результатів вимірювань і визначення необхідних заходів

Наявні в системі *EDV,* масштабовані графічні дані про висотне положення колії та в плані з урахуванням положення протилежної рейки передають у відповідне залізничне відомство для встановлення необхідних заходів. Спеціалізована порада надається експлуатаційником *EMSAT*. Таким відомством визначаються місця початку і кінця підбивочних робіт для того, щоб було забезпечено плавне і гармонійне сполучення з ділянками колії, що не підбиваються.

На піднесених точках приймають мінімальну підйомку, якщо зрушення в таких місцях мале і взаємне висотне положення рейкових ниток <5 мм. взаємне висотне положення сполучається 1:2000.

Передача та місцезнаходження вимірювальних документів

Дані щодо проєктної геометрії, величини підйому/зсуву, так само як і дані про проєктні габарити колії та проєктне висотне положення, передаються особі, уповноваженій за виконання підбивних робіт, за допомогою електронних носіїв інформації (до прикладу, USB-FLASH).

Крім того, роздруківку цих даних передають на підбивочну машину, на випадок втрати (псування) електронних даних, для забезпечення ручного введення у виправочно-рихтувальні системи підбивочних машин..

Супутникова вимірювальна система GPS у вимірюванні маркованих шляхів

Сьогодні глобальна система позиціонування (GPS) пропонує нові можливості у вимірюванні абсолютного положення шляху. У колійному будівництві, як правило, потрібна точність, яку можна досягти тільки у відносному способі (під час вимірювання базисної лінії) у разі застосування

фази несучої хвилі. Довжини базисних ліній обмежені 4-10 км. З економічних міркувань прагнуть до кінематичних вимірювань у реальному часі. Для вимірювання положення шляху використовують Диференціальні GPS вимірювання (кінематик "стій-іди"). Під час вимірювання фази несучої частоти GPS-сигналу, положення фази може бути визначено в точці вимірювання. неоднозначність фази (кількість цілих періодів між супутником і приймачем) визначається через ініціалізоване вимірювання. Потім може бути розрахована відстань від місця вимірювання до супутника. За одночасного спостереження від чотирьох супутників двома подвійним диференціюванням, можуть бути математично виключені з розрахунків тимчасові неточності супутникових годинників і приймачів.

Щодо досяжної точності необхідно брати до уваги компоненти базової лінії, що залежать від положення і часу. Компоненти, що залежать від місцевості, у разі вимірювання шляху, зважаючи на їхній довгоперіодний характер, мають незначний вплив на точність вимірювань. Великий вплив мають короткоперіодні складові, що залежать від часу.

Визначення середньої помилки положення точки:

$$\sigma_P = \sigma_\phi \cdot DOP \qquad (1.20)$$

де σ_P... середня помилка положення точки

σ_ϕ... стандартне відхилення вимірювання фази

DOP... вплив конфігурації супутник-приймач

Надалі буде вводитися тільки одна частина помилки.

Вимірювання відхилення фази σ_ϕ

Для визначення геометричної відстані між супутником і точкою обсервації на підставі вимірювання фаз застосовують таку залежність:

$$\rho_i^j(t)=\lambda \cdot \phi_i^j(t) - \lambda \cdot N_i^j - \lambda \cdot f^j \cdot \Delta\delta_i^j(t).$$

$\rho_i^j(t)$ ... геометрическое расстояниие спутник - пункт приёма
λ ... длина волны несущего частотного сигнала
$\phi_i^j(t)$ ... измеренное положение фазы
N^j ... неизвестная фазы
f^j ... частоты сателлитов
$\Delta\delta_i^j(t)$.. комбинированная неточность времени на спутнике и тточк приёма в отношении времени GPS
i ... место измерения

Під час узагальнення утворюється подвійне диференціювання вимірювання фази, з тим щоб виключити невраховані похибки. Як модель рівняння подвійного диференціювання DD(□) виміряної фази несучої частоти приймемо:

$$\lambda\cdot DD(\phi) = DD(\rho) + \lambda\cdot DD(N) + DD(\Delta_{trop}) - DD(\Delta_{iono}) + DD(\Delta_{multi}) + DD(\Delta_{noise}) \quad (1.3)$$

где: Δ_{trop}... тропосферна рефракція

Δ_{iono}... іоносферна рефракція

Δ_{multi}... ефект багатопутності сигналів

Δ_{noise}...шуми

Координати базових точок задаються як координати супутника. При цьому як невідомі виступають більше координати мобільної базової станції.

Неоднозначність фази може бути визначена через статичне або кінематичне ініціалізування. Неправильне встановлення неоднозначності фази призводить поряд із постійною похибкою базової лінії так само до дрейфу похибки, що впливає під час вимірювань шляху.

Тропосферна рефракція зазвичай моделюється як стандартна атмосфера. Цього достатньо при вимірюваннях шляху, оскільки немає значних перепадів висот і базисна довжина обмежена.

Вплив іоносферної рефракції досягає протягом дня 2 ppm. Тому на шляхи переважно впливають тимчасові варіації активності іоносфери. В особливих випадках похибки можуть досягати міліметрового діапазону. Цей вплив усувається при використанні двочастотного приймача.

Ефект багатопутності має на помилковість вирішальне значення. З теоретичних викладок випливає, багатопутність виміряної фази □/4 = 5 cm може систематично погіршуватися. Суттєво, що цей ефект сильно залежить від місцевості і тому в разі кінематичних вимірювань призводить до дрейфу фази в сантиметровому діапазоні.

Мультифаза може бути зменшена застосуванням спеціальних пластин для антени або особливою формою антен. Так здебільшого усуваються відбиття від землі (сигнали під низьким кутом) і тому в колійному будівництві мають менше користі, бо тут у звичайних умовах трапляються відбиття так само під великими кутами.

За даними різних виробників йдеться про дрейф фази від 0,2 мм до 2 мм. При цьому необхідно враховувати, що похибка береться зазвичай в ідеалізованих умовах. Тому в кінематичних вимірюваннях у колійному будівництві беруть верхню межу ±2 мм.

При утворенні подвійного диференціювання для виміряної фази дрейф приймається вдвічі більший. Так само приймають (природно збільшуючи) складову дрейфу від рефракції і насамперед від багатопутності сигналів.

Вплив на похибку комбінації супутник-приймач на похибку:

Фактор DOP залежить тільки від геометрії супутник-приймач. Можна показати, що фактори DOP приблизно обернено пропорційні об'єму тіл, які утворюють спостерігач і спостережуваний супутник. Наразі положенням 24 супутників можна очікувати в 60% часу PDOP (Position Dilution of Precision - середня похибка положення) до 3,0. Точність вимірювання фази приймають

±1мм (виходить із σϕ = ±2 мм при подвійному диференціюванні) призводить до середньої похибки положення точки в ±6 мм.

З *GPS* дотсижиму відносна точність визначення положення ±6 мм. Точність у визначенні висотного положення гірша в 1,5-2 рази. Точність *GPS* як заміна вимірюванням довгими лазерними хордами - недостатня.

GPS насамперед дає економічне рішення, переведення локальних високопрецизійних даних від вимірювань довгими лазерними хордами в абсолютні координати.

Вимірювання координат одного репера традиційними способами обходиться сьогодні 100,- € за кожен вимір. Це показує, який економічний потенціал наявний при впровадженні комбінації *EMSAT-GPS*.

Недоліки*GPS*:

- Обмежений прийом супутників (топографія, перешкоди від троєнь, мости, тунелі тощо)
- Багатопутність сигналів

Використання комбінованої системи EMSAT – GPS

У разі одночасного вимірювання шляху довгими лазерними хордами і *GPS* можливо довгі лазерні хорди ("що працюють" у локальній, відносній системі координат) трансформувати в абсолютні високоточні

Практично кожна виміряна *GPS*-координата може бути використана як репер (Рисунок 1.10). Форма положення шляху, визначена вимірами довгими лазерними хордами, з одночасними диференціальними вимірами GPS трансформована координатну систему так, що між двома точками виміру отримується мінімум квадратичних відхилень. За таким способом локальні координати кінцевих точок вимірювання довгими хордами перевіряються в абсолютних координатах.

Так, без значних, додаткових витрат є такі переваги:

Повторювані періоди вимірювання системи дають змогу свідчити про придатність і точність *GPS*- вимірювань. Це дає змогу здійснювати картування за умови надійних *GPS*- вимірювань і передумови, де можна відмовитися від наявних реперів. Порівняння високоточних вимірювань за допомогою довгих лазерних хорд і *GPS*- вимірювань дає змогу судити про якість *GPS*- прийому (багатопутність тощо).

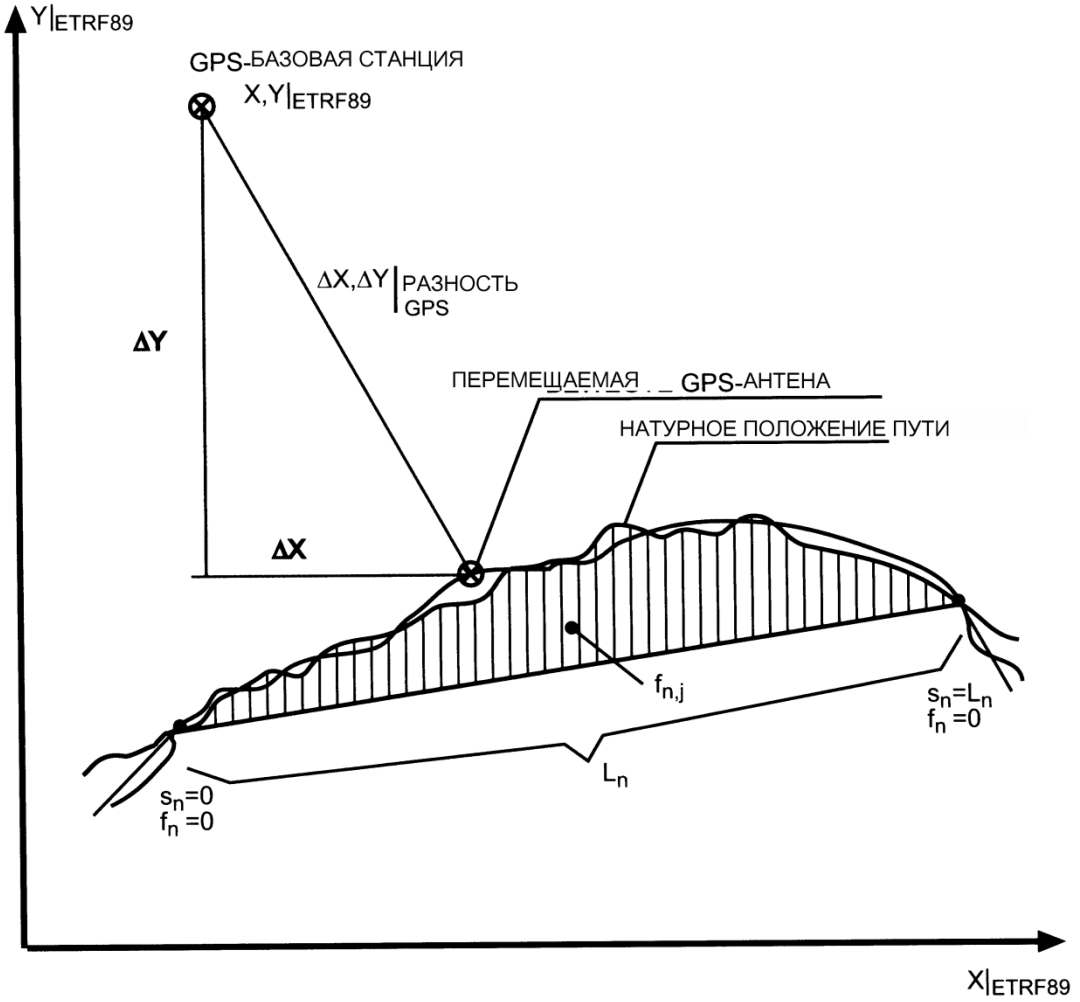

Рисунок 1.10 схематичне представлення вимірювань довгими лазерними хордами та диференціальних *GPS-вимірювань*

На немаркованому шляху координати кінцевих точок хорди можуть бути визначені з високою внутрішньою точністю і знаходиться в 1-см. діапазоні. Такі чудові дані можуть бути використані в інженерії з вимірювань шляху під час трасування або поліпшення діючих ліній. Економічну вигоду при використанні комбінованої системи EMSAT-GPS в порівнянні зі звичайними геодезичними методами важко переоцінити.

Якщо проєктне положення шляху визначено в абсолютних координатах, тоді під час вимірювання комбінованими приладами в будь-який час може бути встановлено відхилення в положенні шляху. При цьому кожна точка на шляху, для якої визначено *GPS*- координати, може бути репером. Репера можуть "вільно вибиратися".

На малюнку 1.11 показано результат порівняння вимірювання довгими лазерними хордами і зйомкою *GPS*.

- Рисунок 1.11 Порівняння зйомки *GPS* зі зйомкою довгими лазерними хордами для поздовжнього профілю

Комбінація EMSAT із системою з вимірювання профілю щебеню

Під час планування підйомних робіт, що базуються на підставі величин коригування висотного положення - реальні дані про профіль щебеневої призми мають важливе значення. За допомогою безконтактної системи з вимірювання баластної призми можуть бути визначені надмірність або недостатність щебеню.

2 ПАРАМЕТРИ РЕЙКОВОЇ КОЛІЇ, МЕТОДИ ЇХ ОЦІНКИ В УКРАЇНІ

Колієвимірювальним вагоном ЦНДІ-2 контролюються і записуються на паперову стрічку такі параметри рейкової колії [8]:

- ширина колії;
- положення рейкових ниток за рівнем;
- осідання рейкових ниток;
- положення колії в плані.

На колійовимірювальних вагонах, необладнаних БАС, контрольовані параметри рейкової колії записуються на паперову стрічку в масштабі: поздовжній - 1:2000; рівень - 1:2; просадки - 1:1; ширина колії - 1:1; відхилення рейкових ниток у плані - 1:2.

Під час автоматичного розшифрування записи здійснюють у масштабі, у 2 рази меншому, ніж під час ручного розшифрування, а на кілометрах із незадовільною оцінкою стану рейкової колії - у такому самому масштабі, як і під час ручного розшифрування.

На запис кожного параметра спеціальним валиком автоматично наносяться "нульові" лінії, що відповідають основним номінальним значенням вимірюваних параметрів: за шириною колії - 1520 мм і 1524 мм; за взаємним положенням рейкових ниток за рівнем - 0 мм; за осіданням рейкових ниток - нульовій величині осідання (за розташування точок контакту всіх коліс коловимірювального вагона з верхом головки рейки по кожній рейковій нитці на прямій лінії в поздовжньому напрямку); за положенням рейкових ниток у плані - нульовій величині стріл (при розташуванні точок контакту з бічною поверхнею головки рейки вимірювальних роликів і коліс переднього візка вагона на прямій лінії в горизонтальній площині).

На прямих ділянках з номінальним значенням рівня 6 мм нульову лінію проводять вручну на відстані 3 мм (з урахуванням масштабу) від нульової лінії, яку наносять валиком. Нульові лінії на записі рівня і стріл на кругових і перехідних кривих проводяться також вручну - як середні лінії.

На стрічці реєструються і відзначаються межі пікетів і кілометрів.

Товщина лінії запису параметрів рейкової колії на стрічці не повинна бути більше 0,5 мм.

Відступи контрольованих параметрів рейкової колії від номінальних величин на прямих, перехідних і кругових кривих, зокрема по ширині колії та рівню, враховуються під час розшифровки стрічок поштучно й оцінюються за їхньою кількістю та ступенями. При цьому за одиничний приймається відступ довжиною: за шириною колії - 2 мм на стрічці (4 м на колії); за рівнем - 5 мм на стрічці (10 м на колії).

Кількість враховуваних відступів за шириною колії та рівнем різних ступенів у разі безперервного їхнього пробігу на довжині, відповідно більшій за 2 і 5 мм, визначають на стрічці діленням загальної безперервної протяжності такого відступу (окремо за кожним ступенем) на відрізки колії, що дорівнюють одиничному відступу. При цьому відрізки завдовжки менше ніж 2 мм за шириною колії і менше ніж 5 мм за рівнем, що залишаються від ділення, приймаються за один відступ. Окремі відступи за шириною колії та рівнем завдовжки відповідно менше ніж 2 і 5 мм оцінюються як одиничні.

Відстані А, Б, В у перехідних кривих так само, як і на прямих і кругових кривих, визначають за лінією, паралельною "нульовій" на прямій, а розміри відступів за ступенями - за лінією, перпендикулярною до неї;

Ширина колії. Вимірюється за допомогою двох роликів або лиж, що притискаються до внутрішніх бічних граней головок рейок обох ниток на рівні від поверхні катання колеса по рейці 22 мм (за довгих лиж - 16 мм). У зв'язку з цим на ділянках з бічним зносом головки рейок 3 мм і більше під час визначення фактичної ширини колії за записом на стрічці (окрім колійовимірювача з довгими лижами) до неї вносять поправку 3 мм у плюсовий бік.

Приклад 1. На кривій ділянці за бічного зносу головки рейки понад 3 мм ширина колії на стрічці відповідає 1534 мм; з урахуванням поправки фактична ширина колії буде 1534+3=1537 мм.

Приклад 2. На прямій ділянці (за норми ширини колії 1520 мм) з перекладеними з кривої рейками з бічним зносом голівки більш як 3 мм, ширина колії на стрічці відповідає 1510 мм; з урахуванням поправки фактична ширина колії буде 1510+3=1513 мм.

За зафіксованої вагоном ширини колії 1542 мм і більше, а також 1512 мм і менше, фактичну ширину колії повинен обов'язково перевіряти дорожній майстер ручним шаблоном ЦУП.

У разі граничного бічного зносу головки рейки різниця у вимірюванні ширини колії колій колійним шаблоном і роликами колійовимірювача може становити 5-6 мм, що необхідно враховувати під час визначення ширини колії на стрічці, коли вона близька до максимально допустимої. У таких випадках слід зупинити вагон і провести перевірку ширини колії ручним шаблоном.

Номінальна ширина колії на кривих із бічним зносом головки рейки визначається дистанцією колії та заноситься у відомість кривих ділянок, яку подають начальнику колійовимірювального вагона.

На колійовимірювальній стрічці ширина колії зображується у вигляді безперервної лінії, кожна точка якої відповідає фактичній ширині колії в цьому перерізі колії.

Ширина колії в даному перерізі колії визначається за величиною відхилення запису від нульової лінії, що відповідає номінальному розміру ширини рейкової колії (таблиця 2.1.).

Таблиця 2.1. – Номінальні розміри ширини колії, мм

План шляху	Дерев'яні шпали	Залізобетонні шпали
Колія 1520 мм		
Прямі та криві радіуса 350 м і більше	1520	1520
Криві радіуса від 300 м (включно) до 350 м (виключно)	1530	-

Криві радіусу менше ніж 300 м	1535	-
Колія 1524 мм		
Прямі та криві радіуса 650 м і більше	1524	1520
Криві радіуса від 450 м (включно) до 650 м (винятково) до 650 м (виключно)	1530	1520
Криві радіуса від 350 м (включно) до 450 м (винятково) до 450 м (винятково).	1535	1520
Криві радіусу менше 350 м	1540	-

На ділянках сполучення прямої з кривою, що мають різні номінальні розміри ширини колії, перехід від однієї номінальної ширини колії до іншої здійснюється в межах перехідної кривої, а за її відсутності - на прямій з відводом не більш як 1 мм/м, що вимірюється за нульовою лінією на відводі. Більш круте відведення оцінюється як відступ III ступеня.

Під час проходу колійовимірювача з роликами або короткими лижами хрестовиною стрілочних переводів із нерухомим осердям ширина колії в зоні хрестовини на довжині 6 м не вимірюється і не оцінюється, тому що вимірювальні ролики, щоб уникнути потрапляння в мертвий простір хрестовини, автоматично відводяться від рейок. Шляховимірювачами з довгими лижами ширина колії в зоні хрестовини вимірюється так само як і на колії.

На стрілочних переводах з рухомим осердям (з безперервною поверхнею катання) ширина колії оцінюється по всій довжині переводу.

Положення рейкових ниток за рівнем. Взаємне положення (відхилення) рейкових ниток за рівнем визначається й оцінюється за нахилом задньої (з боку вимірювального візка) осі колісної пари вагона до горизонту, що створюється гіроскопічною платформою вимірювальної системи.

Ступінь відхилення рейкових ниток за рівнем від номінального значення визначається величиною відхилення (з урахуванням масштабу запису) лінії запису рівня на стрічці від нульової лінії, що відповідає:

на прямих ділянках - нульовому положенню рейкових ниток, або піднесенню однієї нитки над іншою на 6 мм, яке передбачають з метою підвищення плавності руху рухомого складу, насамперед на ділянках із високими швидкостями;

на кругових кривих - піднесенню зовнішньої рейкової нитки над внутрішньою;

на перехідних кривих - прямій (середній) лінії наростання (відведення) піднесення.

До перекосів колії відносяться відхилення за рівнем у різні боки за відстані між їхніми вершинами, виміряній за нульовою лінією на прямій, до 10 мм включно на стрічці (до 20 м на колії).

При цьому в перекіс входять відхилення за рівнем по 2,5 мм на стрічці за його вершинами. Відхилення за рівнем за межами перекосу оцінюються як плавні.

За наявності на гілці перекосу сходинки величиною до 3 мм (включно), перекіс розшифровують і оцінюють як один, а в разі сходинки понад 3 мм - як два самостійні перекоси.

За довжини (вимірюваної за нульовою лінією на прямій) відводу піднесення до 30 м (до 15 мм на стрічці) його нахил визначається за нахилом нульової (середньої) лінії на відводі до нульової лінії на прямій, незалежно від ха¬рактера запису рівня. За довжини відводу понад 30 м його ухил визначається залежно від характеру запису рівня на відводі. Якщо нахил запису рівня протягом усього відводу приблизно однаковий (відсутні різкі переломи в крутизні відводу), то ухил відводу визначається за нахилом нульової лінії на довжині відводу. Якщо ж нахил запису рівня на відводі неоднаковий, то запис розбивають на відрізки протяжністю не менше ніж 30 м із різними ухилами відводу. Крутизна відводу піднесення визначається по

відрізку з більшим ухилом до нульової лінії на прямій. При цьому, якщо довжина останнього відрізка виявиться рівною або меншою за 20 м, то він ураховується разом із сусіднім відрізком завдовжки 30 м, а якщо більше ніж 20 м до 30 м, то так само, як за довжини відводу до 30 м.

Під час запису стану шляху за рівнем можуть відбуватися "відводи", спричинені збоєм у роботі гіросистеми. У таких випадках нульову лінію в межах відведення проводять за середніми величинами запису відступів. При цьому розшифровуються й оцінюються тільки перекоси колії; плавні відхилення за рівнем і ухили відведення піднесення зовнішньої рейки кривої в межах відводу не розшифровуються й не оцінюються. Місце відведення запису на стрічці має бути зазначено і підтверджено підписом начальника колійовимірювального вагона, а в разі БАС - зазначено в протоколі за результатом проїзду.

Просідання рейкових ниток. До них відносяться короткі осідання рейкових ниток у поздовжньому напрямку колії, що вимірюються на базі візка відносно кузова вагона-колійовимірювача і зображуються на стрічці у вигляді суміжних різнобічних відхилень лінії запису від нульової лінії. Величина просідання визначається сумою амплітуд її запису на стрічці. Розшифровці та оцінці підлягають просідання з відстанню між вершинами амплітуд (за нульовою лінією на прямій), до 3 мм включно.

Просідання вимірюються і розшифровуються по кожній рейковій нитці; до обліку приймається їх сумарне значення на кілометрі.

Оцінці підлягають просідання з відстанню по горизонталі між суміжними вершинами амплітуди запису до 3 мм включно.

Просідання вимірюються і розшифровуються по кожній рейковій нитці; до обліку на кілометрі приймається їхня сума по обох нитках.

Положення колії в плані. Положення колії в плані оцінюють різницею суміжних стріл вигину рейкових ниток, вимірюваних у середині хорди завдовжки 20 м. Шляховимірювальний же вагон ЦНДІ-2 вимірює стріли

вигину рейкових ниток від хорди завдовжки 21,5 м у точці, розташованій на відстані 4,1 м від її кінця.

Через неоднаковість довжин названих хорд і місць вимірювання стріл на довжині хорди стріли, що записуються на стрічку колійовимірювача, відрізняються за формою та величиною від стріл, виміряних у середині хорди довжиною 20 м. При цьому різниця суміжних стріл, крім того, залежить від довжини нерівності шляху. У зв'язку з цим перехід від стріл, що записуються вагоном - колійовимірювачем, до стріл, виміряних від середини хорди завдовжки 20 м, здійснюється: під час ручної розшифровки - за допомогою палетки; під час автоматичного розшифрування - за спеціальною програмою.

Облік і оцінка відступів колії в плані проводиться: у кругових і перехідних кривих - за зовнішньою ниткою; у прямих - за рихтувальною ниткою, а відступів IV ступеня - за будь-якою ниткою. При цьому відступи в плані враховуються за різницею суміжних стріл за відстані між їхніми вершинами на стрічці до 10 мм включно. За наявності на лінії запису суміжних стріл різкого перелому зі сходинкою до 5 мм відступ у плані розшифровують та оцінюють як один, а в разі сходинки більше ніж 5 мм - як два самостійні відступи.

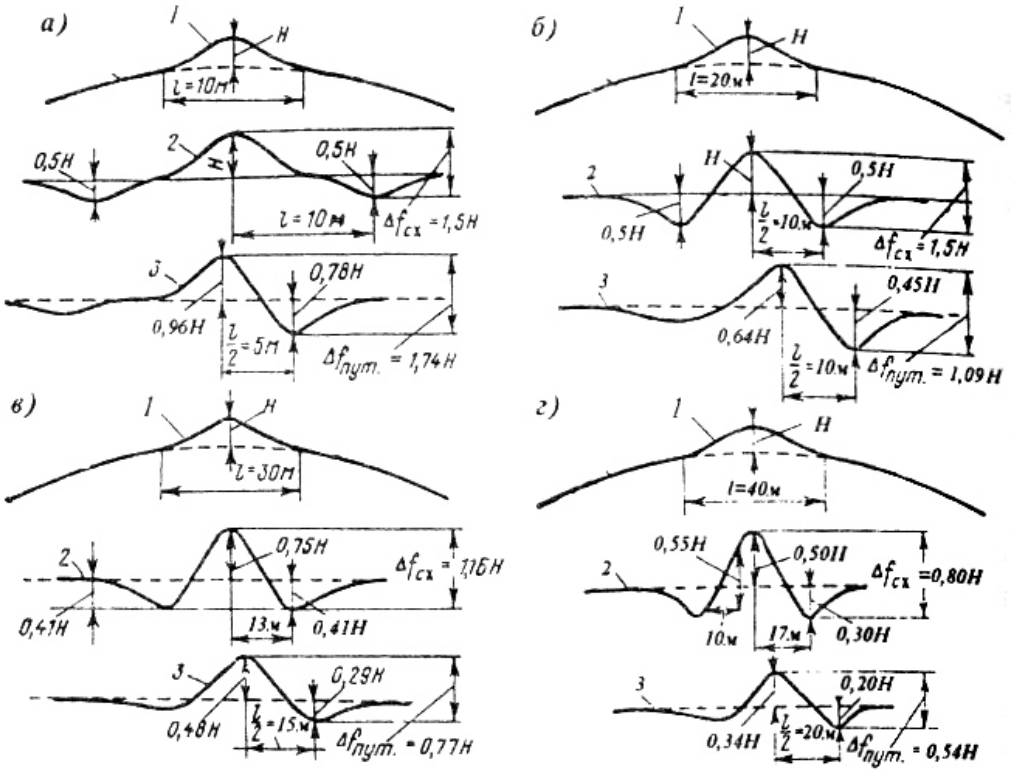

Рис. 2.1. Зображення нерівності колії в плані довжиною:
а) 10 м; б) 20 м; в) 30 м; г) 40 м.
1 - форма нерівності шляху;
2 - графік стріл, виміряних від середини хорди довжиною 20 м;
3 - графік стріл на стрічці колійовимірювача;
Н - величина нерівності колії в плані;
l - протяжність нерівності колії;
Δfсх – різниця стріл, виміряних від середини хорди 20 м;
Δfпут – різниця стріл на стрічці колійовимірювача.

Стан у плані стрілочних переводів із хрестовинами з нерухомим осердям колійовимірювачем не оцінюють, тому що запис стріл під час проходу вагона по хрестовинах спотворюється через відтискання вимірювальних роликів від рейки. На стрілочних переводах з рухомим сердечником стан колії в плані визначається так само, як і на колії.

Межі пікетів і кілометрів, що автоматично реєструються на стрічці, можуть не збігатися з фактичними місцями розташування на колії пікетних і кілометрових стовпів через похибки в протягуванні стрічки та помилки у встановленні кілометрових стовпів або через кілометри нестандартної

довжини. Тому збіг кілометрових зарубок з місцем знаходження кілометрових стовпів слід періодично перевіряти.

2.1. Регламентація параметрів рейкової колії, контрольованих колійовимірювальним вагоном

Виходячи з цілей найбільш раціонального визначення видів і термінів виконання робіт з усунення та попередження появи відступів від норм утримання рейкової колії за умови забезпечення безпеки руху поїздів, оцінка відступів від номінальних значень параметрів, що контролюються колійовимірювальним вагоном, провадиться за чотирма ступенями їхніх величин, регламентованими залежно від установлених швидкостей руху поїздів за принципом: що вищі встановлені швидкості руху поїздів, то меншими є регламентовані величини ступенів відступів.

Величини ступенів відступів за всіма параметрами, контрольованими колійовимірювальним вагоном, залежно від установлених швидкостей руху поїздів наведено в таблицях 2.2-2.4.

До I ступеня належать відступи, які не потребують виконання робіт з їх усунення, тому вони не враховуються під час розшифрування колійовимірювальних стрічок. Встановлені швидкості руху поїздів за таких відступів не зменшуються.

До II ступеня належать відступи, які також не потребують зменшення встановленої швидкості руху поїздів, але впливають на плавність руху рухомого складу та інтенсивність розладу колії, особливо в разі частого повторення таких відступів на кілометрі. Вони слугують показником необхідності проведення профілактичних робіт з виправлення колії, тому враховуються під час розшифровки колійовимірювальних стрічок, а результати розшифровки використовуються під час планування робіт. Виняток становлять три і більше просідання величиною понад 15 мм (без урахування зарубок) на довжині до 30 м, що періодично повторюються по

обидвох рейкових нитках (рисунок 2.2) на ділянках руху поїздів зі швидкостями понад 60 км/год, які спричиняють резонансні коливання порожніх вантажних вагонів. У разі виявлення таких просідань обмежують швидкість руху вантажних поїздів, а просідання усувають у першочерговому (не пізніше 2-3 днів після виявлення) або невідкладному порядку, якщо вони за величиною відповідають III ступеню.

Таблиця 2.2. Величини ступенів відступів за шириною рейкової колії

Встановлена швидкість руху поїздів (чисельник - пасажирські; знаменник - вантажні), Км/год	Ступінь відступу	Розширення колії при нормі,мм					Звуження колії за норми, мм				
		1520	1524	1530	1535	1540	1520	1524	1530	1535	1540
101-140/81-90	I	8	8	8	6	6	4	4	4	4	-
	II	14	14	14	9	–	6	10	10	12	-
	III	16	16	16	11	-	8	12	12	15	-
	IV	Більше									
		16	16	16	11	6	8	12	12	15	-
61-100/61-80	I	8	8	8	6	6	4[1)]	4	4	4	4
	II	18	16	14	9	8	6[2)]	10	10	12	15
	III	22	20	16	11	-	8[3)]	12	15	18	20
	IV	Більше									
		22	20	16	11	8	8[3)]	12	15	18	20
26-60/26-60	I	8[4)]	8[4)]	8[4)]	8[4)]	6	4[1)]	4	4	4	4
	II	20	16	14	11	8	6[2)]	10	10	12	15
	III	26	22	16	13	-	8[3)]	12	15	18	20
	IV	Більше									
		26	22	16	13	8	8[3)]	12	15	18	20
25 і менш	I	10	10	10	10	8	4[1)]	4	4	4	4
	II	26	22	16	11	-	6[2)]	10	10	12	15
	III	28	24	18	13	-	8[3)]	12	15	18	20
	IV	Більше									
Закривається рух поїздів		28	24	18	13	8	8[3)]	12		15	18 20

1) Для ділянок із залізобетонними шпалами випуску до 1996 р. - 6 мм;

2) Для ділянок із залізобетонними шпалами випуску до 1996 р. - 8 мм;

3) Для ділянок із залізобетонними шпалами випуску до 1996 р. - 10 мм;

4) Для ділянок зі швидкостями руху поїздів до 50 км/год - 10 мм.

Таблиця 2.3. Величини ступеня відступів за рівнем, перекосів і просідань

Установлена швидкість руху поїздів (чисельник - пасажирські знаменник - вантажні) км/год	Ступінь відступу	Величина відступу, мм		
		Рівень *)	Перекіс	Просадка
121-140/81-90	I	6	8	10
	II	16	12	15
	III	20	16	20
	IV	Більше 20	Більше 16	Більше 20
61-120/61-80	I	8	10	10
	II	20	16	20
	III	25	20	25
	IV	Більше 25	Більше 20	Більше 25
41-60	I	10	12	12
	II	25	20	25
	III	30	25	30
	IV	Більше 30	Більше 25	Більше 30
16-40	I	12	14	15
	II	30	25	30
	III	35	30	35
	IV	Більше 35	Більше 30	Більше 35
15	I	15	16	18
	II	35	30	35
	III	50	50	45
Закривається рух поїздів	IV	Більше 50	Більше 50	Більше 45

До IV ступеня належать відступи, що спричиняють зростання сил взаємодії колії та рухомого складу до величин, які за наявності несприятливих сполучень із відступами в утриманні та завантаженні рухомого складу, порушеннях режиму ведення поїзда тощо можуть призвести до сходження його з рейок. Тому при виявленні відступів IV ступеня зменшується швидкість або закривається рух поїздів (залежно від фактичної величини відступу). Наприклад, у разі виявлення на кілометрі зі встановленими швидкостями руху поїздів 120/80 км/год перекосу IV ступеня завбільшки 22 мм швидкість руху поїздів зменшується до 60 км/год; у разі виявлення на тому самому кілометрі перекосу завбільшки 28 м швидкість зменшується до 40 км/год, а в разі

виявлення перекосу завбільшки понад 50 мм закривається рух поїздів. Відступи IV ступеня усуваються без зволікання.

Вимагають обмеження встановленої швидкості руху поїздів також такі види відступів:

один або більше поєднання відступу в плані III або IV ступенів із перекосом або просіданням III або IV ступенів для цього інтервалу швидкостей; при цьому до таких, що поєднуються, відносяться відступи, відстані між вершинами яких, виміряні за нульовою лінією на прямій, накладаються одне на інше (мал. 3.1);

три і більше суміжних відступи в плані III ступеня на довжині 75 м і менше за рихтувальною ниткою на кривих; на прямих - незалежно від нитки;

суміжні відхилення за рівнем у різні боки (аналогічні перекосу) з відстанню між вершинами відхилень більш як 10 мм до 20 мм на стрічці (більш як 20 м до 30 м на колії) з амплітудою, що дорівнює подвійній величині відхилення за рівнем III ступеня для цього інтервалу швидкостей за табл. 3.2 (рис. 3.3);

понад 6 (понад 3 - на ділянках зі швидкостями руху 60 км/год і менше) відступів III ступеня на кілометрі за рівнем, перекосами, просіданнями, відхиленнями в плані (без урахування відступу III ступеня за шириною колії);

три і більше просідання поспіль величиною понад 15 мм (без урахування зарубок), що періодично повторюються по обох нитках на довжині до 30 м (на ділянках зі швидкостями понад 60 км/год);

розбіжність на записі на стрічці початку (кінця) відведення піднесення зовнішньої рейки кривої з початком (кінцем) відведення стріл (мал. 3.5), більш як на 10 мм (20 м на колії), за якої непогашене прискорення на межі розбіжності більш ніж 0,7 м/с2, або швидкість його зміни на довжині розбіжності більш ніж 0,6 м/с3.

У перелічених вище випадках (крім випадків поєднання відступів і наявності на кілометрі більше шести відступів III ступеня, пов'язаних тільки з різницею стріл), установлена швидкість зменшується на один щабель

порівняно з допустимою швидкістю згідно з табл.2.2. .2; за наявності на кілометрі більше шести відступів, пов'язаних тільки з різницею стріл, швидкість зменшується на один щабель згідно з табл. 2.3; у разі поєднання відступів у плані III ступеня з перекосом або осіданням III ступеня (для тих самих швидкостей згідно з табл. 2.2) швидкість зменшується на один інтервал швидкостей згідно з табл. 2.2, а в разі поєднання відступів у плані IV ступеня з перекосом або осіданням III чи IV ступенів - на два інтервали згідно з табл. 2.2.

Порядок визначення зменшеної швидкості руху поїздів за переліченими вище відступами встановлюється такий:

у разі поєднання відступу в плані III ступеня з перекосом або просіданням III ступеня швидкість зменшується на один інтервал таблиці 3.2 (окрім дільниць з установленою швидкістю 15 км/год);

у разі поєднання відступу в плані III ступеня з перекосом або просіданням IV ступеня, а також у разі поєднання відступу в плані IV ступеня з перекосом або просіданням III або IV ступеня, швидкість зменшується на два інтервали таблиці 2.2;

за наявності на кілометрі понад 6 (понад 3 - за швидкостей 60 км/год і менше) відступів III ступеня за рівнем, перекосів, просідань і в плані, або трьох і більше снігових відступів III ступеня в плані на довжині 75 м і менше, або суміжних відхилень за рівнем у різні боки з відстанню між вершинами рівня від 20 до 30 м та амплітудою, що дорівнює або є більшою за подвоєну величину відхилень за рівнем III ступеня, встановлена швидкість руху поїздів зменшується на один інтервал таблиці 2.2.

у разі виявлення (на ділянках руху поїздів зі швидкостями понад 60 км/год) трьох і більше повторюваних підряд по обох рейкових нитках на довжині до 30 м просідань завбільшки понад 15 мм (без урахування зарубок), швидкість вантажних поїздів зменшується до 60 км/год.

Наприклад, розрахункова швидкість 98 км/год округляється до 100 км/год; розрахункова швидкість 97 км/год округляється до 95 км/год.

За наявності на кілометрі перелічених вище відступів, що спричиняють зменшення швидкості руху поїздів, стан рейкової колії на кілометрі в усіх випадках оцінюють "незадовільно".

Встановлена швидкість зменшується або закривається рух поїздів також у разі перевищення допустимого ухилу відведення піднесення зовнішньої рейкової нитки кривої (табл. 2.5). При цьому отримана допустима швидкість також округляється до значення кратного 5.

Таблиця 2.5. Допустимі ухили відводів піднесення зовнішньої рейки в кривих

Встановлена (максимально допустима) швидкість руху поїздів, км/год (не більше)	Допустимий ухил відведення піднесення, мм/м
140	Не більше 0,7
120	більше 0,7 до 1,0
110	більше 1,0 до 1,2
100	більше 1,2 до 1,4
90	більше 1,4 до 1,6
85	більше 1,6 до 1,7
80	більше 1,7 до 1,9
75	більше 1,9 до 2,1
70	більше 2,1 до 2,3
65	більше 2,3 до 2,5
60	більше 2,5 до 2,7
55	більше 2,7 до 2,9
50	більше 2,9 до 3,0
40	більше 3,0 до 3,1
25	більше 3,1 до 3,2
Закриття руху	більше 3,2

2.2 Порядок розшифровки колійовимірювальних стрічок і оцінки стану рейкової колії за показаннями колійовимірювального вагона

Розшифровка колійовимірювальних стрічок і оцінка стану рейкової колії здійснюються: автоматично - на колійовимірювальних вагонах, обладнаних БАС; вручну, за допомогою розшифрувальних палеток - на вагонах, не обладнаних БАС.

Якісна і бальна оцінки стану рейкової колії на кілометрі за показаннями колійовимірювального вагона встановлюються залежно від ступеня і кількості виявлених на ньому відступів, а на дільниці, дистанції колії - виходячи із середньої кількості балів, одержуваної діленням загальної суми балів на число перевірених кілометрів на підрозділі.

Балова оцінка стану рейкової колії на залізниці, що включає кілька дистанцій колії, а також на залізниці, визначається за середньозваженим балом на дистанціях колії та протяжністю перевірених кілометрів колії.

Методика розшифровки відступів, бальної та якісної оцінки стану рейкової колії на кілометрі, лінійному підрозділі, дистанції колії наведена в табл. 2.4, а порядок розшифровки і зразок розшифрувальної відомості наведені в табл. 2.5 і поясненнях до неї.

Таблиця 2.4. - Якісна та бальна оцінка стану рейкової колії за показаннями колійовимірювального вагона

Якісна оцінка стану рейкової колії	Кількісні критерії якісної оцінки стану рейкової колії				
	На кілометрі			На підрозділі	
	Кількість відступів за ступенями			Баллова оцінка кілометра	Середнє значення балів
	II	III	IV		
На ділянках зі швидкостями руху поїздів понад 60 км/год					
Відмінно (О) (2)	До 5	0	0	10	До 25 вкл.
Добре (Х) (2)	6-25	0	0	40	Більше 25 до 80

Задовільно (У) (2)	Більше 25 до 100 або 60 (3)	0	0	150	Більше 80 до 180 вкл.
Задовільно (У) (2)	Не Більше 100 або 60 (3)	1-6 (4)	0	150	Більше 80 до 180 вкл.
Незадовільно (Н) (5)	(5)	(5)	0	500	Більше 180
Незадовільно (Н) (6)	Не Більше 100 або 60 (3)	Незалежно	0	500	Більше 180
Незадовільно (Н)	Незалежно	Більше 6 (4)	0	500	Більше 180
Незадовільно (Н)	Незалежно		1 і більше	500	Більше 180
На ділянках зі швидкостями руху поїздів 60 км/год і менше 7)					
Відмінно (О)	До 3	0	0	10	До 25 вкл.
Добре (Х)	4-12	0	0	40	Більше 25 до 80
Задовільно (У)	Більше 12	0	0	150	Більше 80 до 180
Задовільно (У)	Незалежно	1-3 (4)	0	150	Більше 80 до 180
Незадовільно (Н)	Незалежно	Більше 3 (4)	0	500	Більше 180
Незадовільно (Н)	Незалежно		1 і більше	500	Більше 180

1) За наявності окремих відступів, послідовностей і сполучень відступів, що вимагають обмежень швидкості.

2) Для всіх ділянок. Для кривих радіусом 850 метрів і менше, укладених на дерев'яні шпали, і з радіусом 650 метрів і менше на залізобетонні шпали за відсутності послідовностей і сполучень відступів II ступеня, а так само відступів III ступеня.

3) За просіданнями, перекосами, відступами в плані.

4) За рівнем, просіданнями, перекосами, відступами в плані (за шириною колії - "задовільно" за кількості відступів III ступеня не більше 10).

5) У кривих радіусом 850 метрів і менше, укладених на дерев'яні шпали, і з радіусом 650 метрів і менше на залізобетонні шпали за наявності

послідовностей або сполучень відступів II, а також за наявності відступів III ступеня, з обмеженням швидкості для поїздів з порожніми вантажними вагонами до 60 км/год.

6) Швидкість руху обмежується 60 км/год.

7) Перелік ділянок магістральних ліній зі встановленими швидкостями руху 60 км/год і менше, на яких кілометри відносяться до "незадовільних" за наявності 60 (3) або 80 відступів II ступеня на кілометр з обмеженням швидкості до 50 км/год,

Таблиця 2.5. Порядок оцінки стану рейкової колії на кілометрах і лінійних підрозділах за показаннями колійовимірювального вагона (встановлена швидкість понад 60 км/год).

№ км; підрозділи	Кількість відступів II ступеня (чисельник) III ступеня (знаменник)							Кількість відступів IV ступеня [1)]	Якісна оцінка кілометра	Балова оцінка	Примітки
	Суж	Уш	У	П	Пр	Р	Итого				
1	-	2	2	4	5	3	16	-	Х	40	6 ПК; 40 км/ч
2	-	3	3	5/2	4/1	4/1	19/4	-	У	150	
3	1	-	2	3	5	6	17	-	Х	40	
4	1	2	4	3/1	6/2	4/1	20/4	2Р; Р+П	Н	500	
5	1	3	4	3/2	4	3/1	18/3	-	У	150	
6	-	-	-	-	-	-	-	-	О	10	
7	2	3	-	-	6	7	18	-	Х	40	
8	-	2	8	4/1	8/1	5	27/2	-	У	150	
ПДБ - 1								1	У	135	
9	-	2	4	4	7	1	18	-	Х	40	
10	-	3	3	-	8	6	20	-	Х	40	
11	-	3	2	3	2/3	8	18/3	-	У	150	
12	-	-	-	-	-	-	-		О	10	
ПДБ - 2									Х	60	
13	2	3	6	5/2	10/3	3/2	29/7	3ст; 3пр	Н	500	1ПК; 60 км/ч
14	-	3	-	2	8	3	16	-	Х	40	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	О	10	
16	4	2	6/1	6/1	4/2	4/1	26/5	-	У	150	
17	3	4	4	8/1	6/3	3	28/4	-	У	150	
18	-	3	6	9/2	6/2	7/1	31/5	-	У	150	
19	2	2	3	6/1	6/1	3	23/2	-	У	150	
ПДБ – 3								-	У	164	
ПД - 1								2	У	130	
І так далі											

Позначення; Суж - звуження колії; Уш - розширення колії; У - рівень; П - перекоси; Пр - осідання; Р - різниця стріл; Р+П - поєднання відступів III або IV ступеня в плані з перекосом або осіданням III або IV ступеня; 3 ст - більше ніж 6 (більше ніж 3 на ділянках зі швидкостями руху менше ніж 60 км/год) відступів III ступеня; IVм - просідання або перекоси III ступеня на постах і в тунелях та на підходах до них, що оцінюються як IV ступінь; 3пр - три двосторонні, підряд повторювані просідання на довжині до 30 м.

* А також відступів, перелічених у пункті 1) під таблицею 2.6.

Приклад 1. На одній частині розділеного кілометра (ПДБ-1) на ділянці зі швидкостями руху 100 км/год під час перевірки виявлено 3 відступи II ступеня, а на іншій частині (ПДБ-2) - один відступ IV ступеня (або один із відступів, перелічених у пункті 3.3). У таких випадках перша частина кілометра отримує оцінку "відмінно", а друга - "незадовільно". Оцінка в цілому кілометра також буде незадовільна. Вона враховується при визначенні середньої бальної оцінки стану рейкової колії на дистанції.

Приклад 2. У разі виявлення тих самих відступів у ПДБ-1 і 1 - 6 відступів III ступеня - у ПДБ-2 оцінка першої частини кілометра залишиться відмінною, а друга частина (так само, як і кілометр у цілому) отримає задовільну оцінку.

Приклад 3. На першій частині кілометра виявлено 3 відступи III ступеня, а на другій частині 4 відступи III ступеня. У таких випадках обидві частини кілометра отримають оцінку задовільно, а кілометр загалом - незадовільно, і обмежується швидкість руху.

У всіх наведених випадках середня бальна оцінка рейкової колії на дистанції повинна враховуватися, виходячи з оцінки кілометра в цілому.

Автоматична розшифровка і оцінка стану рейкової колії під час руху колійовимірювального вагона з БАС проводиться за заданою програмою з використанням апріорних паспортних характеристик, що зберігаються в базі даних БАС. При цьому безперервний запис на паперову стрічку параметрів рейкової колії, що реєструються, а також ліній розмітки відхилень, нульових

ліній, пікетів і кілометрів з їхніми номерами та величин максимальних допустимих (встановлених) швидкостей руху пасажирських і вантажних потягів, проводиться автоматично. Крім цього виводяться на екран монітора дані за видами, ступенями та кількістю відступів і друкуються відомості оцінки рейкової колії за встановленою формою.

Виявлені колійовимірювачем відступи відмічаються на стрічці таким чином: відступи IV, III, II ступеня - відповідно цифрами "4", "3", "2"; поєднання відступів у плані III або IV ступенів із перекосом або просіданням III або IV ступенів - літерою "С"; три й більше суміжних відступів у плані III ступеня буквами "РР"; різнобічні відступи за рівнем з амплітудою відхилень, більшою за 2-х подвоєних відступів III ступеня на довжині 20 - 30 м - "УУ"; невідповідність нахилу відводу піднесення встановленій швидкості - "Укл"; відступи в плані IV ступеня по нерихтувальній нитці (за відсутності їх на рихтувальній нитці) - "Рн"; понад 6 (3 за швидкостей 60 км/год і менше) відступів III ступеня - "III ст"; 3 і більше двосторонніх просідань, що повторюються поспіль на довжині до 30 м, завбільшки більше ніж 15 мм - "3Пр"; розбіжність початку або кінця відводу піднесення і кривизни, за якої $\Psi > 0{,}6$ м/с3, або $a > 0{,}7$ м/с2 - "Ψ" або "а". На кожному кілометрі на стрічці вказується сумарна кількість відступів за ступенями.

Під час перевірки стану рейкової колії на кілометрах, на яких проводяться колійні роботи (посилений капітальний ремонт колії, капітальний ремонт, посилений середній ремонт, середній ремонт, суцільна заміна рейок, заміна стрілочних переводів, підіймальний ремонт колії, планово-попереджувальна виправка колії з суцільним підійманням, виправлення колії на вибоїнах, а також на дільницях, де відбуваються деформації земляного полотна), та у зв'язку з цим зменшено швидкість руху поїздів: начальником дистанції колії - на строк до 5 діб, начальником відділення залізниці (за відсутності відділень залізниці - начальником служби колії залізниці) - до 10 діб, наказом начальника залізниці - більш як на 10 діб - стан рейкової колії за показниками колійовимірювального вагона в балах визначається лише в тому

разі, коли буде виявлено відступи, які зумовлюють необхідність зменшення швидкості руху поїздів порівняно зі встановленою швидкістю для цього виду робіт або деформації земляного полотна.

У таких випадках обмежується швидкість руху поїздів, стан рейкової колії на кілометрі оцінюється "незадовільно" і включається до загальної бальної оцінки стану колії лінійних підрозділів, дистанцій колії та залізниці.

У місцях дії попереджень, пов'язаних з обкаткою ще не стабілізованої колії після виконання робіт із суцільного очищення або підрізання баластного шару та підйому колії, величини допустимих швидкостей руху встановлюються згідно з (табл. 2.7). У довідці про чинні попередження про обмеження швидкостей руху поїздів, що передається начальнику колійовимірювального вагона, зазначається спосіб виконання робіт відповідно до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7. Величини відступів і допустимі швидкості руху поїздів у період обкатки колії

Величина відступу, мм			Допустима швидкість руху поїздів			
Рівень	перекіс	Різниця суміжних стріл	Шар чистого баласту до 25 см з ущільненням ВПО	Шар чистого баласту більше 25 см з ущільненням:		
				ВПО або ВПР	ВПО + ВПР	ВПО + ВПР + ДСП
20	До 20	До 35	60	50	60	70
30	21-25	36-50	40	25	40	50
40	26-30	51-65	25	15	25	25

2.3 Організація та порядок перевірки колії колійовимірювальним вагоном

Конструктивна швидкість руху колійовимірювального вагона встановлюється "Технічним описом та інструкцією з експлуатації колійовимірювача системи ЦНДІ-2". Однак у всіх випадках швидкість

колійовимірювального вагона з тросовою системою вимірювання під час перевірки колії не повинна перевищувати 75 км/год.

Перевірці колійовимірювачем підлягають усі головні колії залізниці, де реалізуються швидкості руху поїздів 25 км/год і більше, або обертаються пасажирські поїзди, незалежно від їхньої кількості. Періодичність перевірок встановлюється начальником залізниці; при цьому на головних коліях зі встановленими швидкостями руху пасажирських поїздів понад 60 км/год її слід проводити не рідше ніж двічі на місяць.

У межах станції колійовимірювальний вагон пропускається головними коліями або коліями слідування пасажирських поїздів. У разі пропуску його приймально-відправними коліями, призначеними для приймання пасажирських або беззупинкового пропуску вантажних поїздів, їх оцінка включається в загальну оцінку стану рейкової колії.

При цьому контрольна оцінка стану рейкової колії визначається за останньою перевіркою.

Контрольна перевірка колії колійовимірювальним вагоном повинна, як правило, проводитися при знаходженні вимірювального візка в задній (за ходом руху) частині вагона. У виняткових випадках, коли перевірка з розташуванням вимірювального візка в задній частині скрутна, допускається перевірка з розташуванням цього візка в передній частині вагона.

З метою перевірки правильності показань колійовимірювального вагона періодично під час рейсу повинні звірятися показання писарів із натурним проміром відхилень за шириною колії та рівнем, які виконуються ручним шаблоном ЦУП біля задніх коліс заднього візка вагона. Результати перевірок фіксуються на стрічці і завіряються підписами начальника вагона - коловимірювача і представника дистанції колії, який супроводжує коловимірювальний вагон. За наявності БАС результат перевірки вводиться в базу даних. Усі зміни, що вносяться начальником колійовимірювача в результати автоматичної розшифровки, реєструються.

Перевірки самого вагона-колійовимірювача проводяться відповідно до спеціально встановлених вимог для колійовимірювача даної конструкції.

У вагоні -колійовимірювачі для постійного користування повинна знаходитися така документація:

- відомість кривих ділянок колії із зазначенням їхніх радіусів, початку і кінця перехідних кривих, піднесення зовнішньої рейки, норми утримання колії за шаблоном, величини фактичного бічного зносу головки рейки;
- перелік прямих ділянок, на яких дозволено утримання однієї рейкової нитки на 6 мм вище за іншу;
- перелік прямих ділянок з рівномірним пученням однієї рейкової нитки;
- перелік прямих ділянок з перекладеними рейками з бічним зносом головки, залишеним усередині колії;
- відомість розбіжності відводів відведення піднесення зовнішньої рейки і різниці стріл у кривих;
- відомість станційних колій, якими здійснюється приймання і відправлення пасажирських поїздів і беззупинний пропуск вантажних;
- копії телеграм про обмеження швидкості;
- перелік місць виконання робіт, де зменшуються швидкості руху поїздів із зазначенням величин швидкостей;
- відомості про товщину чистого шару баласту і способи його ущільнення на ділянках із суцільним очищенням або підрізуванням баласту.

У вагоні - колійовимірювачі повинні також бути і регулярно заповнюватися такі журнали встановленої Департаментом колії та споруд форми:

- журнал оцінки колії по дистанціях;
- журнал кілометрів з незадовільною оцінкою;
- журнал проміру станційних колій;
- журнал реєстрації працівників, які супроводжують колійовимірювач;

- журнал обліку видачі попереджень про обмеження швидкості.

Представник дистанції колії, який супроводжує вагон - колійний вимірювач, повинен мати при собі:

стрічку попереднього контрольного проходу колійовимірювача з відмітками про усунення відступів III і IV ступеня;

довідку про чинні попередження про обмеження швидкості, як короткочасні, так і тривалі,;

відомість з відступами III і IV ступеня за два попередні проходи колійовимірювача.

У разі виявлення на ділянці колії відступів, що потребують зменшення встановленої швидкості або закриття руху поїздів, вживаються такі заходи.

Під час автоматичної розшифровки результатів вимірювання: на ділянках зі встановленими швидкостями руху, більшими за 60 км/год, у разі виявлення відступів, які спричиняють зменшення швидкості руху менше ніж 60 км/год, а на ділянках зі встановленими швидкостями руху 60 км/год і менше - у разі виявлення відступів, які спричиняють зменшення встановленої швидкості до 15 км/год, а також у разі необхідності закриття руху начальник шляховимірювального вагона (його заступник) з метою недопущення проходження поїзда, який рухається позаду, по виявленій несправності рейкової колії.

У випадках, коли з місця зупинки коловимірювального вагона дати заявку черговому по станції про зменшення швидкості руху поїздів або закриття руху не видається можливим, для вжиття заходів для забезпечення безпеки руху поїздів (огородження небезпечного місця), там залишається працівник дистанції колії, що слідував із коловимірювальним вагоном, а заявка на видачу попередження чи закриття руху подається після прибуття коловимірювача на станцію, що обмежує перегін.

Під час ручної розшифровки відступів по ходу перевірки колії повідомлення начальнику дистанції колії про закриття руху або обмеження швидкості через наявність відступів IV ступеня або поєднання відступів у

плані III ступеня з просіданням або перекосом III ступеня передають негайно, а повідомлення про зменшення швидкості, пов'язане з наявністю відступів інших видів, які спричиняють необхідність зменшення швидкості руху, - не пізніше ніж за 3 години після проходження кілометра із зазначеними несправностями.

У всіх випадках зменшення встановленої швидкості руху поїздів або закриття руху поїздів через незадовільний стан колії за показаннями колійовимірювального вагона швидкість відновлюється тільки після приведення колії в необхідний стан.

У тих випадках, коли зробити це за час дії попередження про зменшення швидкості не представляється можливим, наприклад, через труднощі з положенням відводів піднесення зовнішньої нитки кривої в обмежених умовах.

Скасування попередження про зменшення швидкості (або заявка про відкриття руху поїздів) після усунення несправності рейкової колії проводиться начальником дистанції колії або його заступником.

Результати кожної перевірки колії колійовимірювальним вагоном фіксуються на стрічці та підписуються начальником вагона і старшим за посадою працівником дистанції колії, який брав участь у перевірці. При цьому начальник коловимірювального вагона веде журнал, у якому фіксує прізвище старшого за посадою працівника дистанції колії, який брав участь у перевірці колії вагоном, з його підписом.

Начальник коловимірювального вагона після закінчення перевірки стану рейкової колії на дистанції колії вручає керівнику дистанції, який супроводжує коловимірювач, під розписку другий примірник стрічки.

За результатами перевірки колії колійовимірювальним вагоном начальник дистанції колії повинен аналізувати зміну стану рейкової колії порівняно з попередньою і більш ранніми перевірками колії колійовимірювальним вагоном та на основі результатів аналізу намічати заходи, спрямовані на запобігання розладу колії, встановлювати черговість

виконання планово-попереджувальних робіт та з урахуванням результатів натурного огляду колії оцінювати її технічний стан і відповідність встановленим швидкостям руху поїздів.

3 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛІЇ

Оснащення коловимірювальних засобів і підприємств колійного господарства сучасною обчислювальною технікою дає змогу значно вдосконалити методи оцінювання геометрії рейкової колії та розширити коло практичних завдань, що вирішуються за допомогою цих методів.

Як відомо, для планування колійних робіт на деяких зарубіжних залізницях використовують прогнозування зміни середньоквадратичних відхилень (СКВ) геометричних параметрів колії (ГПП). Так, наприклад, роблять на залізницях Великої Британії та Нідерландів. Оскільки величина СКО характеризує значення екстремальних значень ГПП, то вона дає змогу оцінити стан колії на досліджуваній ділянці. При цьому використовується лінійна модель, яка описує мінливість СКО ГПП залежно від пропущеного ділянкою тоннажу [27]. Оцінка СКО виконується для окремих ділянок шляху довжиною 200-300 м, які не перекриваються. Далі, отримані результати зіставляють із допустимими величинами СКО відповідних ГПП і на цій основі ухвалюють рішення щодо виконання відповідних колійних робіт.

Але цей метод має низку недоліків [28]:

– беручи до аналізу загальні статистичні якості ГПП, цей метод не враховує індивідуальні якості ізольованих нерівностей;

– під час оцінки стану колії за значенням СКО, які рахуються для окремих ділянок колії, що не перекривають одна одну, можливо згладити (втратити) окремі нерівності, що можуть становити загрозу для безпеки руху поїздів;

– лінійна модель, що описує мінливість СКО, є сильно спрощеною.

Вчені Росії запропонували удосконалення цього методу, який назвали методом змінного СКО [28]. При цьому методі розрахунок СКО виконується для послідовних відрізків шляху, що значною мірою перекривають один одного. При цьому значення СКО може бути використане для оцінки стану

колії, оскільки в цьому випадку відпадає загроза врахувати окрему нерівність великої величини.

Відповідно до цієї методики на кафедрі "Шлях і колійне господарство" ДІІТу було розроблено програму розрахунку СКО ГПП. Ця програма дає змогу оцінити СКО ГПП у межах прямих ділянок і кругових кривих. Таким чином, у результаті на кожній ділянці ми отримуємо шість графіків (просідання лівої і правої нитки, рихтування лівої і правої нитки, шаблон, рівень).

Далі потрібно вибрати ділянки колії, які пропустили різний тоннаж і модернізацію на яких проводили у 2016 і 2017 роках для того, щоб отримати залежність зміни СКЗ ГПП від пропущеного тоннажу. Ми робимо це окремо для прямих ділянок шляху і для кругових кривих. Таким чином, було обрано ділянки, їхні характеристики наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Характеристики ділянок шляху

№	Путь	Кілометр	План лінії	Довжина, м	Довжина округлена, м	Г, млн.т км / км в рік	Тоннаж
1	2	3	4	5	6	7	8
2017 г. червень Синельникове 2 - Іларіонове							
1	1	226,970–226,600	Пряма	370	200	95	142
2	1	226,362–226,000	Пряма	362	300	95	142
3	1	220,209–219,619	R1060	589	400	95	142
4	1	219,619–218,190	Пряма	1429	1300	95	142
5	1	217,000–216,700	Пряма	300	200	95	142
квітень Ульянівка - Письмова							
1	1	276,295–276,100	Пряма	195	100	89	140
2	1	273,000–272,646	Пряма	354	300	89	140
3	1	272,646–272,317	R2200	328	200	89	140
грудень Мелитополь – Тащенак							
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	1229,620–1229,400	R2800	220	100	23,2	24
2	2	1224,000–1223,300	Пряма	700	700	23,2	24
2018 г. кітень Мелитополь – Тащенак							
3	2	1123,400–1222,912	Пряма	488	400	23,2	15

4	2	1222,829–1222,500	Пряма	332	200	23,2	15
5	2	1222,500–1222,220	R5000	280	100	23,2	17,4

Як базу для розрахунку СКВ ГПП було обрано горизонтальний відрізок шляху довжиною 100 м, який спрямляє конкретний ГПП і в середині якого розраховується квадратичне відхилення. Цей відрізок колії рухається по колії від початку ділянки до її кінця і при цьому розраховується СКВ у межах прямих ділянок і кругових кривих.

Для теоретичних досліджень стану колії було вирішено використовувати результати запису стану колії вагонами - колійовимірювачами типу КВЛ.

Для цього було отримано копії електронних файлів проходів вагона - колійовимірювача на досліджуваних ділянках, тобто на парній колії на перегонах Роздори - Письмова та Письмова - Ульяновка і на непарній колії на перегоні Ігрень - Іларіонове, за період з вересня 2016 р. по жовтень 2017 року..

Для аналізу цих записів треба розшифровки відповідних електронних файлів. Ці файли мають зберігати інформацію про стан колії з кроком 1,84 м. Приклади таких записів 258 км перегону Роздори - Письмова наведені на рис.3.1-3.6. Причому, на цих рисунках поєднано проходи вагона-колійовимірювача за рік (кожен із цих проходів помічений окремою фарбою).).

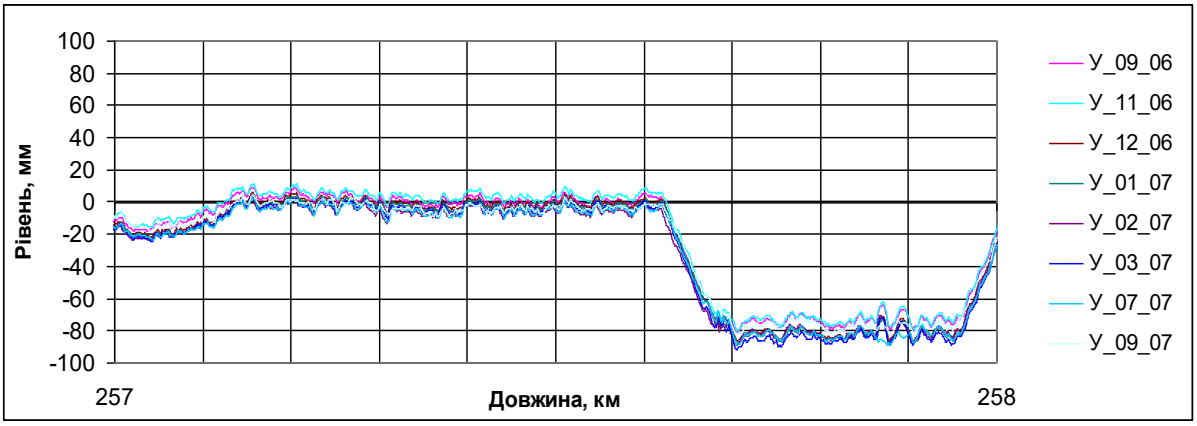

Рисунок 3.1 Приклад запису рівня

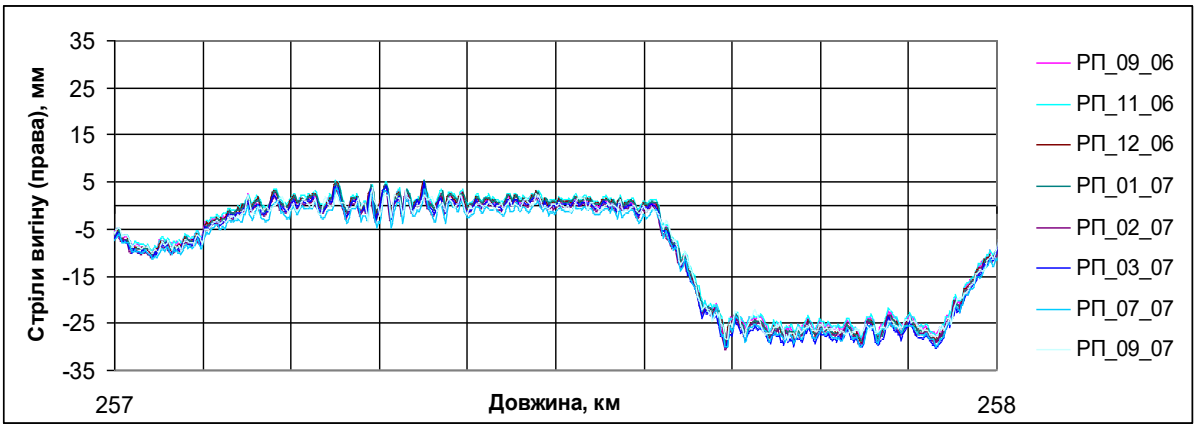

Рисунок 3.2 Приклад запису стріл вигину правої нитки (рихтування)

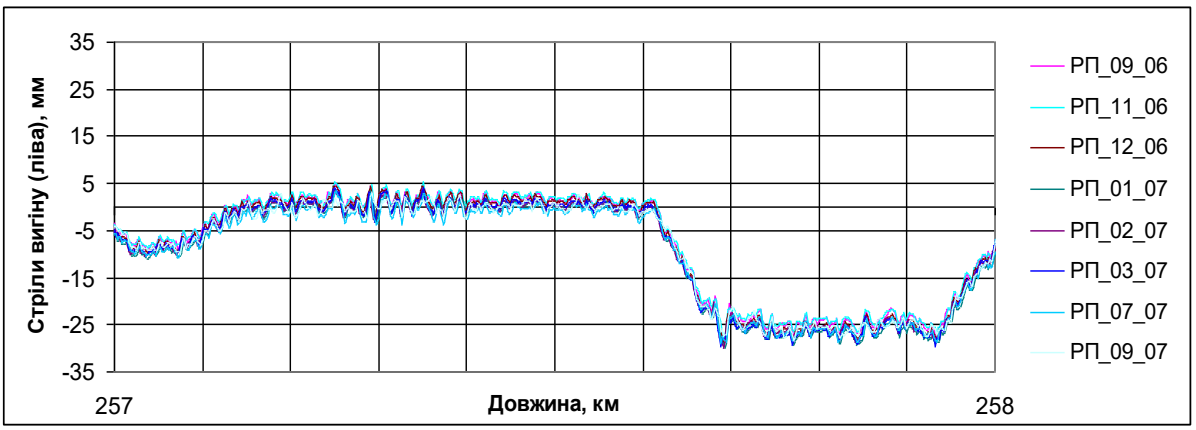

Рисунок 3.3 Приклад вигину запису стріл вигину лівої нитки (рихтування)

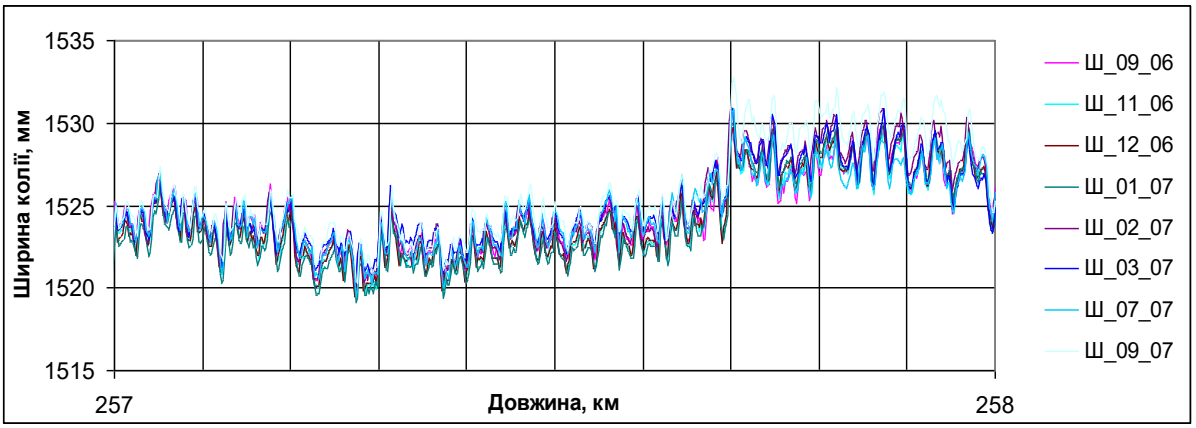

Рисунок 3.4 Приклад запису ширини колії (шаблон)

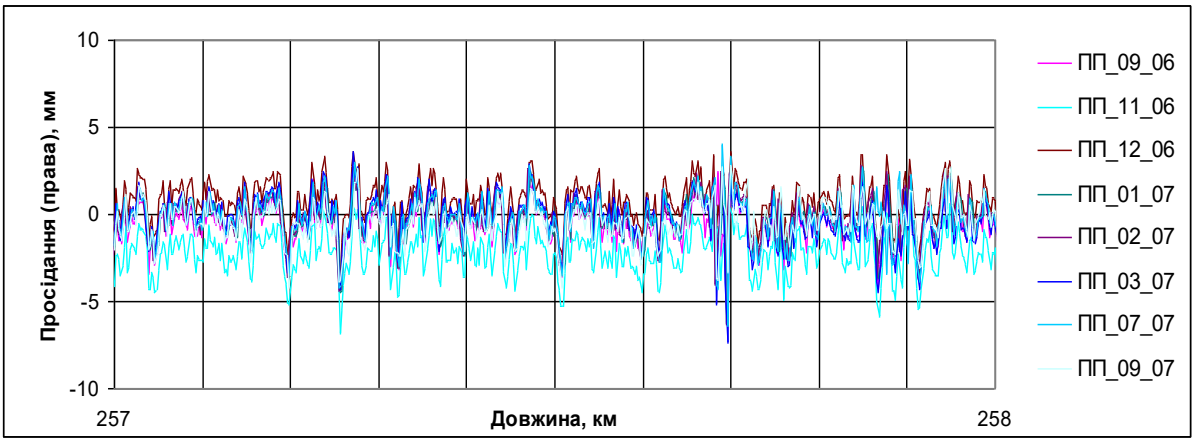

Рисунок 3.5 Приклад запису осідання правої нитки

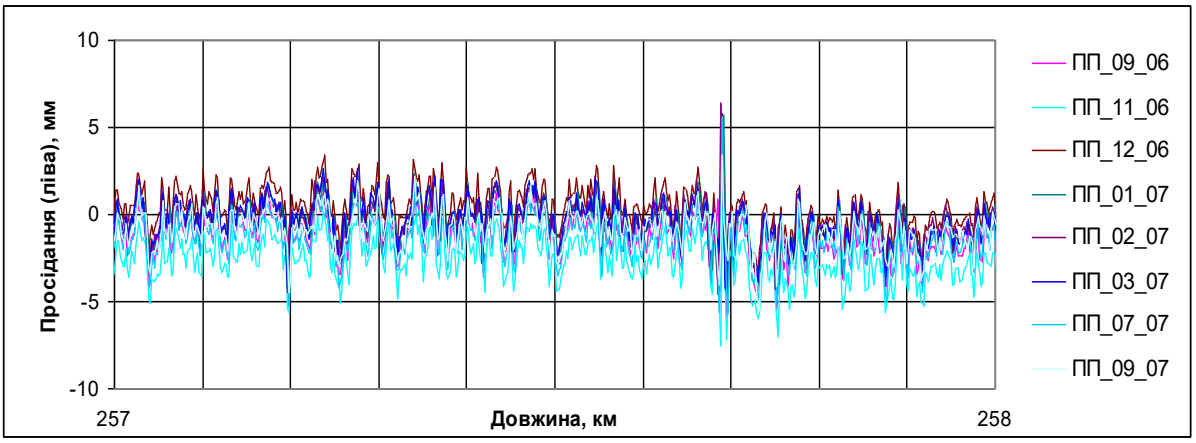

Рисунок 3.6 Приклад запису осідання лівої нитки

Насправді вагон КВЛ записує стан колії з певним кроком, у теорії він дорівнює 1.84 метри, але фактично, через прослизання мірного колеса, він може відрізнятися від заїзду до заїзду, і це також потрібно відкоригувати при підготовці до розрахунків. Крім того, як можна побачити з малюнків 3.1-3.6, записи вагона - колійовимірювача дуже часто мають помилки у величині ГПП. Не кажучи про те, що часто припускаються помилок у позначенні початку ділянки через відсутність закріплення меж кілометрів. Тому перед початком аналізу записів вагона - колійовимірювача необхідно було привести всі записи в одній системі координат, тобто усувати помилки у визначенні початку досліджуваної ділянки.

Для аналізу записів вагона - колійовимірювача методом змінного СКО було розроблено відповідну програму на ЕОМ.

4 АНАЛІЗ ЗМІНИ СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ВАНТАЖОНАПРУЖЕНОСТІ, ПРОПУЩЕНОГО ТОННАЖУ І РЕМОНТІВ

Для аналізу зміни СКО ГПП залежно від вантажонапруженості, пропущеного тоннажу і ремонтів ми скористалися запропонованою методикою. Таким чином, було обрано ділянки на перегоні Синельникове 2 - Іларіонове.

Величина СКО ГПП на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове залежно від вантажонапруженості та пропущеного тоннажу до виконання реконструкції показана в таблицях 4.1, 4.3; 4.5; 4.7; 4.9 і на малюнках 4.1, 4.3; 4.5; 4.7; 4.9. А величина СКО ГПП на тих самих ділянках після виконання реконструкції показана в таблицях 4.2; 4.4; 4.6; 4.8; 4.10 і на рисунках 4.2; 4.4; 4.6; 4.8; 4.10..

Таблиця 4.1 Зміна СКО ГПП на 1 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
756,33	4,01	1,40	1,54	2,36	2,46	2,42
763,00	4,20	1,35	1,50	2,09	2,38	2,43

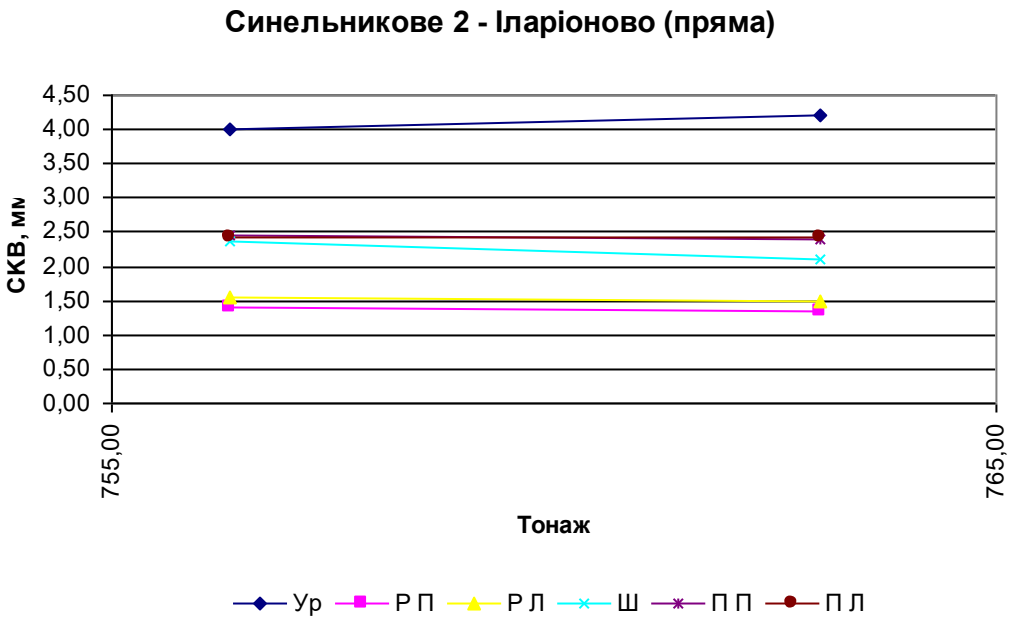

Рисунок 4.1 Зміна СКО ГПП на 1 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

Таблиця 4.2 Зміна СКО ГПП на 1 ділянці перегону Синельникове 2- Іларіонове після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
38,67	2,72	1,04	1,08	0,99	1,54	1,57
52,00	3,06	0,99	1,05	0,96	1,47	1,53
58,67	2,64	0,95	1,00	1,04	1,50	1,67
72,00	2,87	0,93	0,97	0,95	1,68	1,88
78,67	2,78	1,04	1,12	0,95	1,73	1,95
85,33	2,95	1,03	1,14	1,00	1,71	1,95
98,67	2,89	1,10	1,22	1,02	1,72	1,93
105,33	2,97	1,11	1,26	1,02	1,75	1,96
112,00	3,47	1,02	1,15	1,09	2,05	1,91
118,67	2,37	0,96	1,05	1,15	1,91	1,93
125,33	2,50	0,95	1,04	1,13	1,86	1,90
138,67	2,50	1,01	1,10	1,07	1,82	1,87
152,00	2,41	0,97	1,06	1,02	1,83	1,94

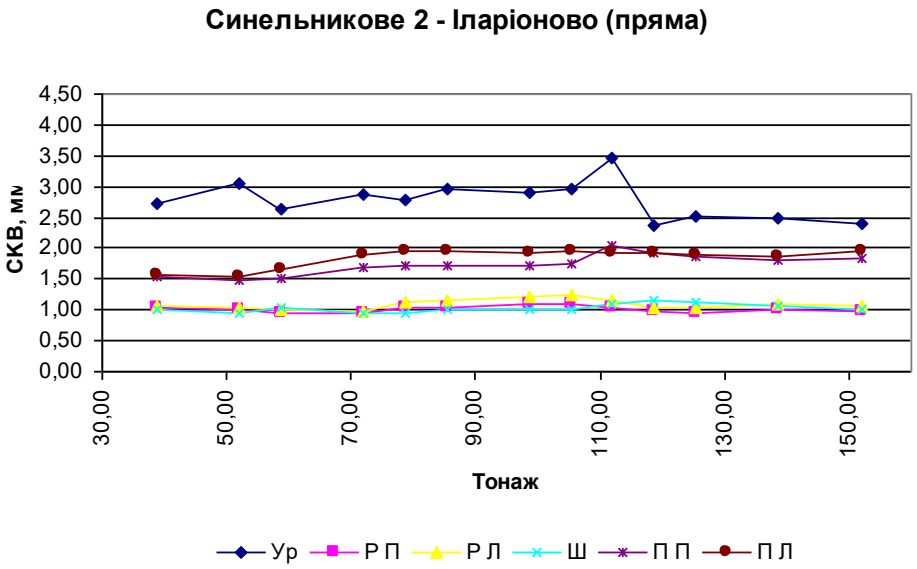

Рисунок 4.2 Зміна СКО ГПП на 1 ділянці перегону Синельникове 2- Іларіонове після виконання реконструкції

Таблиця 4.3 Зміна СКО ГПП на 2 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
756,33	2,97	0,89	1,03	1,34	1,57	1,27
763,00	3,05	0,85	0,94	1,24	1,62	1,32

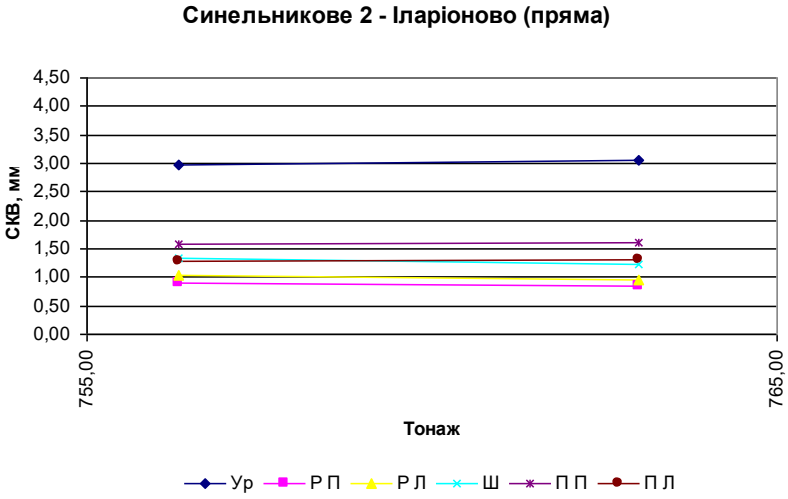

Рисунок 4.3 Зміна СКО ГПП на 2 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

Таблиця 4.4 Зміна СКО ГПП на 2 ділянці перегону Синельникове 2- Іларіонове після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
38,67	2,35	1,18	1,16	0,75	1,10	0,97
52,00	2,12	1,17	1,22	0,77	1,08	0,97
58,67	1,92	1,14	1,17	0,74	1,15	1,00
72,00	2,71	1,02	1,10	0,76	1,27	1,06
78,67	2,33	1,15	1,24	0,79	1,27	1,13
85,33	2,44	1,15	1,21	0,78	1,25	1,10
98,67	2,44	1,24	1,31	0,81	1,26	1,11
105,33	2,42	1,33	1,37	0,80	1,23	1,08
112,00	2,51	1,28	1,31	0,78	1,27	1,10
118,67	2,10	1,18	1,16	0,82	1,25	1,18
125,33	2,19	1,16	1,15	0,83	1,27	1,16
138,67	2,06	1,14	1,12	0,86	1,22	1,10
152,00	2,00	1,15	1,13	0,85	1,26	1,11

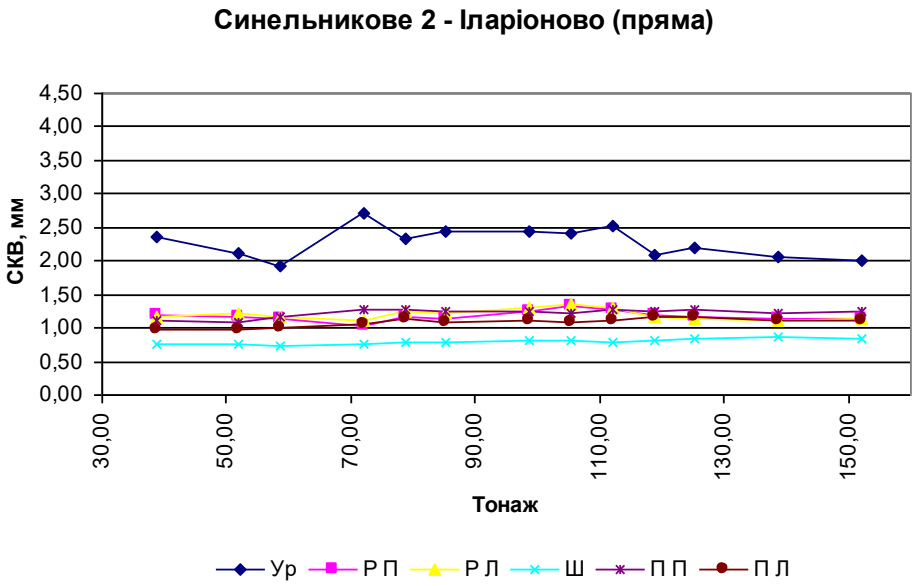

Рисунок 4.4 Зміна СКО ГПП на 2 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

Таблиця 4.5 Зміна СКО ГПП на 3 ділянці перегону Синельникове 2- Іларіонове до виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
756,33	3,75	2,58	2,49	2,53	1,58	1,33

763,00	4,15	2,71	2,61	2,29	1,63	1,37

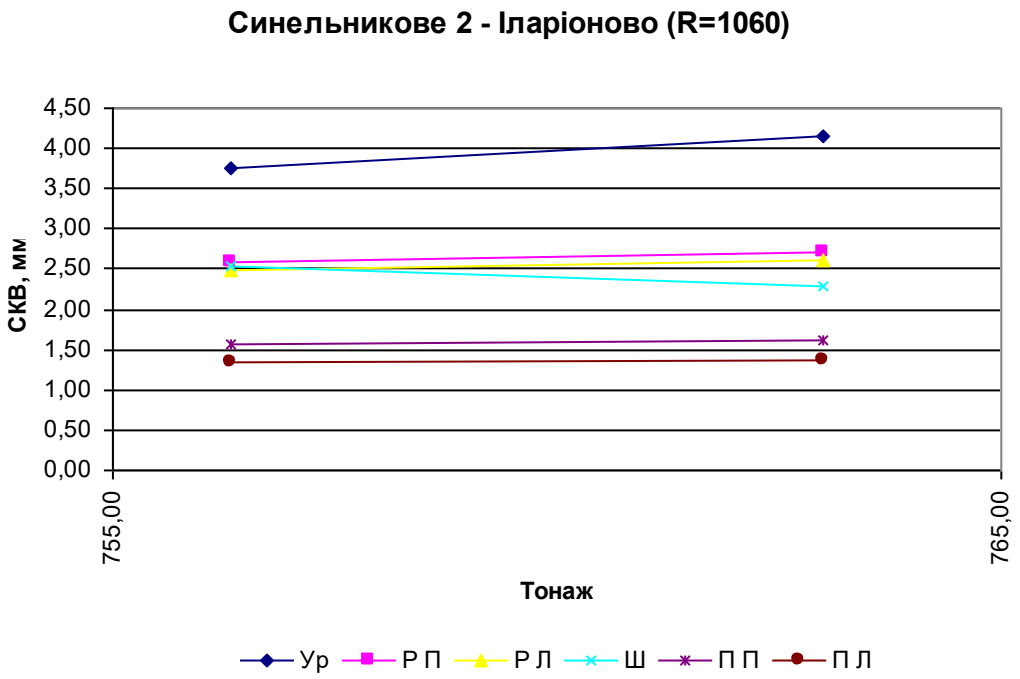

Рисунок 4.5 Зміна СКО ГПП на 3 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

Таблиця 4.6 Зміна СКО ГПП на 3 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
38,67	2,08	1,11	1,10	0,74	0,70	0,64
52,00	1,97	1,07	1,06	0,76	0,67	0,64
58,67	2,14	1,10	1,09	0,75	0,70	0,66
72,00	2,11	1,07	1,04	0,78	0,80	0,73
78,67	2,33	1,13	1,10	0,80	0,80	0,75
85,33	2,31	1,15	1,12	0,87	0,80	0,75
98,67	2,23	1,13	1,11	0,93	0,79	0,75
105,33	2,25	1,14	1,12	0,93	0,81	0,76
112,00	2,23	1,22	1,19	0,98	0,79	0,77
118,67	2,22	1,16	1,08	1,05	0,80	0,78
125,33	2,17	1,17	1,10	1,05	0,79	0,73
132	2,27	1,19	1,11	1,02	0,79	0,76
138,67	2,33	1,19	1,10	1,12	0,80	0,75
152,00	2,28	1,19	1,10	1,12	0,79	0,75

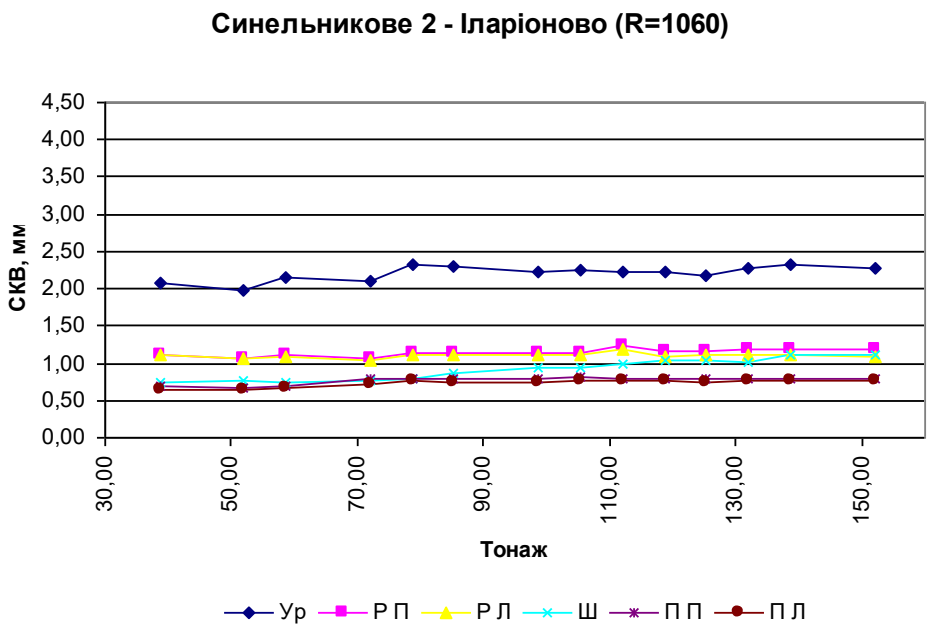

Рисунок 4.6 Зміна СКО ГПП на 3 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

Таблиця 4.7 Зміна СКО ГПП на 4 ділянці перегону Синельникове 2- Іларіонове до виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
756,33	2,23	1,25	1,20	1,21	1,68	1,73
759,67	2,23	1,25	1,20	1,21	1,68	1,73

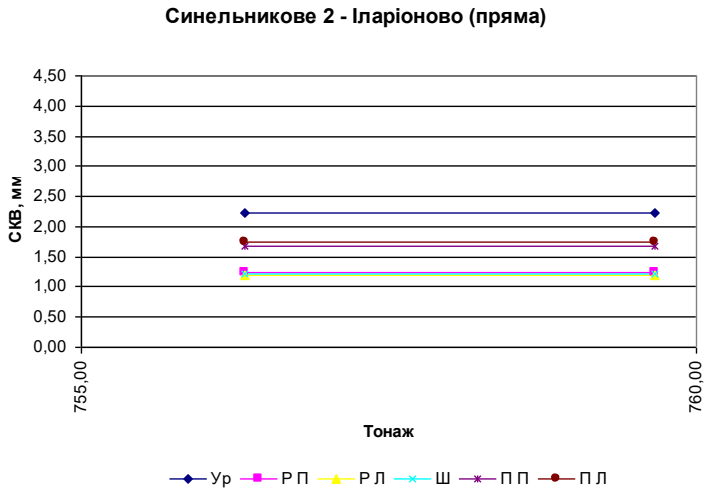

Рисунок 4.7 Зміна СКО ГПП на 4 ділянці перегону Синельникове 2- Іларіонове до виконання реконструкції

Таблиця 4.8 Зміна СКО ГПП на 4 ділянці перегону Синельникове 2- Іларіонове після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
32,00	2,01	1,07	1,00	0,92	1,00	1,02
38,67	2,01	1,07	1,00	0,92	1,00	1,02
52,00	1,67	0,94	0,96	1,07	1,05	1,11
58,67	1,92	0,91	0,96	1,05	1,11	1,17
72,00	1,85	0,92	1,00	1,07	1,14	1,21
78,67	1,88	0,96	1,02	1,08	1,25	1,31
85,33	2,02	1,01	1,05	1,14	1,25	1,30
98,67	1,80	1,05	1,07	1,17	1,23	1,29
105,33	1,89	1,12	1,14	1,21	1,27	1,31
112,00	2,08	1,12	1,15	1,19	1,29	1,32
118,67	1,88	1,06	1,07	1,20	1,28	1,32
125,33	1,95	1,07	1,06	1,21	1,23	1,29
132	1,82	1,05	1,02	1,23	1,24	1,30
138,67	1,84	1,04	1,05	1,19	1,24	1,27
152,00	2,04	1,09	1,06	1,24	1,30	1,35

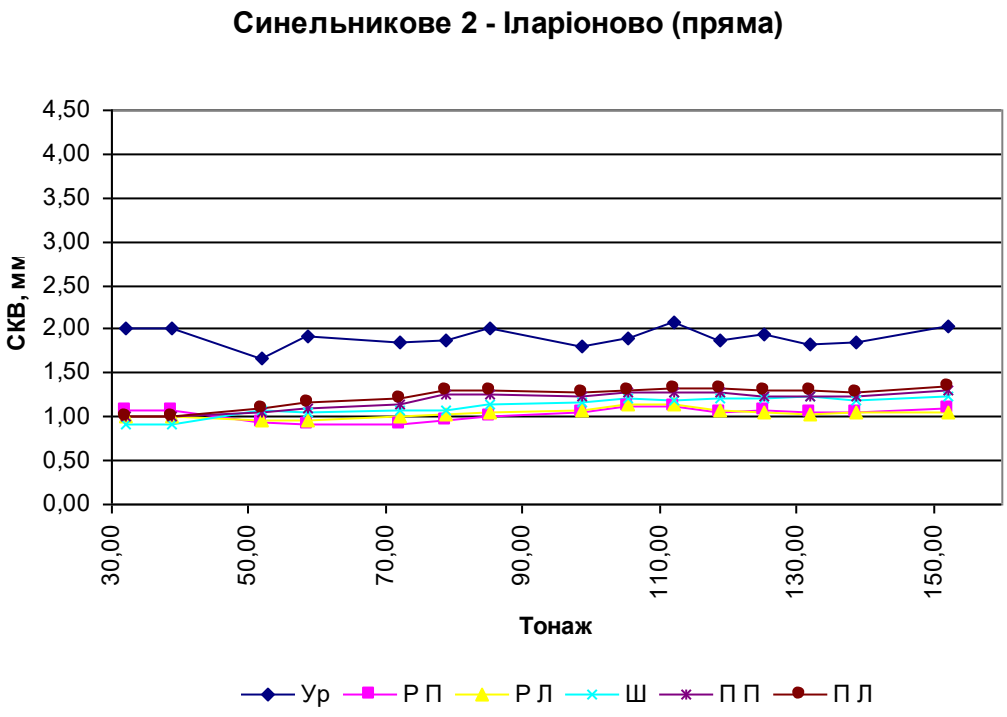

Рисунок 4.8 Зміна СКО ГПП на 4 ділянці перегону Синельникове 2- Іларіонове після виконання реконструкції

Таблиця 4.9 Зміна СКО ГПП на 5 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
756,33	2,73	1,31	1,48	2,41	1,90	1,98
759,67	2,73	1,31	1,48	2,41	1,90	1,98

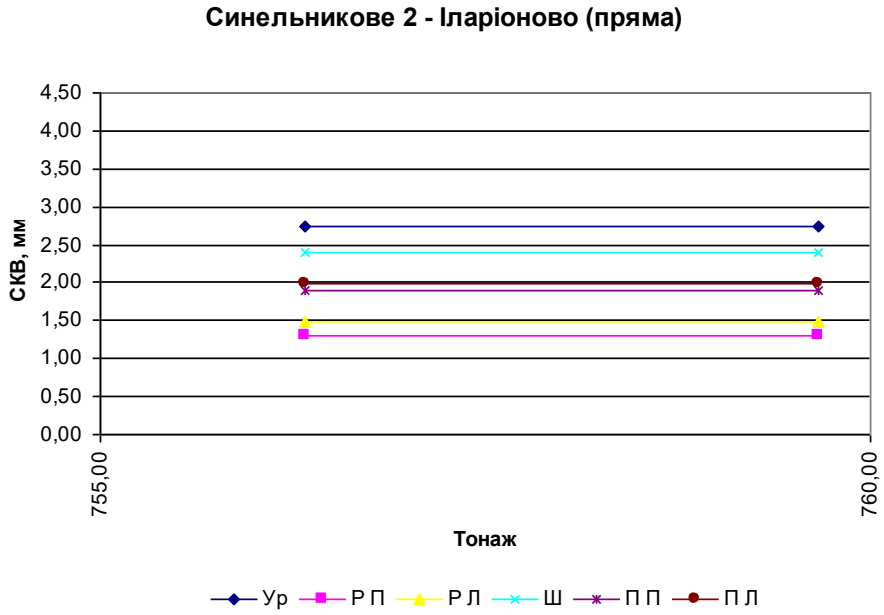

Рисунок 4.9 Зміна СКО ГПП на 5 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

Таблиця 4.10 Зміна СКО ГПП на 5 ділянці перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
32,00	1,14	0,74	1,10	2,03	0,75	0,71
38,67	2,16	0,94	1,19	2,16	1,13	1,19
52,00	2,11	0,87	1,12	2,12	1,18	1,22
58,67	2,24	0,88	1,13	2,08	1,28	1,37
72,00	2,45	0,81	1,11	2,05	1,39	1,48
78,67	2,46	0,91	1,23	2,11	1,45	1,54
85,33	2,50	0,90	1,21	2,17	1,44	1,50
98,67	2,37	0,89	1,14	2,25	1,44	1,46
105,33	2,46	0,98	1,23	2,26	1,45	1,44
112,00	2,44	0,97	1,23	2,16	1,45	1,42
118,67	2,40	0,95	1,24	2,20	1,46	1,47
125,33	2,49	0,94	1,18	2,22	1,44	1,44
132	2,45	0,91	1,20	2,22	1,45	1,47
138,67	2,44	0,94	1,20	2,13	1,47	1,45
152,00	2,47	0,96	1,22	2,20	1,49	1,51

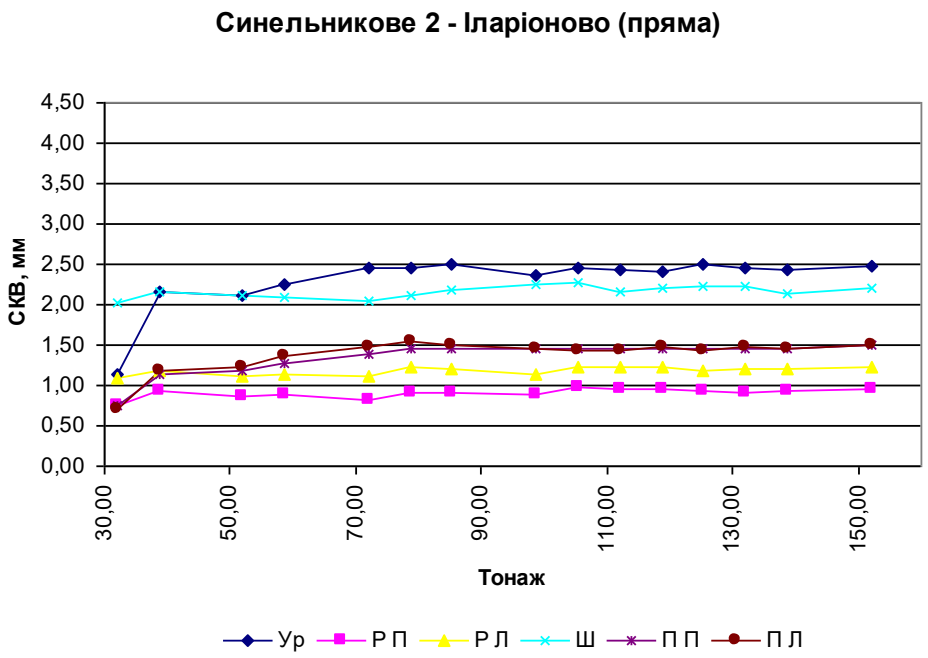

Рисунок 4.10 Зміна СКО ГПП на 5 ділянці перегону Інельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

Величина СКО ГПП на ділянках перегону Мелітополь - Тащенак залежно від вантажонапруженості та пропущеного тоннажу до виконання реконструкції показана в таблицях 4. 11;4.13;4.15;4.17;4.19 і на малюнках 4.11;4.13;4.15;4.17;4.19. А величина СКО ГПП на тих самих ділянках після виконання реконструкції показана в таблицях 4.12;4.14;4.16;4.18;4.20 і на рисунках 4.12;4.14;4.16;4.18;4.20 і на рисунках 4.12;4.20.

Таблиця 4.11 Зміна СКО ГПП на 1 ділянці перегону А - Б до виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
612,77	3,08	1,34	1,50	1,17	1,37	1,61
614,70	3,16	1,39	1,49	1,13	1,36	1,66
616,63	3,05	1,33	1,45	1,17	1,38	1,63
622,43	3,40	1,41	1,53	1,25	1,39	1,73
626,30	3,14	1,40	1,55	1,21	1,38	1,64

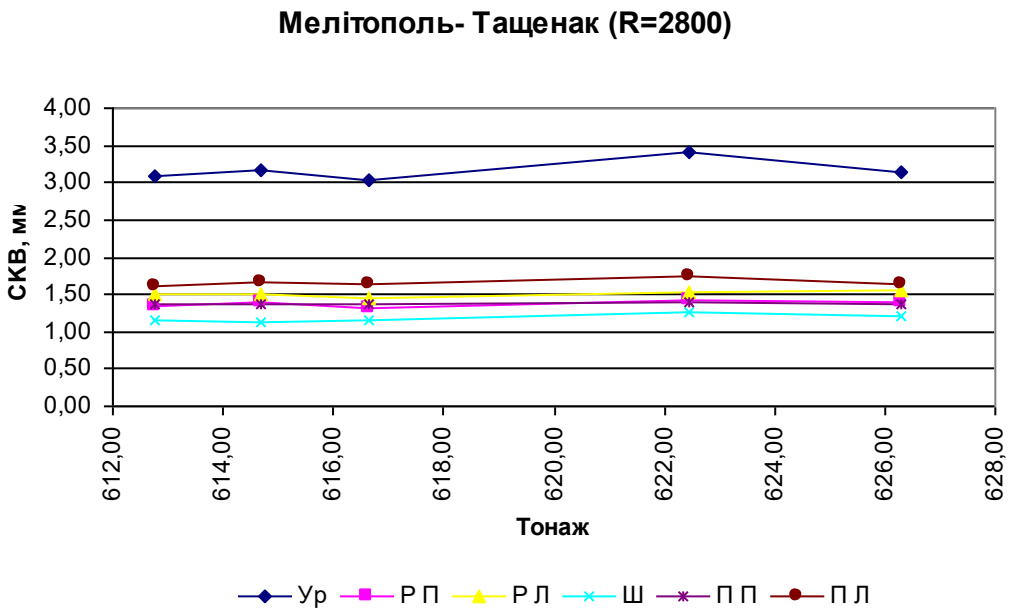

Рисунок 4.11 Зміна СКО ГПП на 1 ділянці перегону А – Б до виконання реконструкції

Таблиця 4.12 Зміна СКО ГПП на 1 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
1,77	3,10	1,05	0,97	0,94	1,80	1,46
3,70	3,35	1,10	0,99	0,93	1,83	1,49
5,63	2,91	1,12	1,02	0,98	1,77	1,46
7,57	2,62	1,19	1,09	1,03	1,87	1,52
13,37	2,59	1,08	0,96	1,18	1,70	1,44
15,30	2,43	1,19	1,10	1,15	1,70	1,40
17,23	2,47	1,04	0,94	1,15	1,67	1,38
19,17	2,58	1,06	0,94	1,14	1,68	1,39
21,10	1,40	0,68	0,51	1,11	0,65	0,64
23,03	1,30	0,71	0,55	1,09	0,67	0,64
24,97	1,30	0,67	0,51	1,05	0,66	0,67
26,90	1,32	0,68	0,55	1,06	0,70	0,68

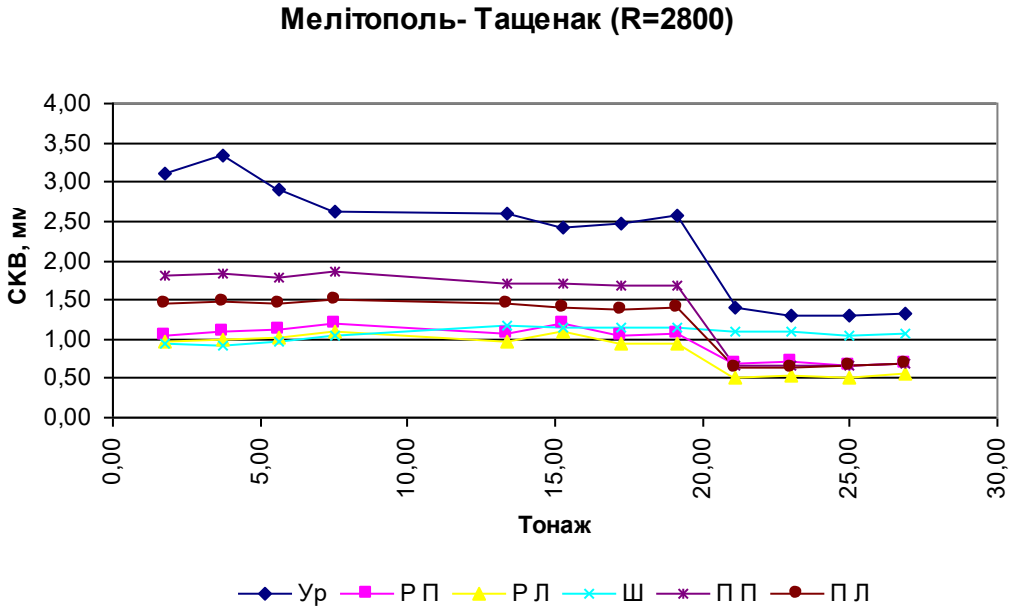

Рисунок 4.12 Зміна СКО ГПП на 1 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Таблиця 4.13 Зміна СКО ГПП на 2 ділянці перегону А - Б до виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
588,77	2,82	1,34	1,44	1,44	1,19	1,39
590,70	2,91	1,44	1,49	1,35	1,17	1,37
592,63	2,76	1,39	1,45	1,38	1,12	1,17
598,43	3,21	1,38	1,49	1,41	1,21	1,33
602,30	2,85	1,50	1,62	1,35	1,21	1,29

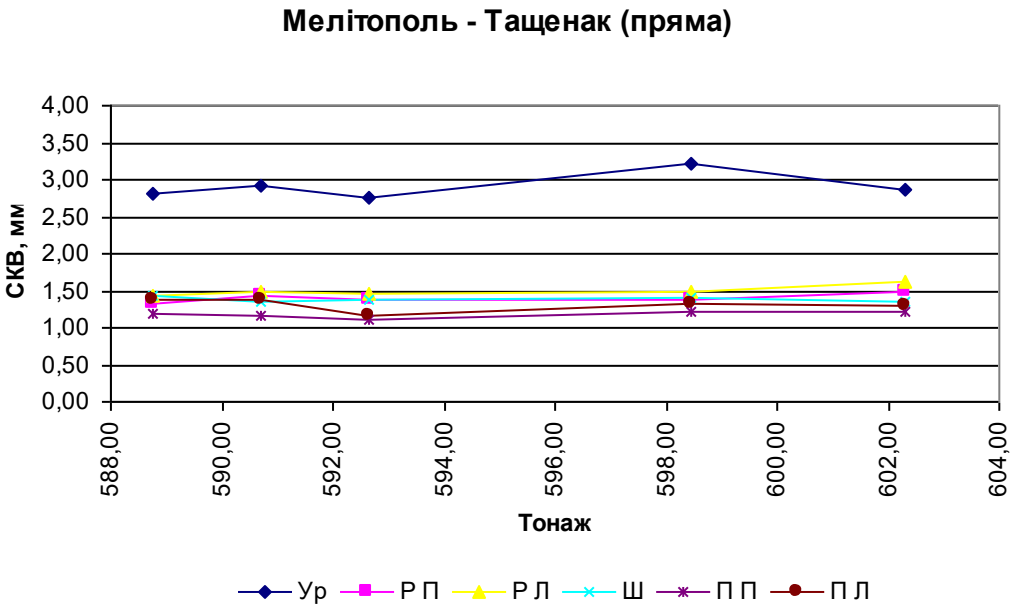

Рисунок 4.13 Зміна СКО ГПП на 2 ділянці перегону А - Б до виконання реконструкції

Таблиця 4.14 Зміна СКО ГПП на 2 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
1,77	2,94	1,29	1,22	1,11	1,44	1,49
3,70	3,32	1,29	1,26	1,11	1,51	1,51
5,63	3,19	1,37	1,36	1,21	1,51	1,53
7,57	2,33	1,41	1,38	1,19	1,39	1,31
13,37	2,88	1,48	1,35	1,45	1,44	1,38
15,30	2,66	1,62	1,55	1,46	1,45	1,36
17,23	2,40	1,49	1,39	1,54	1,41	1,33
19,17	2,69	1,46	1,39	1,52	1,40	1,33
21,10	2,65	1,44	1,35	1,51	1,40	1,31
23,03	2,46	1,47	1,39	1,49	1,38	1,32
24,97	1,30	0,67	0,51	1,05	0,66	0,67
26,90	2,62	1,40	1,33	1,50	1,44	1,36

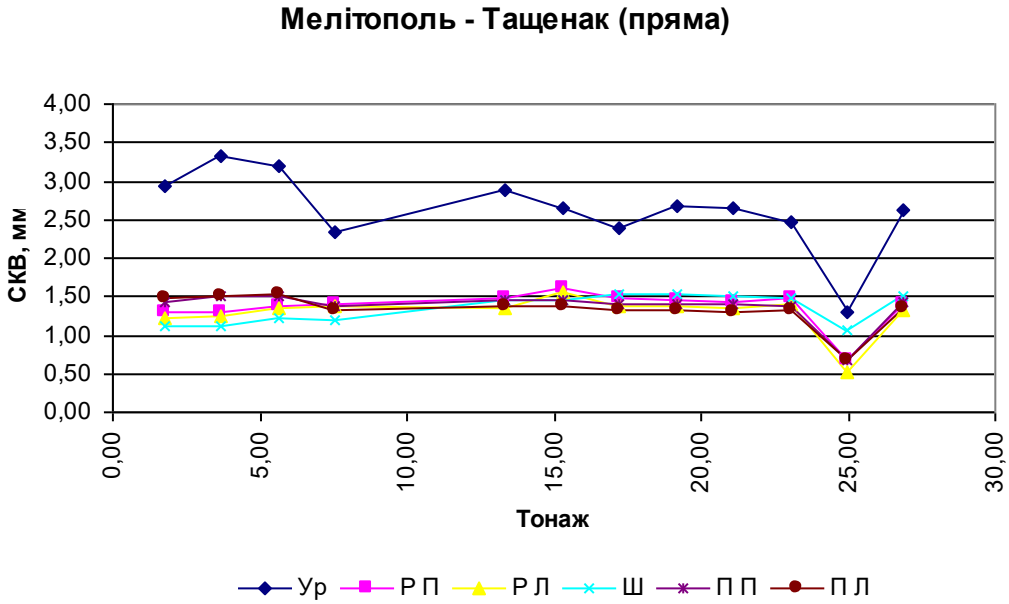

Рисунок 4.14 Зміна СКО ГПП на 2 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Таблиця 4.15 Зміна СКО ГПП на 3 ділянці перегону А - Б до виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П
588,77	3,76	1,43	1,56	1,41	1,40
590,70	3,97	1,58	1,57	1,32	1,38
592,63	3,19	1,55	1,54	1,43	1,40
598,43	3,54	1,69	1,63	1,44	1,40
602,30	3,29	1,62	1,66	1,25	1,37
608,10	3,56	1,52	1,56	1,17	1,37
610,03	3,87	1,39	1,43	1,15	1,37
611,97	3,41	1,44	1,58	1,28	1,38

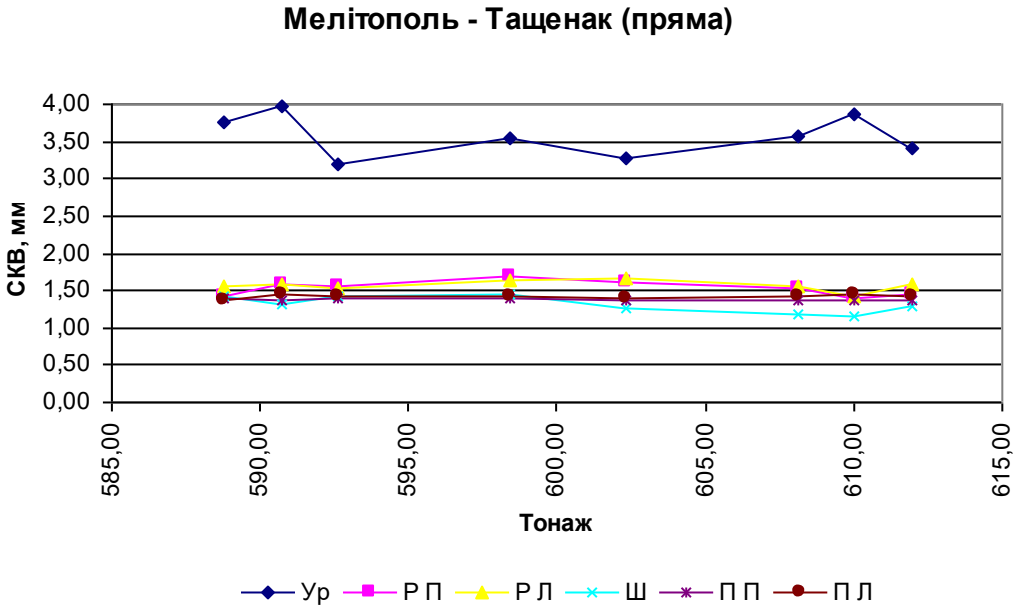

Рисунок 4.15 Зміна СКО ГПП на 3 ділянці перегону А - Б до виконання реконструкції

Таблиця 4.16 Зміна СКО ГПП на 3 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
0,11	0,86	1,20	1,19	1,16	0,74	0,68
0,50	2,03	1,14	1,15	1,10	0,99	1,10
6,30	2,23	1,28	1,27	1,09	1,01	1,12
8,23	2,18	1,15	1,10	1,16	1,02	1,14
10,17	2,24	1,10	1,09	1,15	1,04	1,13
12,10	2,21	1,09	1,05	1,14	1,04	1,15
14,03	1,95	1,12	1,05	1,12	1,00	1,14
15,97	2,01	1,03	0,99	1,07	1,01	1,15
17,90	2,19	1,05	1,00	1,12	1,05	1,16

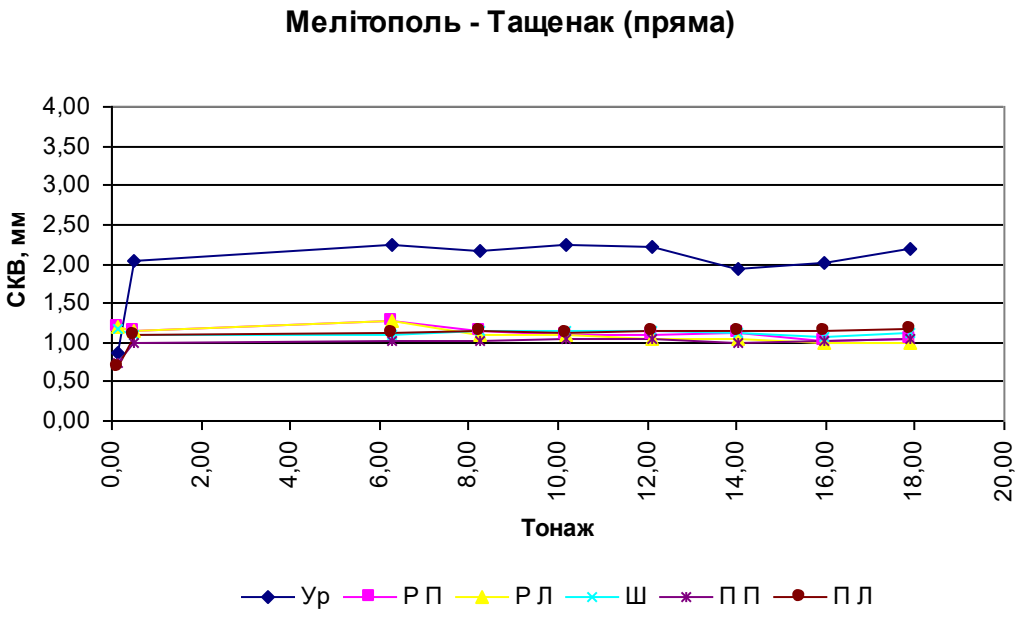

Рисунок 4.16 Зміна СКО ГПП на 3 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Таблиця 4.17 Зміна СКО ГПП на 4 ділянці перегону А - Б до виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
588,77	3,27	1,70	1,57	1,12	1,62	1,34
590,70	4,00	1,75	1,55	1,07	1,68	1,42
592,63	3,31	1,80	1,53	1,11	1,59	1,33
598,43	3,70	1,79	1,53	1,14	1,59	1,36
602,30	3,17	1,82	1,75	1,07	1,58	1,31
608,10	3,79	1,62	1,56	1,08	1,59	1,32
610,03	4,39	1,41	1,39	1,07	1,57	1,31
611,97	3,53	1,67	1,60	1,13	1,71	1,37

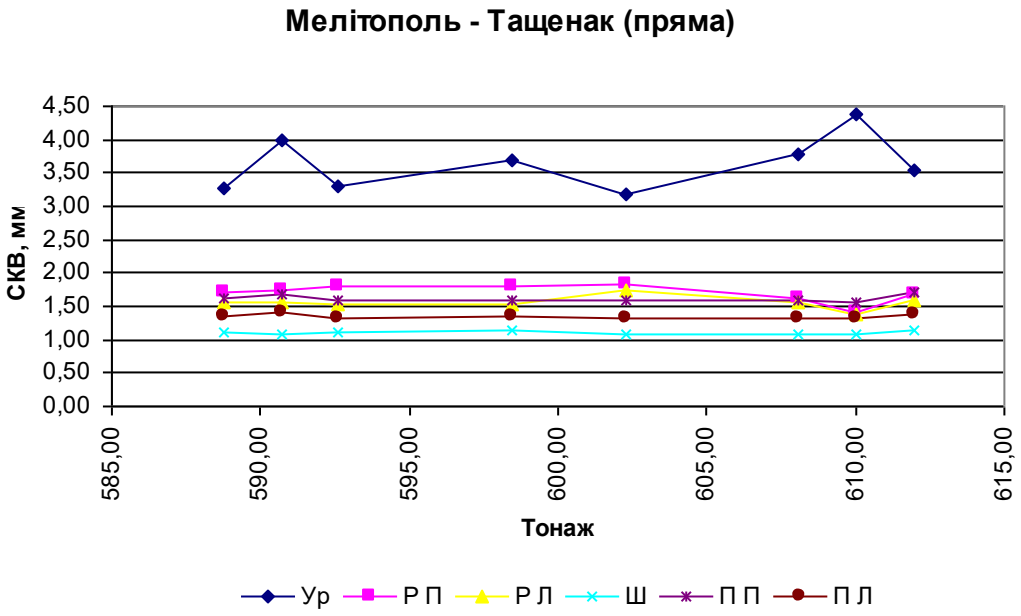

Рисунок 4.17 Зміна СКО ГПП на 4 ділянці перегону А - Б до виконання реконструкції

Таблиця 4.18 Зміна СКО ГПП на 4 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
0,50	0,80	1,55	1,53	1,23	0,54	0,55
4,37	1,88	1,40	1,33	1,23	1,19	1,41
6,30	2,00	1,56	1,52	1,19	1,22	1,43
8,23	2,27	1,39	1,33	1,25	1,25	1,54
10,17	2,29	1,43	1,37	1,23	1,20	1,54
12,10	2,34	1,38	1,32	1,22	1,23	1,54
14,03	2,31	1,42	1,32	1,21	1,22	1,54
15,97	2,30	1,31	1,24	1,13	1,21	1,52
17,90	2,33	1,36	1,27	1,20	1,25	1,55

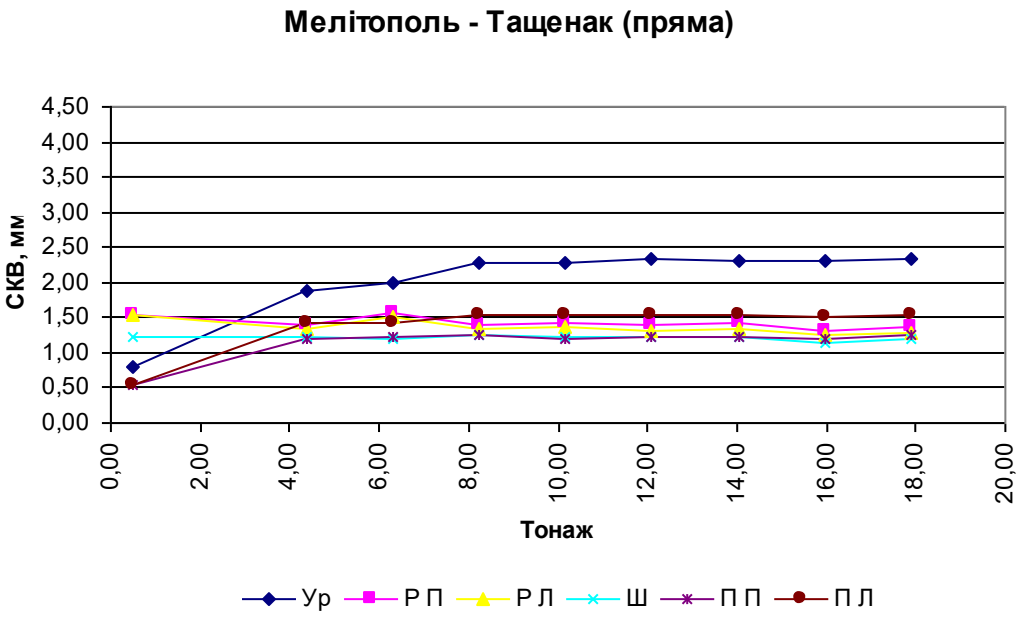

Рисунок 4.18 Зміна СКО ГПП на 4 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Таблиця 4.19 Зміна СКО ГПП на 5 ділянці перегону А - Б до виконання модернізації

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
588,77	3,84	1,88	1,82	1,60	1,77	1,70
590,70	3,69	1,83	1,67	1,60	1,73	1,78
592,63	3,39	1,90	1,67	1,68	1,82	1,69
598,43	3,73	1,92	1,73	1,91	1,97	1,65
602,30	3,65	2,07	2,01	1,62	1,96	1,69
608,10	3,78	2,13	1,88	1,51	1,83	1,76
610,03	3,93	1,96	1,76	1,55	1,84	1,70
611,97	3,47	1,96	1,95	1,76	2,06	1,96

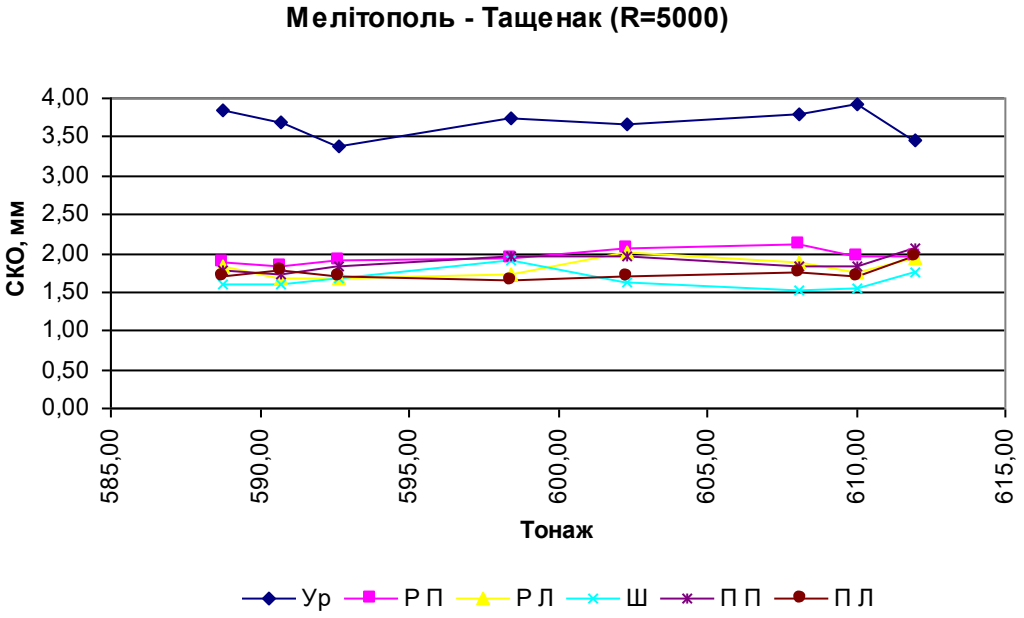

Рисунок 4.19 Зміна СКО ГПП на 5 ділянці перегону А - Б до виконання реконструкціїв

Таблиця 4.20 Зміна СКО ГПП на 5 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
0,97	1,46	1,07	1,09	0,96	1,81	2,00
6,77	1,95	1,00	0,90	1,06	1,23	1,19
8,70	1,95	1,06	0,99	1,02	1,26	1,19
10,63	1,77	0,99	0,91	1,09	1,27	1,19
12,57	2,01	0,95	0,86	1,10	1,22	1,17
14,50	2,06	0,92	0,83	1,10	1,25	1,18
16,43	1,84	1,00	0,85	1,06	1,24	1,18
18,37	1,71	0,87	0,76	1,01	1,19	1,15
20,30	1,97	0,89	0,80	1,05	1,27	1,20

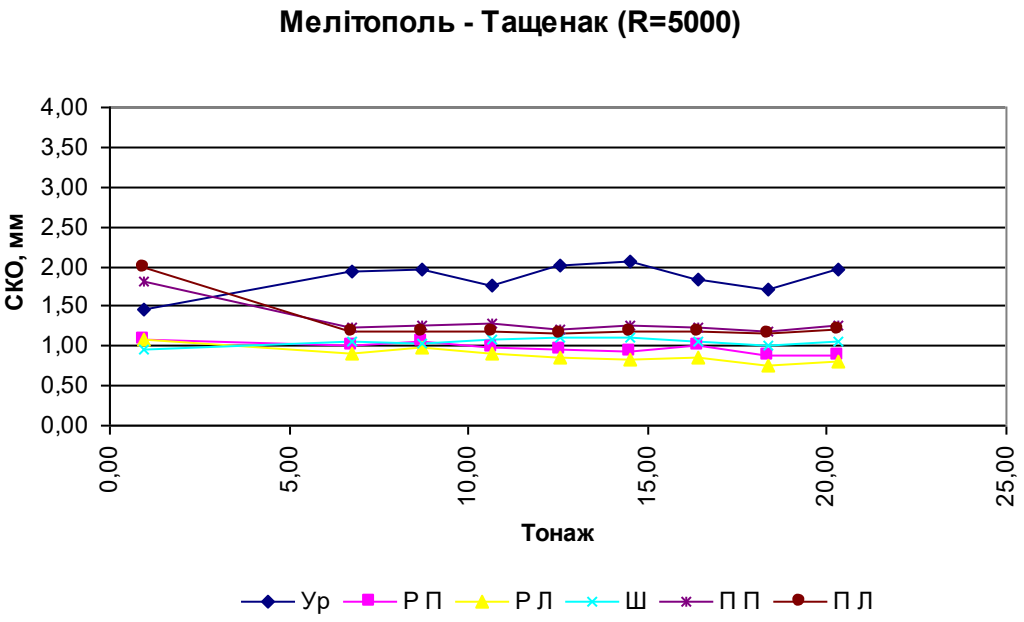

Рисунок 4.20 Зміна СКО ГПП на 5 ділянці перегону А - Б після виконання реконструкції

Величина СКО ГПП на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове залежно від вантажонапруженості та пропущеного тоннажу до виконання реконструкції показана в таблиці 4.21 і на рисунках 4.21-4.26. А величина СКО ГПП на тих самих ділянках після виконання реконструкції показана в таблиці 4.22 і на рисунках 4.27-4.32.

Таблиця 4.21 Величина СКО ГПП на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

Ділянки	Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
1	763,00	4,20	1,35	1,50	2,09	2,38	2,43
2	763,00	3,05	0,85	0,94	1,24	1,62	1,32
3	763,00	4,15	2,71	2,61	2,29	1,63	1,37
4	756,33	2,23	1,25	1,20	1,21	1,68	1,73
5	756,33	2,73	1,31	1,48	2,41	1,90	1,98
Ср	756,33	3,27	1,49	1,55	1,85	1,84	1,77
	763,00	3,27	1,49	1,55	1,85	1,84	1,77
		0,875327	0,707535	0,636371	0,581303	0,322961	0,458287
максв1=Ср+3*S	756,33	5,899839	3,614972	3,454385	3,59262	2,810445	3,140153
	763,00	5,899839	3,614972	3,454385	3,59262	2,810445	3,140153
максв2=Ср+2,5*S	756,33	5,462176	3,261205	3,1362	3,301968	2,648964	2,911009
	763,00	5,462176	3,261205	3,1362	3,301968	2,648964	2,911009

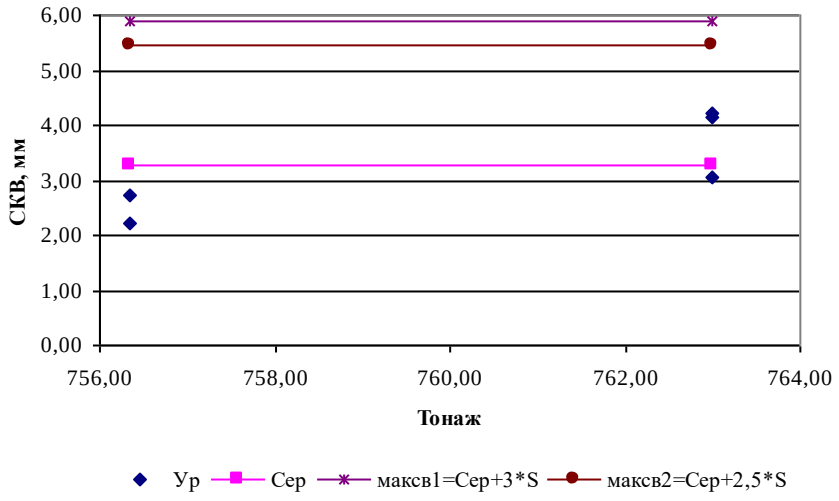

Рисунок 4.21 Середнє наведене значення СКО ГПП за рівнем на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

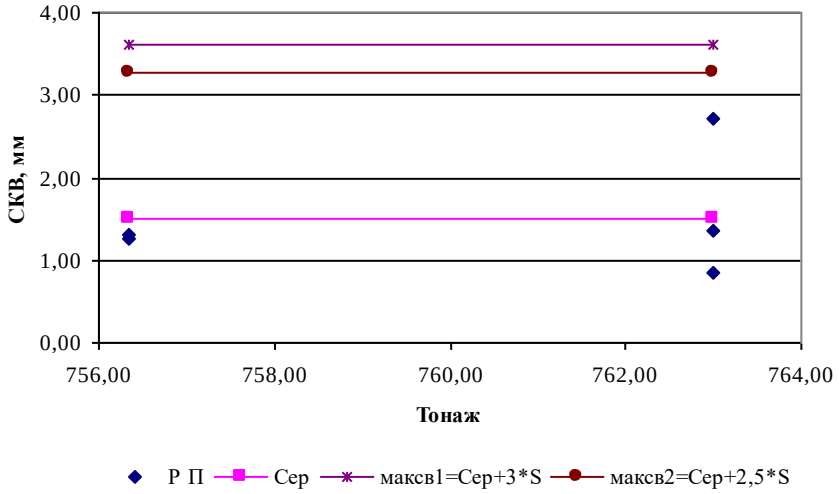

Рисунок 4.22 Середнє наведене значення СКО ГПП з рихтування правої нитки на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання модернізації

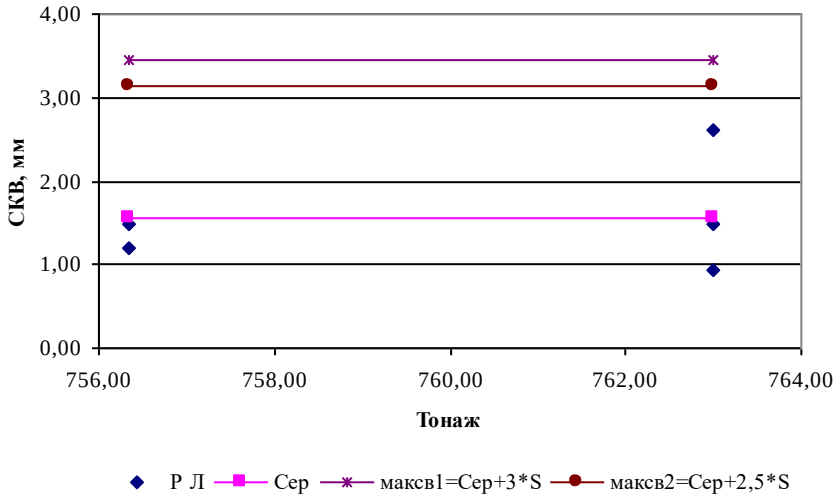

Рисунок 4.23 Середнє наведене значення СКО ГПП з рихтування лівої нитки на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

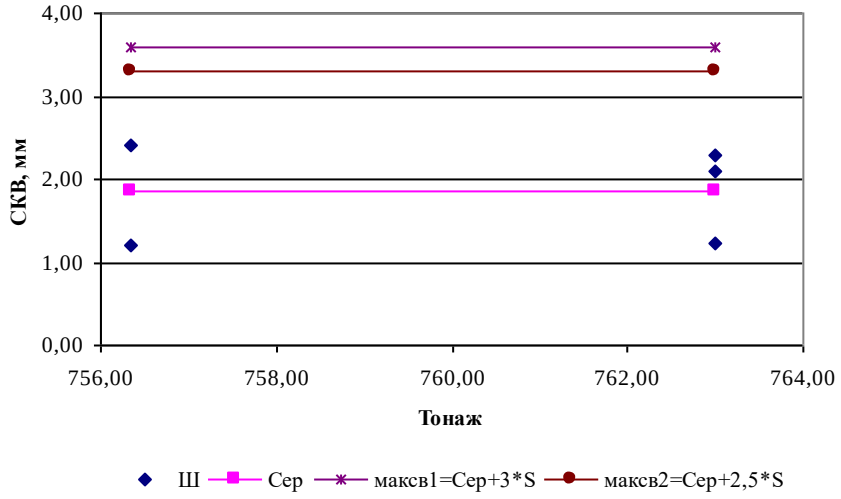

Рисунок 4.24 Середнє наведене значення СКО ГПП за шаблоном на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

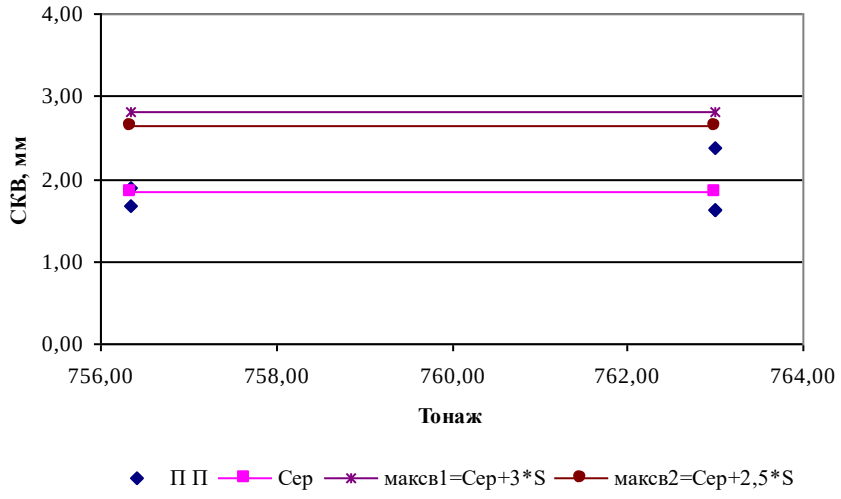

Рисунок 4.25 Середнє наведене значення СКО ГПП за просіданням правої нитки на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

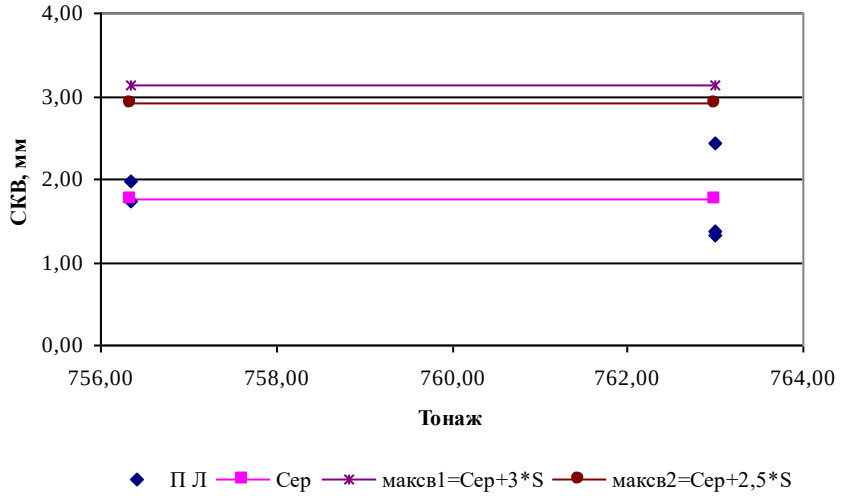

Рисунок 4.26 Середнє наведене значення СКО ГПП за просіданням лівої нитки на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

Таблиця 4.22 Величина СКО ГПП на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

Участки	Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
1	38,67	2,72	1,04	1,08	0,99	1,54	1,57
2	38,67	2,35	1,18	1,16	0,75	1,10	0,97
3	38,67	2,08	1,11	1,10	0,74	0,70	0,64
4	32,00	2,01	1,07	1,00	0,92	1,00	1,02
5	32,00	1,14	0,74	1,10	2,03	0,75	0,71
Ср	32,00	2,06	1,03	1,09	1,08	1,02	0,98
	38,67	2,06	1,03	1,09	1,08	1,02	0,98
		0,584345	0,167975	0,055523	0,537041	0,337059	0,366469
максв1=Ср+3*S	32,00	3,811843	1,532548	1,254801	2,695772	2,028323	2,08163
	38,67	3,811843	1,532548	1,254801	2,695772	2,028323	2,08163
максв2=Ср+2,5*S	32,00	3,51967	1,448561	1,22704	2,427252	1,859793	1,898396
	38,67	3,51967	1,448561	1,22704	2,427252	1,859793	1,898396

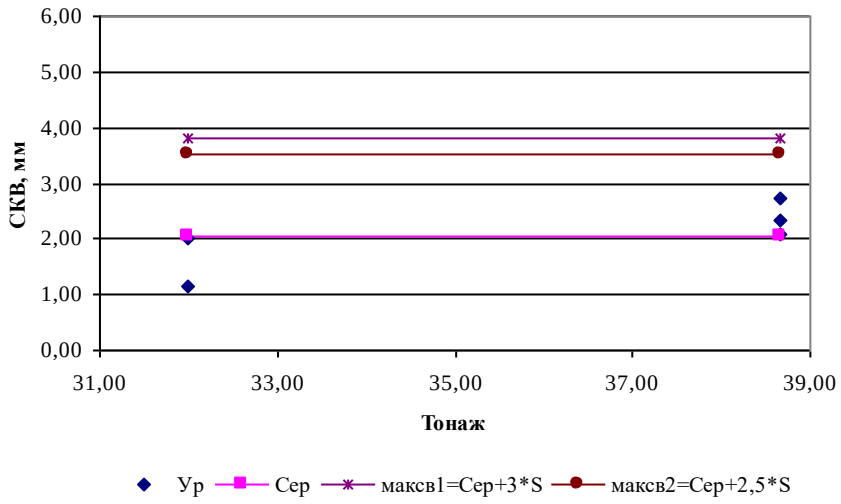

Рисунок 4.27 Середнє наведене значення СКО ГПП за рівнем на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

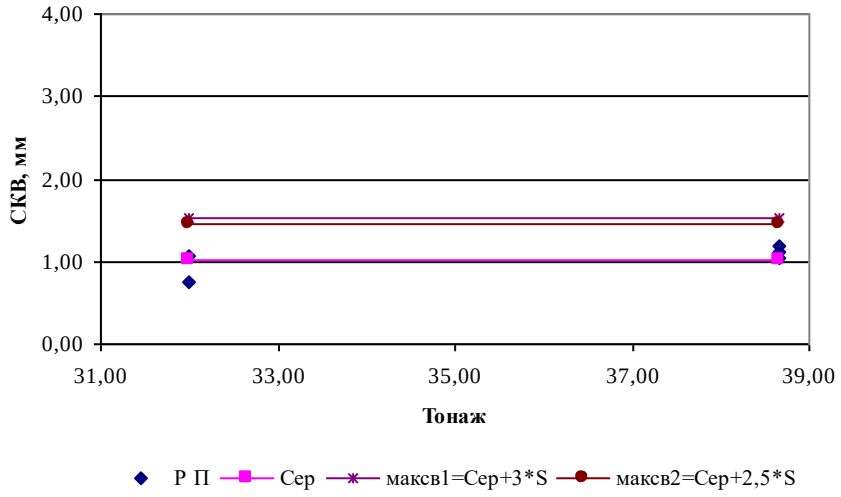

Рисунок 4.28 Середнє наведене значення СКО ГПП з рихтування правої нитки на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

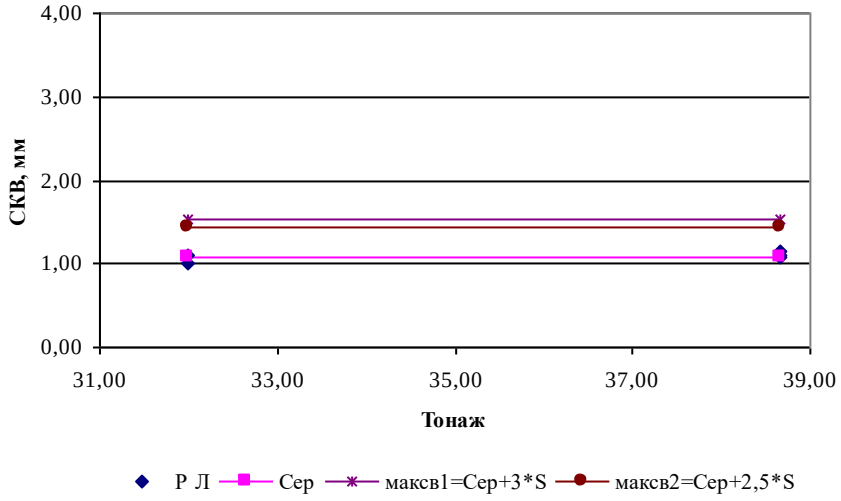

Рисунок 4.29 Середнє наведене значення СКО ГПП з рихтування лівої нитки на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

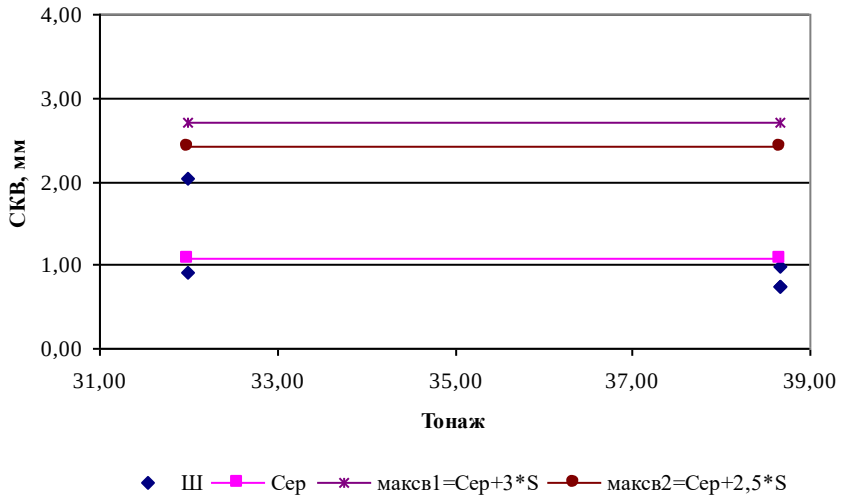

Рисунок 4.30 Середнє наведене значення СКО ГПП за шаблоном на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

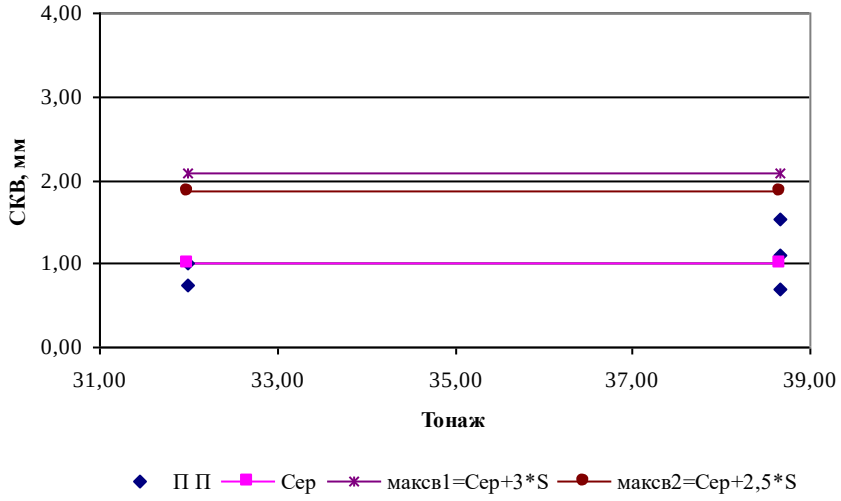

Рисунок 4.31 Середнє наведене значення СКО ГПП за просіданням правої нитки на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

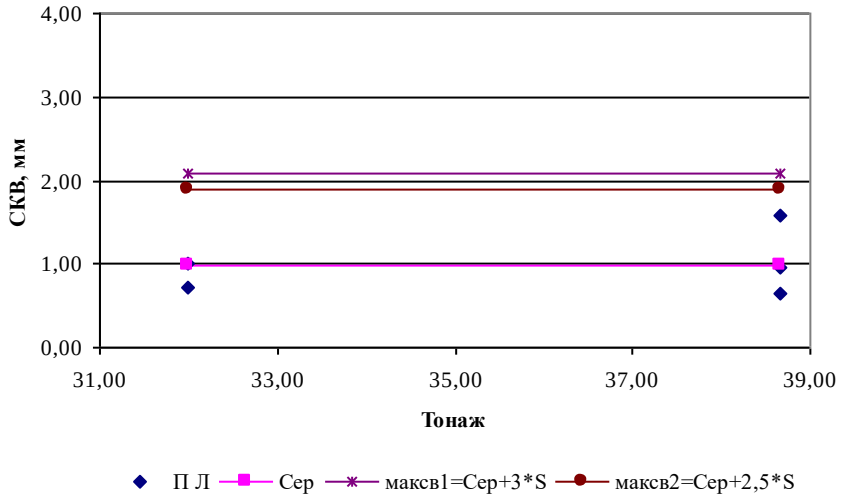

Рисунок 4.32 Середнє наведене значення СКО ГПП за просіданням лівої нитки на ділянках перегону Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

Величина ШКО ГПП на ділянках перегону Мелітополь - Тащенак залежно від вантажонапруженості та пропущеного тоннажу до виконання реконструкції показана в таблиці 4.23 та на рисунках 4.33-4.38. А величина ШКО ГПП на тих самих ділянках після виконання реконструкції показана в таблиці 4.24 та на рисунках 4.39-4.44.

Таблиця 4.23 Величина СКО ГПП на ділянках перегону А - Б до виконання реконструкції

Ділянки	Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
1	626,30	3,14	1,40	1,55	1,21	1,38	1,64
2	602,30	2,85	1,50	1,62	1,35	1,21	1,29
3	611,97	3,41	1,44	1,58	1,28	1,38	1,41
4	611,97	3,53	1,67	1,60	1,13	1,71	1,37
5	611,97	3,47	1,96	1,95	1,76	2,06	1,96
Ср	602,30	3,28	1,59	1,66	1,34	1,55	1,53
	626,30	3,28	1,59	1,66	1,34	1,55	1,53
		0,2822	0,229778	0,162878	0,244005	0,341285	0,271385
максв1=Ср+3*S	602,30	4,125848	2,282643	2,14893	2,075291	2,571324	2,347436
	626,30	4,125848	2,282643	2,14893	2,075291	2,571324	2,347436
максв2=Ср+2,5*S	602,30	3,984748	2,167754	2,067491	1,953289	2,400681	2,211743
	626,30	3,984748	2,167754	2,067491	1,953289	2,400681	2,211743

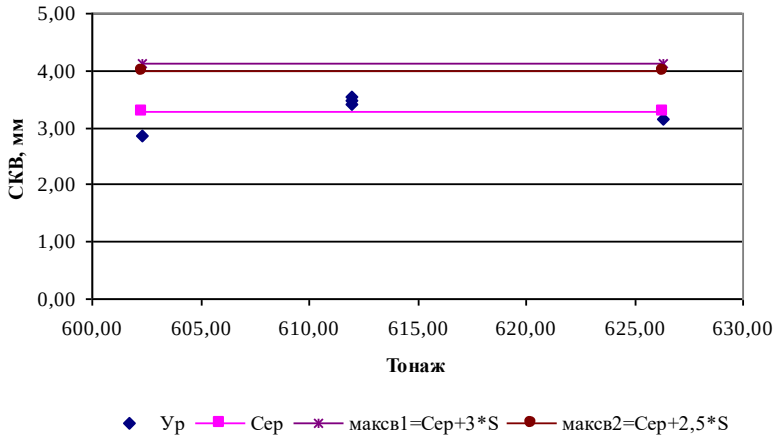

Рисунок 4.33 Середнє наведене значення СКО ГПП за рівнем на ділянках перегону А - Б до виконання реконструкції

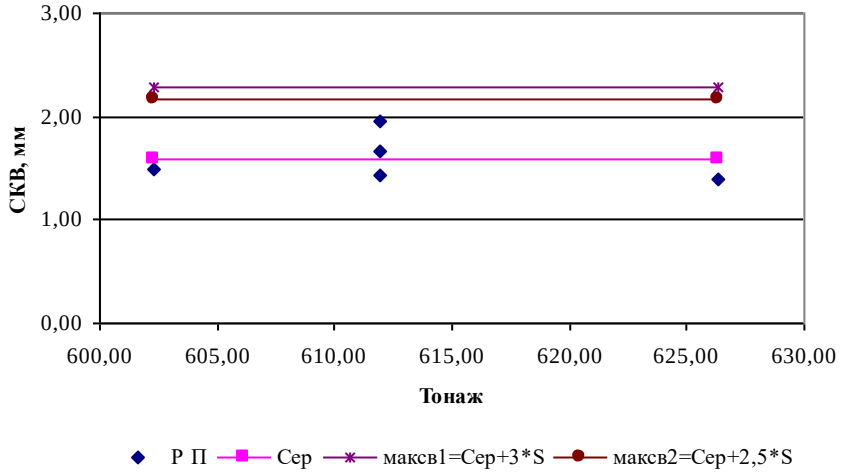

Рисунок 4.34 Середнє наведене значення СКО ГПП з рихтування правої нитки на ділянках перегону А - Б до виконання реконструкції

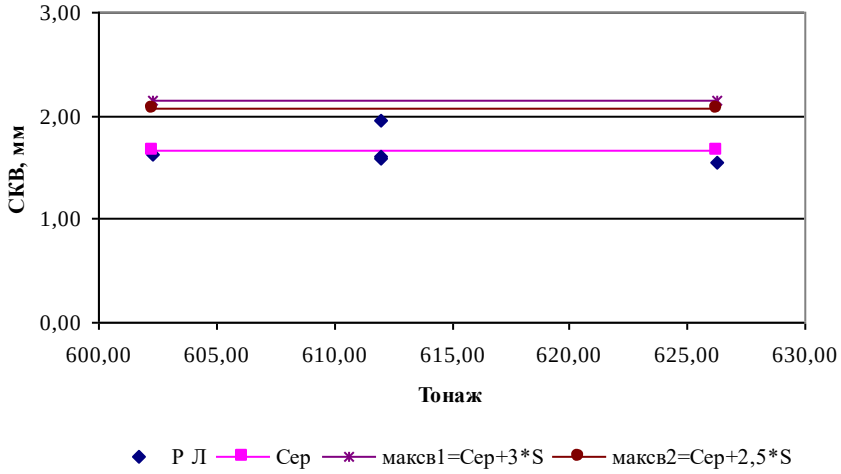

Рисунок 4.35 Середнє наведене значення СКО ГПП з рихтування лівої нитки на ділянках перегону А - Б до виконання реконструкції

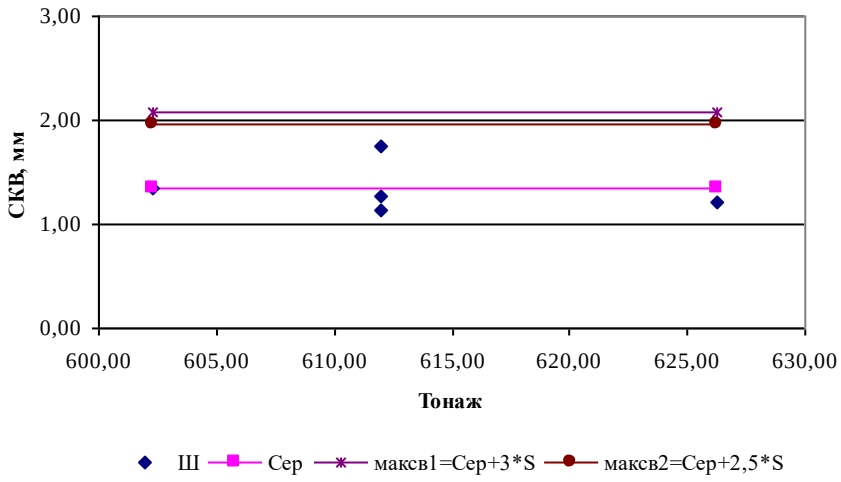

Рисунок 4.36 Середнє наведене значення СКО ГПП за шаблоном на ділянках перегону А - Б до виконання реконструкції

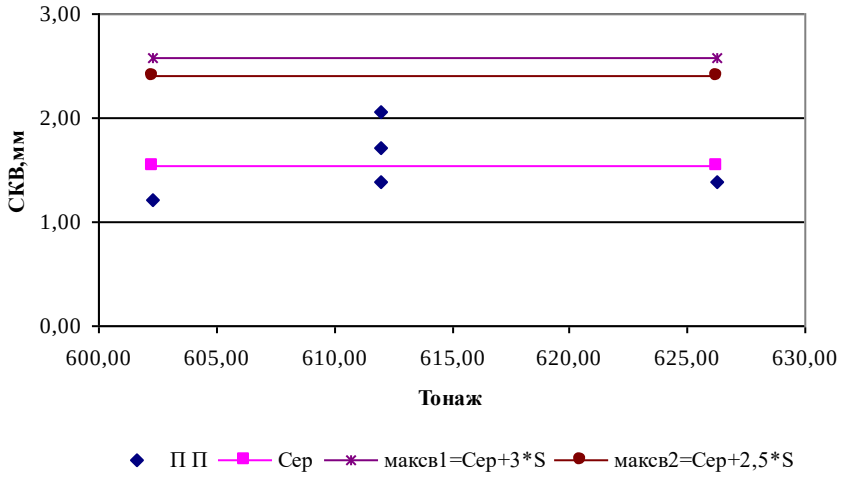

Рисунок 4.37 Середнє наведене значення СКО ГПП за просіданням правої нитки на ділянках перегону А - Б до виконання реконструкції

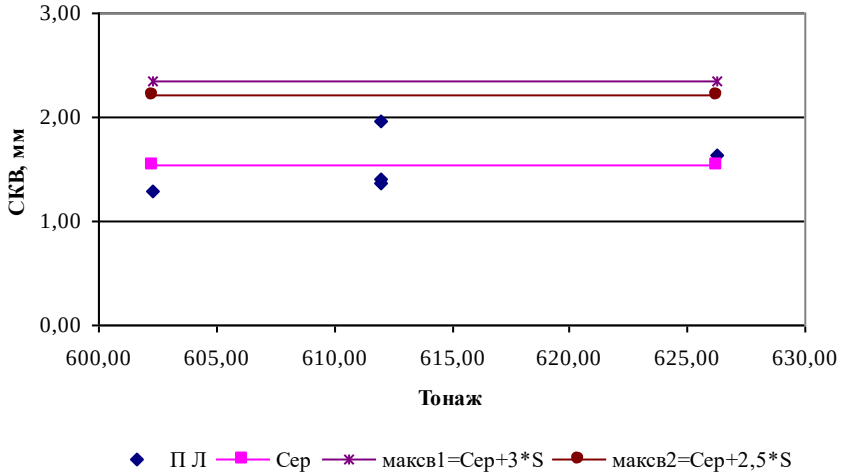

Рисунок 4.38 Середнє наведене значення СКО ГПП за просіданням лівої нитки на ділянках перегону А - Б до виконання реконструкції

Таблиця 4.24 Величина СКО ГПП на ділянках перегону А - Б після виконання реконструкції

Ділянки	Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,77	3,10	1,05	0,97	0,94	1,80	1,46
2	1,77	2,94	1,29	1,22	1,11	1,44	1,49
3	0,11	0,86	1,20	1,19	1,16	0,74	0,68
4	0,50	0,80	1,55	1,53	1,23	0,54	0,55
5	0,97	1,46	1,07	1,09	0,96	1,81	2,00
Ср	0,11	1,83	1,23	1,20	1,08	1,26	1,24
	1,77	1,83	1,23	1,20	1,08	1,26	1,24
		1,115051	0,201469	0,20925	0,127201	0,59409	0,608401
максв1=Ср+3*S	0,11	5,17577	1,836177	1,828738	1,462332	3,046517	3,060708
	1,77	5,17577	1,836177	1,828738	1,462332	3,046517	3,060708
максв2=Ср+2,5*S	0,11	4,618245	1,735443	1,724114	1,398731	2,749472	2,756508
	1,77	4,618245	1,735443	1,724114	1,398731	2,749472	2,756508

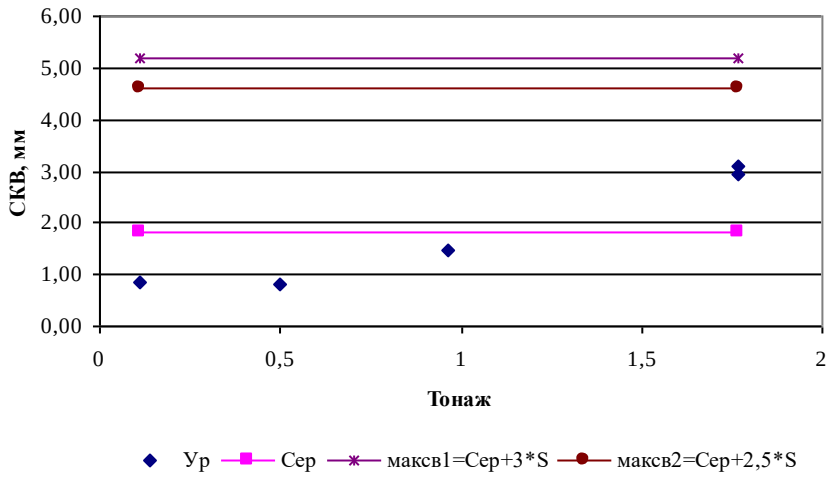

Рисунок 4.39 Середнє наведене значення СКО ГПП за рівнем на ділянках перегону А - Б після виконання реконструкції

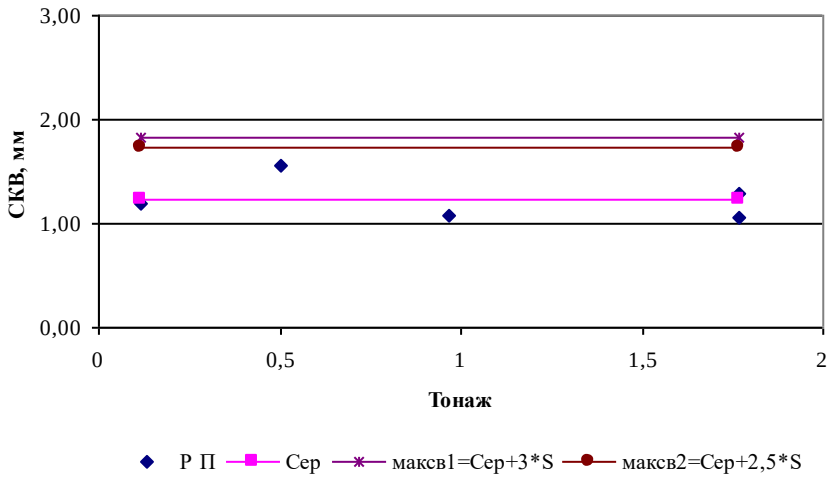

Рисунок 4.40 Середнє наведене значення СКО ГПП з рихтування правої нитки на ділянках перегону А - Б після виконання реконструкції

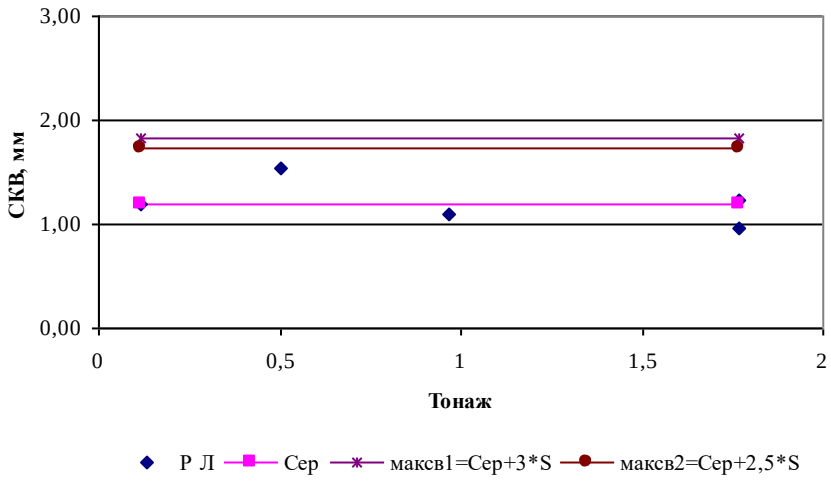

Рисунок 4.41 Середнє наведене значення СКО ГПП з рихтування правої нитки на ділянках перегону А - Б після виконання реконструкції

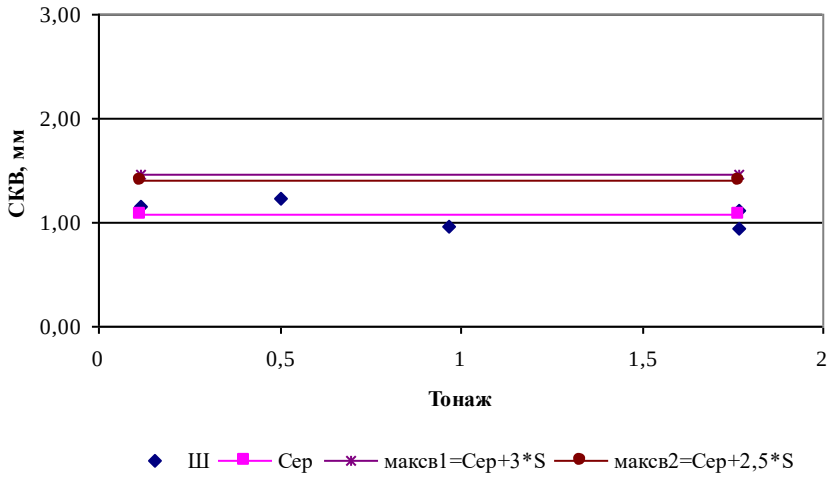

Рисунок 4.42 Середнє наведене значення СКО ГПП за шаблоном на ділянках перегону А - Б після виконання реконструкції

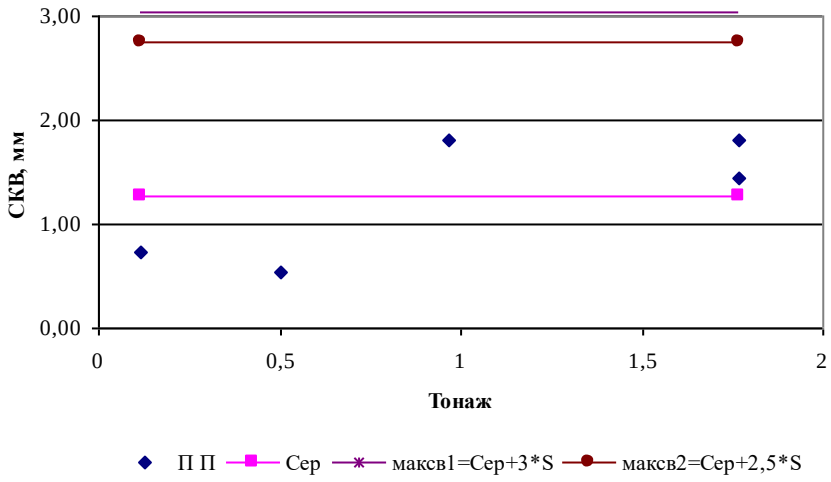

Рисунок 4.43 Середнє наведене значення СКО ГПП за просіданням правої нитки на ділянках перегону А - Б після виконання реконструкції

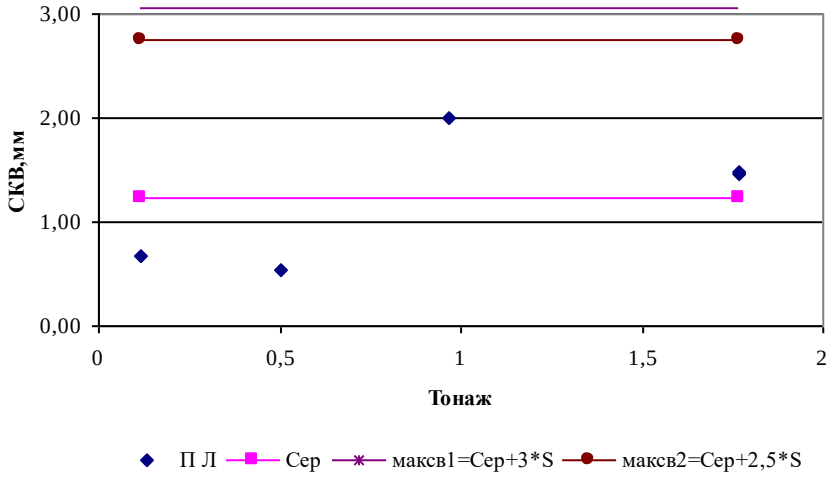

Рисунок 4.44 Середнє наведене значення СКО ГПП за просіданням лівої нитки на ділянках перегону А - Б після виконання реконструкції

Далі для можливості оцінки стану колії за фактичним станом потрібне загальне середнє наведене значення СКО ГПП на дільницях перегону Мелітополь - Тащенак і Синельникове 2 - Іларіонове. Розрахунок загального середнього приведеного значення СКО ГПП на ділянках перегону Мелітополь

- Тащенак і Синельникове 2 - Іларіонова до і після виконання реконструкції колії ведеться в табличній формі та показаний у таблиці 4.25 і 4.26

Таблиця 4.25 Загальне середнє наведене значення СКО ГПП на ділянках перегону А - Б і Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

	Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л	Прив
КМС 137	626,30	3,14	1,40	1,55	1,21	1,38	1,64	1,46
КМС 137	602,30	2,85	1,50	1,62	1,35	1,21	1,29	1,40
КМС 137	611,97	3,41	1,44	1,58	1,28	1,38	1,41	1,47
КМС 137	611,97	3,53	1,67	1,60	1,13	1,71	1,37	1,54
КМС 137	611,97	3,47	1,96	1,95	1,76	2,06	1,96	1,90
КМС 137	763,00	4,20	1,35	1,50	2,09	2,38	2,43	1,97
КМС 137	763,00	3,05	0,85	0,94	1,24	1,62	1,32	1,25
КМС 137	763,00	4,15	2,71	2,61	2,29	1,63	1,37	2,11
КМС 6	756,33	2,23	1,25	1,20	1,21	1,68	1,73	1,37
КМС 6	756,33	2,73	1,31	1,48	2,41	1,90	1,98	1,74
Сер	602,30	3,28	1,54	1,60	1,60	1,69	1,65	1,62
	763,00	3,28	1,54	1,60	1,60	1,69	1,65	1,62
		0,613135	0,498786	0,442099	0,497601	0,349498	0,375541	0,293165
максв1=Сер+3*S	602,30	5,115958	3,039196	2,929081	3,088798	2,74301	2,775909	2,500111
	763,00	5,115958	3,039196	2,929081	3,088798	2,74301	2,775909	2,500111
максв2=Сер+2,5*S	602,30	4,80939	2,789803	2,708032	2,839997	2,568261	2,588139	2,353528
	763,00	4,80939	2,789803	2,708032	2,839997	2,568261	2,588139	2,353528

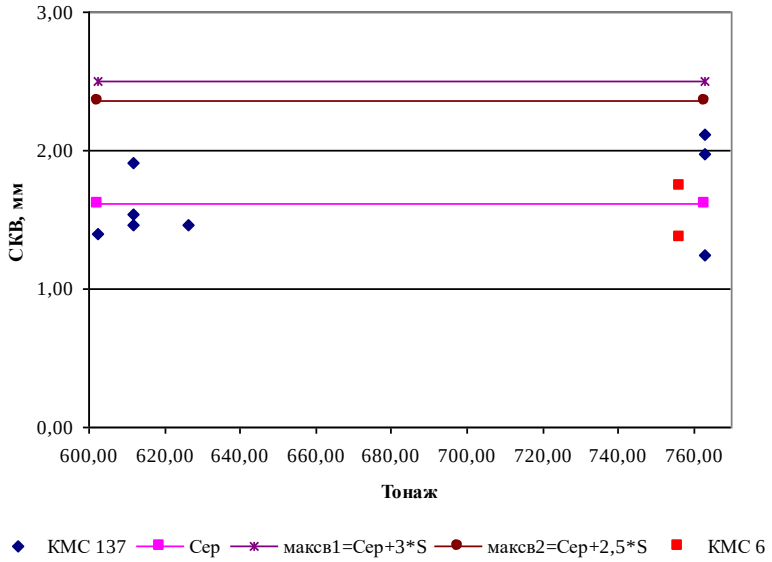

Рисунок 4.45 Загальне середнє наведене значення СКО ГПП на ділянках перегону А - Б і Синельникове 2 - та Іларіонове до виконання реконструкції

Таблиця 4.26 Загальне середнє наведене значення СКО ГПП на ділянках перегону А - Б і Синельникове 2 - Іларіонове після виконання реконструкції

	Тоннаж	Ур	Р П	Р Л	Ш	П П	П Л	Прив
1	2	3	4	5	6	7	8	9
КМС 137	1,77	3,10	1,05	0,97	0,94	1,80	1,46	1,29
КМС 137	1,77	2,94	1,29	1,22	1,11	1,44	1,49	1,34
КМС 137	0,11	0,86	1,20	1,19	1,16	0,74	0,68	0,90
КМС 137	0,50	0,80	1,55	1,53	1,23	0,54	0,55	0,97
КМС 137	0,97	1,46	1,07	1,09	0,96	1,81	2,00	1,28
КМС 137	38,67	2,72	1,04	1,08	0,99	1,54	1,57	1,26
КМС 137	38,67	2,35	1,18	1,16	0,75	1,10	0,97	1,05
КМС 137	38,67	2,08	1,11	1,10	0,74	0,70	0,64	0,89
КМС 6	32,00	2,01	1,07	1,00	0,92	1,00	1,02	1,00
КМС 6	32,00	1,14	0,74	1,10	2,03	0,75	0,71	0,98
Ср	0,11	1,94	1,13	1,14	1,08	1,14	1,11	1,10
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	38,67	1,94	1,13	1,14	1,08	1,14	1,11	1,10
		0,847832	0,205045	0,156083	0,367939	0,473621	0,491956	0,17612
максв1=Ср+3*S	0,11	4,488208	1,745333	1,612861	2,186505	2,56156	2,584732	1,62493
	38,67	4,488208	1,745333	1,612861	2,186505	2,56156	2,584732	1,62493
максв2=Ср+2,5*S	0,11	4,064292	1,64281	1,534819	2,002536	2,324749	2,338754	1,53687
	38,67	4,064292	1,64281	1,534819	2,002536	2,324749	2,338754	1,53687

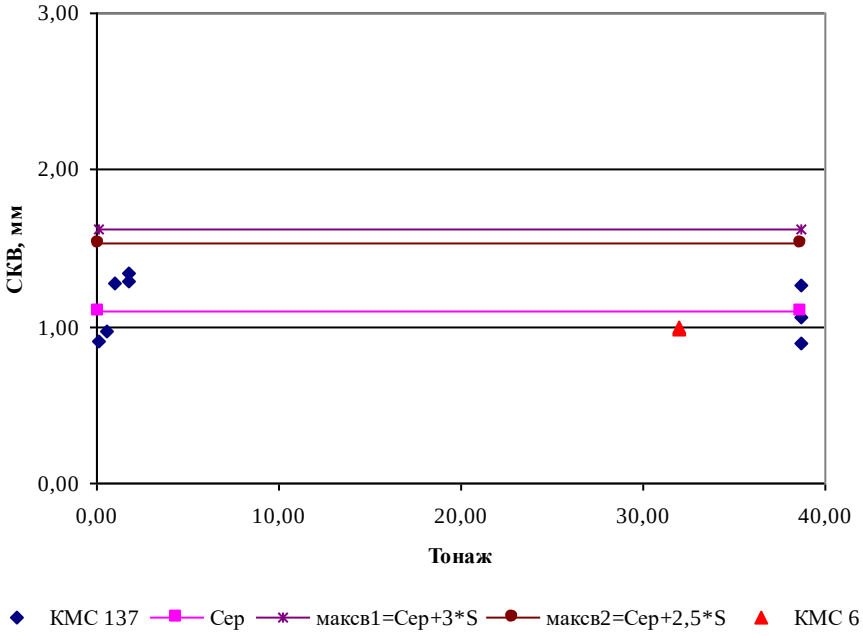

Рисунок 4.46 Загальне середнє наведене значення СКО ГПП на ділянках перегону А - Б і Синельникове 2 - Іларіонове до виконання реконструкції

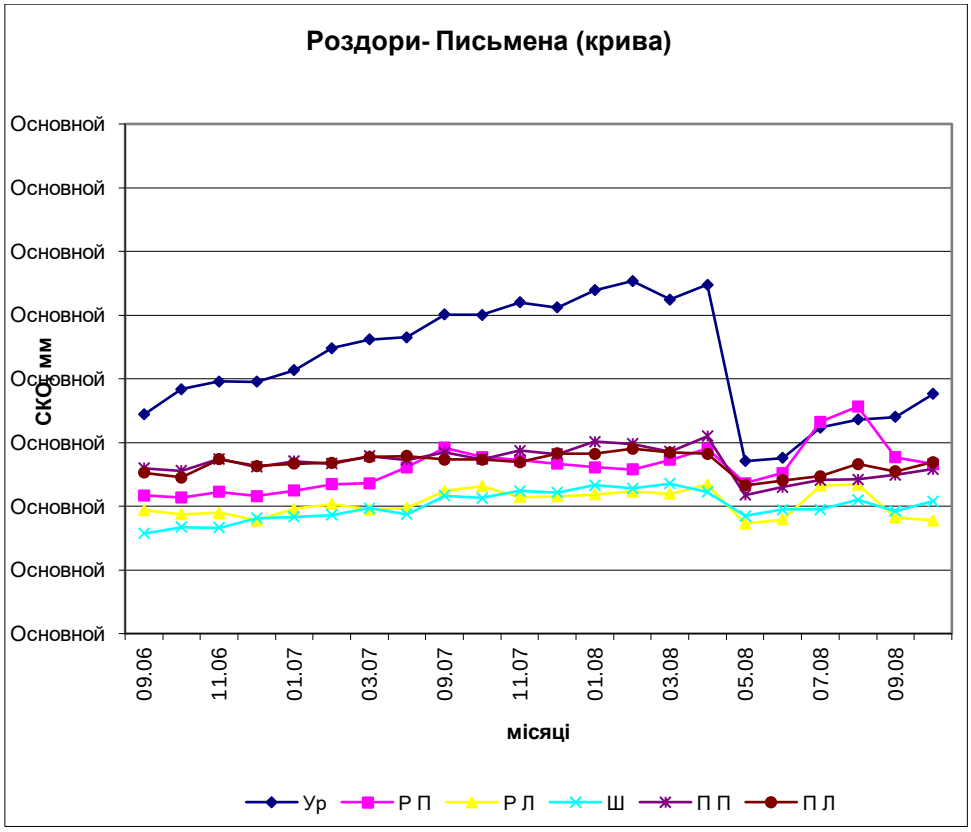

Рисунок 4.47 Зміна СКО ГПП на ділянці в круговій кривій перегону Роздори - Письмова

Загальне середнє наведене значення СКО ГПП розраховували за формулою

$$Ï\ ðèâ = \frac{0,5 \cdot Ð³â + 1 \cdot ÐÏ\ + 1 \cdot ÐË\ + 1 \cdot Ø\ + 1 \cdot Ï\ Ï\ + 1 \cdot Ï\ Ë}{6}; \qquad (4.1)$$

Для розрахунку загального наведеного значення СКО ГПП значення СКО за рівнем було вирішено враховувати з коефіцієнтом 0,5, оскільки з рис. 4.1-4.20 можна побачити, що значення СКО за рівнем приблизно вдвічі більше за значення інших показників.

5 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ СЕРЕДНЬОКВАДРАТИЧНИХ ВІДХИЛЕНЬ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛІЇ

На первом этапе рассмотрения методики (описана выше) по определению среднеквадратических отклонений геометрических параметров пути и возможностью с их помощью оценивать состояния пути были рассмотрены участки пути в прямой и круговой кривой. Отклонение определенного значения от средней спрямленной линии находились путем аппроксимации значений расположенных на расстоянии 50 метров до и после от этого значения. Аппроксимация осуществляется с помощью функции «ТЕНДЕНЦИЯ» в которой указываются интервал значений шаблона. Но, таким же методом аппроксимировать переходную кривую, а главное зоны начала и конца переходной кривой не представлялось возможным в связи с тем, что спрямленная линия имела довольно большое отклонение от линии фактических значений, поэтому необходимо было рассмотреть некую другую методику. Проанализировав построенные ручные чертежи, было принято решение воспользоваться асимптотами гиперболы для определения теоретических значений геометрических параметров.

Визначення теоретичних значень геометричних параметрів з використанням асимптот гіперболи

Гіпе́рбола (ін.-грец.ὑπερβολή, від ін.-грец. Βαλειν - "кидати", ὑπερ - "над") - геометричне місце точок М Евклідової площини, для яких абсолютне значення різниці відстаней від М до двох виділених точок і (які називаються фокусами) постійне.[32] Показано на малюнку 5.1.

Точніше,

$$\big||F_1M| - |F_2M|\big| = 2a, \text{ причем } |F_1F_2| > 2a > 0.$$

У силу симетрії можна сказати, що точки гіперболи розташовані всередині тих вертикальних кутів, утворених прямими, всередині яких

$$y = \pm\frac{b}{a}x,$$

проходить дійсна вісь гіперболи. Ці прямі називаються асимптотами гіперболи.

Асимпто́та(від грец.Ασϋμπτωτος - не збігається, не торкається) кривої з нескінченною гілкою - пряма, що має ту властивість, що відстань від точки кривої до цієї прямої прямій прямує до нуля під час віддалення точки уздовж гілки в нескінченність [33]. Термін уперше з'явився в Аполлонія Пергського, хоча асимптоти гіперболи досліджував ще Архімед [34].

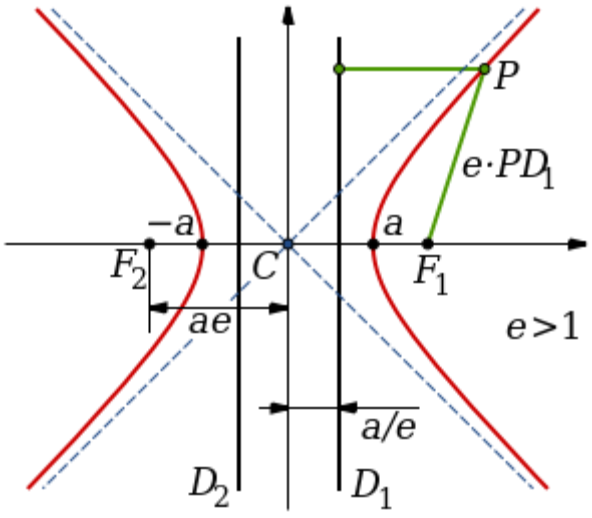

Рисунок 5.1 Гипербола

Асимптоти гіперболи (червоні криві), показані блакитним пунктиром, перетинаються в центрі гіперболи, *C*. Два фокуси гіперболи позначені як $\mathbf{F}_1$та $\mathbf{F}_2$. Директрисигіперболи позначені лініями подвійної товщини і позначені D_1

та D_2. Ексцентриситетε дорівнює відношенню відстаней точки **P** на гіперболі до фокуса і до відповідної директриси (показані зеленим). Вершини гіперболи позначені як ±a. Параметри гіперболи позначають таке:

a — відстань від центруСдо кожної з вершин;

b — довжина перпендикуляра, опущеного з кожної з вершин на асимптоти;

c — відстань від центруСдо будь-якого з фокусів, $\mathbf{F}_1$ та $\mathbf{F}_2$;

θ — кут, утворений кожною з асимптот і віссю, проведеною між вершинами.

Дві спряжені гіперболи (блакитна та зелена на рис. 5.2) мають співпадаючі асимптоти (червоні). Ці гіперболи одиничні та рівнобокі, оскільки $a = b = 1$

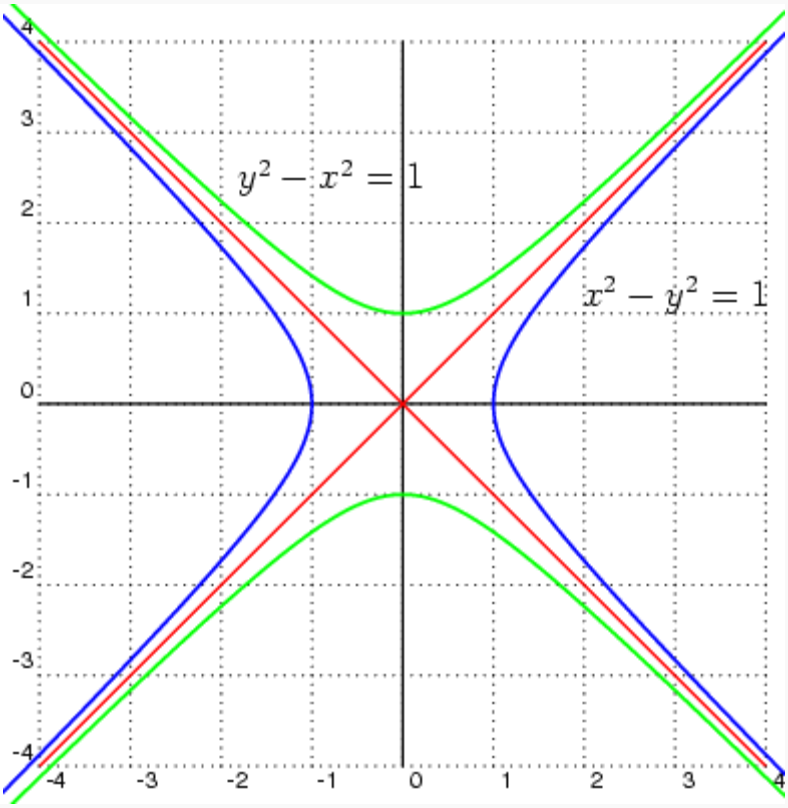

Рисунок 5.2 Сполучені гіперболи

Для гіперболи, заданої в канонічному вигляді

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1$$

рівняння двохасимптотики матимуть вигляд:

$$\frac{x}{a} \pm \frac{y}{b} = 0.$$

Спроба апроксимувати дані рівнянням гіперболи і як середню лінію взяти асимптоти цієї гіперболи для знаходжень відхилень ГПП призвела до невизначеного рішення, тому від опрацювання такого способу було ухвалене рішення відмовитися, а далі були розглянуті варіанти розв'язання цієї задачі за допомогою полінома другого і третього порядку.

Визначення теоретичних значень геометричних параметрів з використанням полінома другого і третього порядку

У зв'язку з тим, що знаходити теоретичне значення необхідно в перехідній кривій, то було ухвалено рішення розраховувати відхилення певного значення від середньої спрямленої лінії шляхом апроксимації поліномам значень, розташованих на відстані не 50 метрів, а 30 метрів до та після відносно цього значення. Таке рішення було ухвалено з тієї причини, що довжину прямих ділянок з відведення підвищень і кривизни згідно з [11] приймають не меншою, ніж 30 метрів.

Для розв'язання цієї задачі, як приклад, було взято ділянку кривої на перегоні Мелітополь - Тащенак з такими параметрами: радіус 2800 метрів, довжина 220 метрів, початок кривої 1230 км пк 4 і кінець 1230 км пк 6 + 20 м.

Проаналізувавши поліномом безпосередньо кругову криву на довжині в 100 метрів, при використанні значень розташованих на відстані 30 метрів до та після відносно цього значення, ми побачили, що показання СКЗ ГПП змінилися відносно початкових значень, що показано на рис. 5.3.

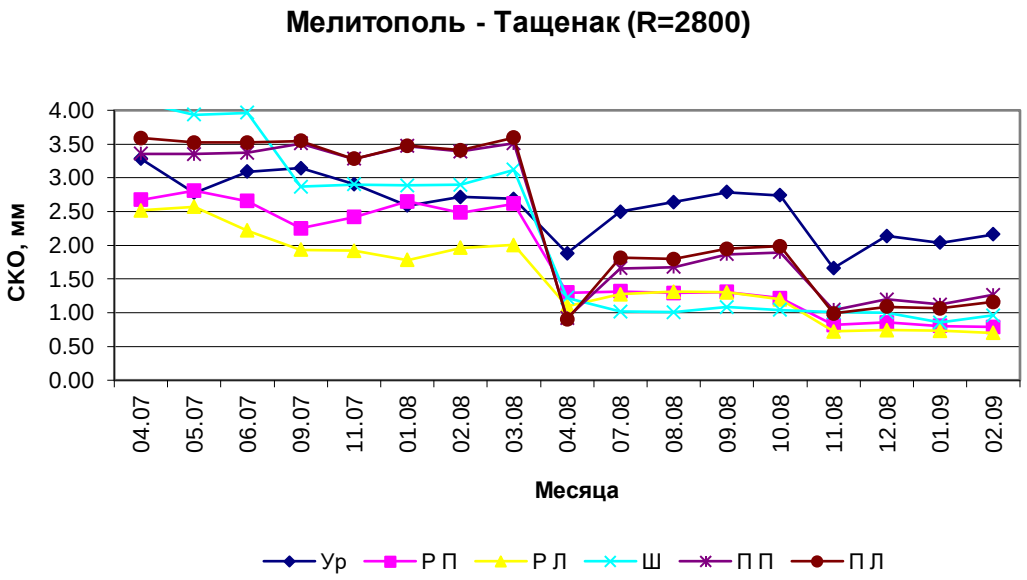

Рисунок 5.3 Зміна СКО в круговій кривій радіусом 2800 м на перегоні А - Б

Далі для аналізу СКО ГПП на даній кривій з урахуванням перехідних кривих було прийнято рішення апроксимувати поліномам значення розташованих і в кожну сторону від початку перехідних кривих на відстані 200 метрів. Для цього за допомогою ЕОМ і програми Maple склали рівняння полінома другого і третього порядку для знаходження теоретичних значень геометричних показників (див. додатки) і перевірили правильність виконання відповідних розрахунків. Усі складені розрахунки показано в додатках.

Опрацювавши дані рівняння в програмі Excel (рис. 5.4, 5.5, 5.6) на прикладі геометричного параметра - рівень, ми змогли, побудувавши графіки, побачити його теоретичні значення в кожній точці вимірювання.

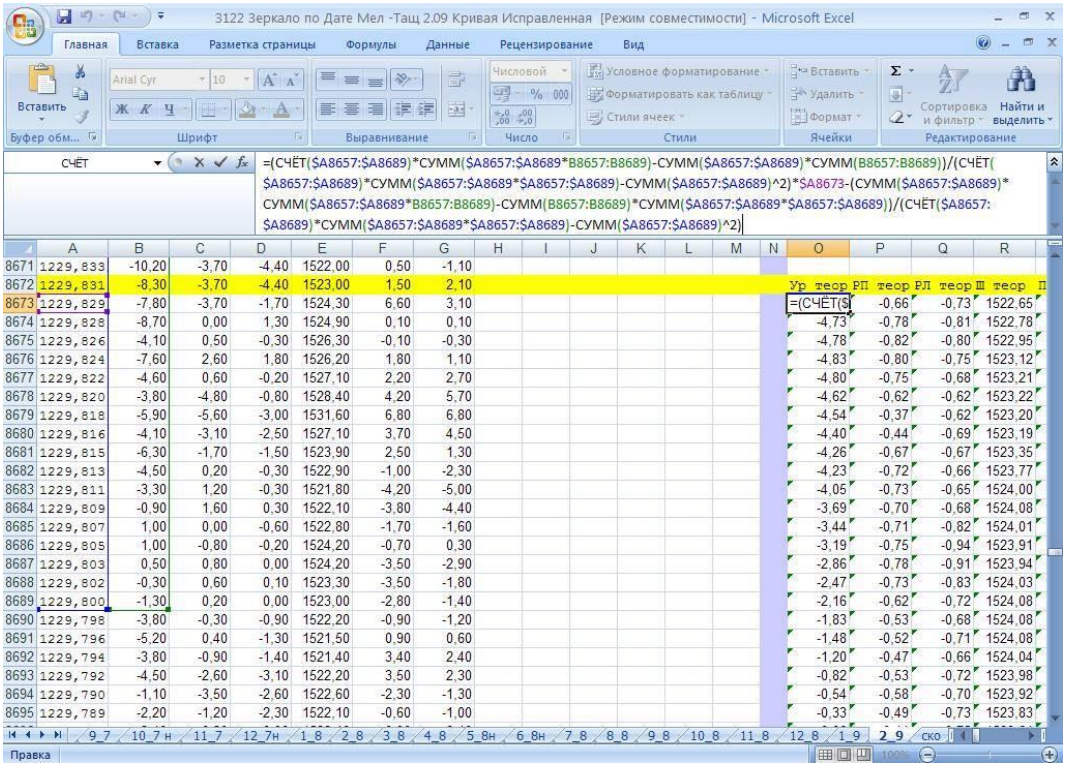

Рисунок 5.4 Методика складання рівнянь полінома в програмі Excel для знаходження теоретичних значень показника - рівень

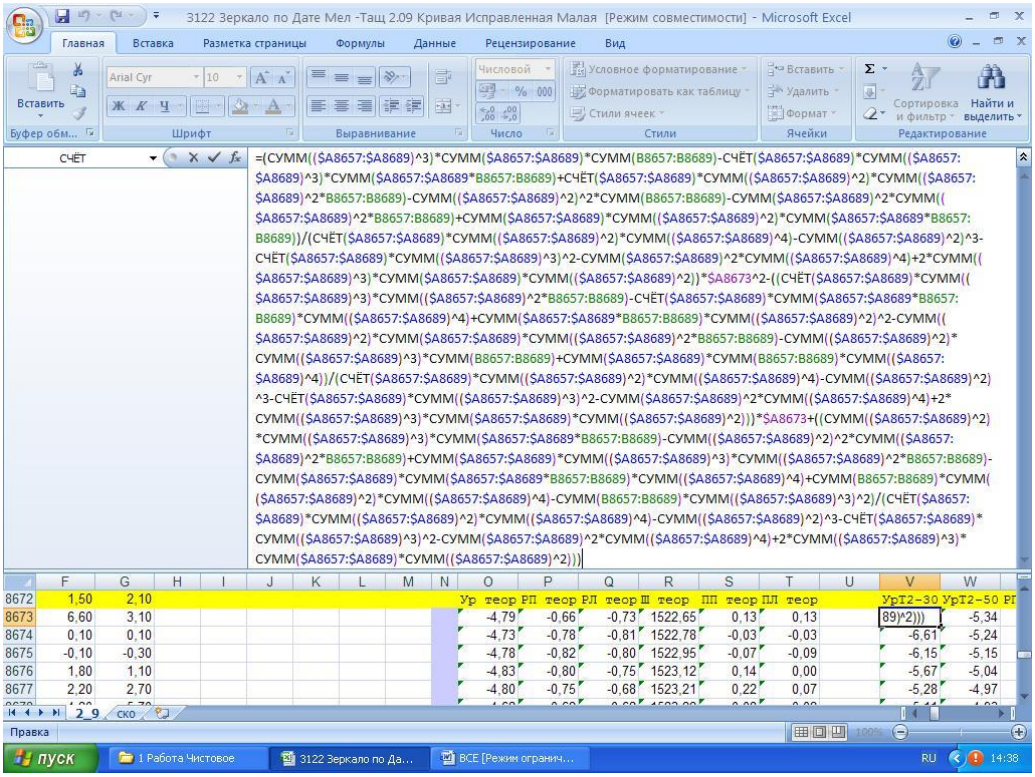

Рисунок 5.5 Методика складання рівнянь полінома другого порядку в програмі Excel для знаходження теоретичних значень показника - рівень

Аналогічно було складено рівняння полінома третього ступеня, але результатами отриманих розрахунків не представляється можливим скористатися у зв'язку з нестабільними значеннями коефіцієнта полінома (рис. 5.6). Можливість використання полінома третього ступеня потребує додаткових математичних досліджень. У цій роботі всі розрахунки обмежилися поліномом другого ступеня.

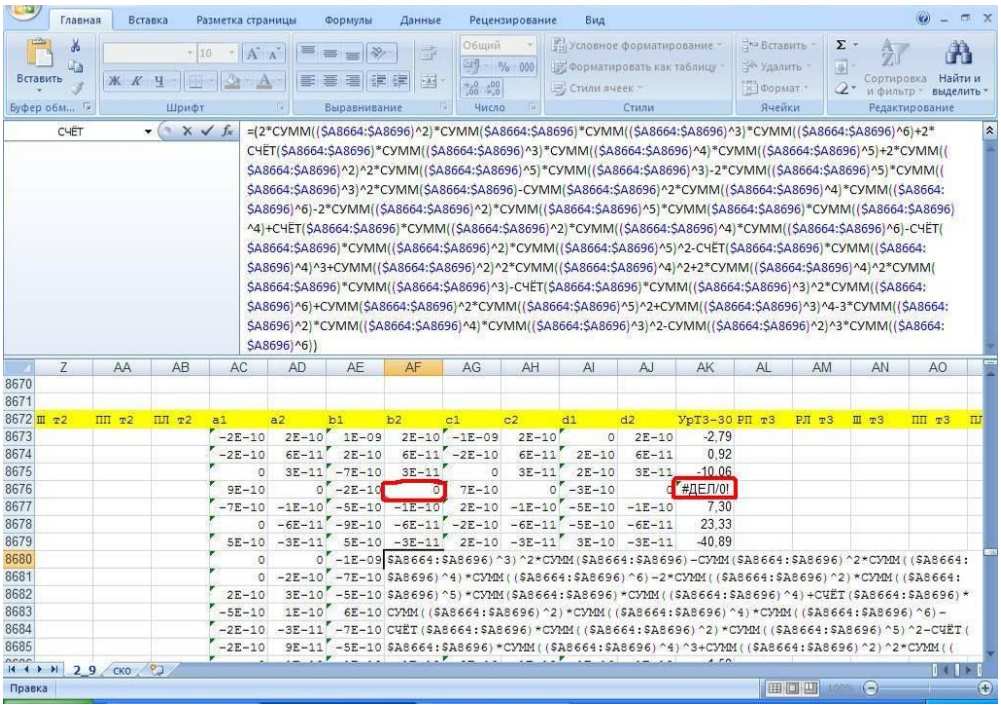

Рисунок 5.6 Методика складання рівнянь полінома третього порядку в програмі Excel для знаходження теоретичних значень показника - рівень

Після складання рівнянь було побудовано графіки. Графік фактичних значень за ідеального положення шляху повинен мати форму трапеції, але побудувавши його (рисунок 5.7) можна побачити, що фактичні показники (червоний колір) не мають у своїх значеннях плавності. Побудувавши графік теоретичних значень за апроксимацією прямою (синій колір) було знайдено усереднене значення фактичного параметра.

Як видно з графіка в межах прямої або кругової кривої безліч теоретичних усереднених значень близька до прямої. У зоні переходу від прямої до перехідної і від перехідної до кругової кривої спостерігається

істотне відхилення усереднених теоретичних значень від фактичних. Множина набуває згладженої форми. Таким чином, у цих точках різниця між фактичними і теоретичними значеннями набуває значних величин. У разі використання полінома другого ступеня з апроксимацією рухомої ділянки завдовжки 60 метрів множина усереднених теоретичних значень правильніше описує фактичні значення параметра протягом усього шляху. У разі використання полінома другого ступеня з апроксимацією рухомої ділянки завдовжки 100 (2*50) метрів множина усереднених теоретичних значень приймає середнє значення між першим і другим варіантом. У подальших розрахунках використовувалася апроксимація ділянки довжиною 60 (2*30) метрів.

На підставі вищевикладеного було отримано значення квадратів відхилень усіх геометричних параметрів у кожній точці від їхніх усереднених "теоретичних" значень.

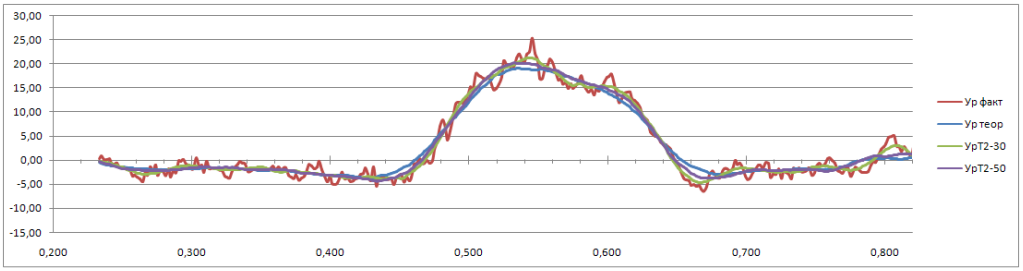

Рисунок 5.7 Результат побудови фактичних і теоретичних значень показника для кривої ділянки колії перегону А - Б

Далі було отримано середньоквадратичні відхилення фактичних параметрів від їхніх усереднених теоретичних значень на всій досліджуваній ділянці для кожного геометричного параметра і для кожного місяця періоду спостережень.

На рисунку 5.8 показано зміни цих параметрів у часі за лінійної апроксимації в межах тільки кругової кривої. На рисунку 5.9 показано - за апроксимації поліномом другого ступеня, також тільки в межах кругової

кривої. Аналіз цих графіків показав, що в разі використання полінома другого ступеня СКО дещо менше.

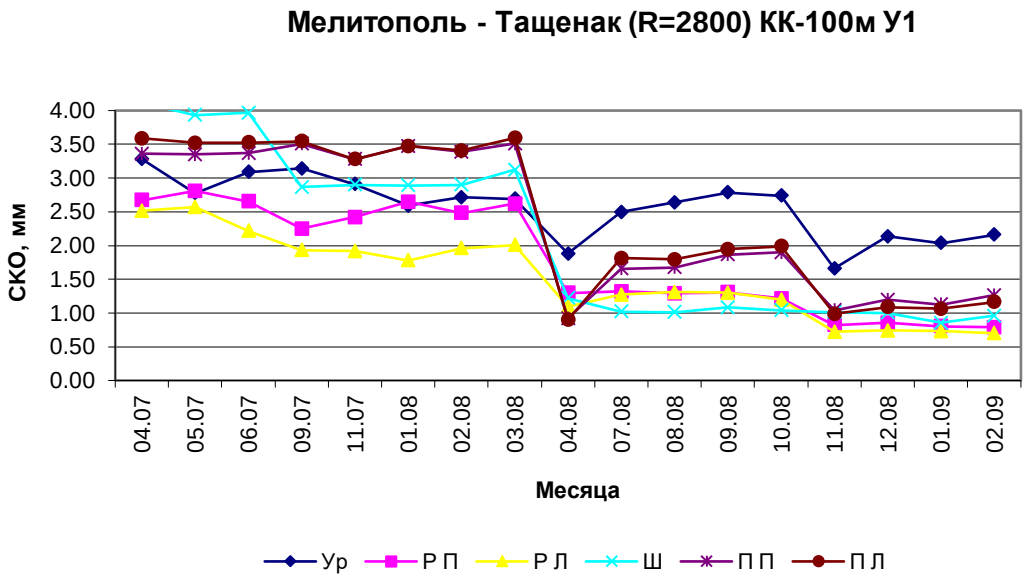

Рисунок 5.8 Зміни параметрів за часом за лінійної апроксимації в межах тільки кругової кривої

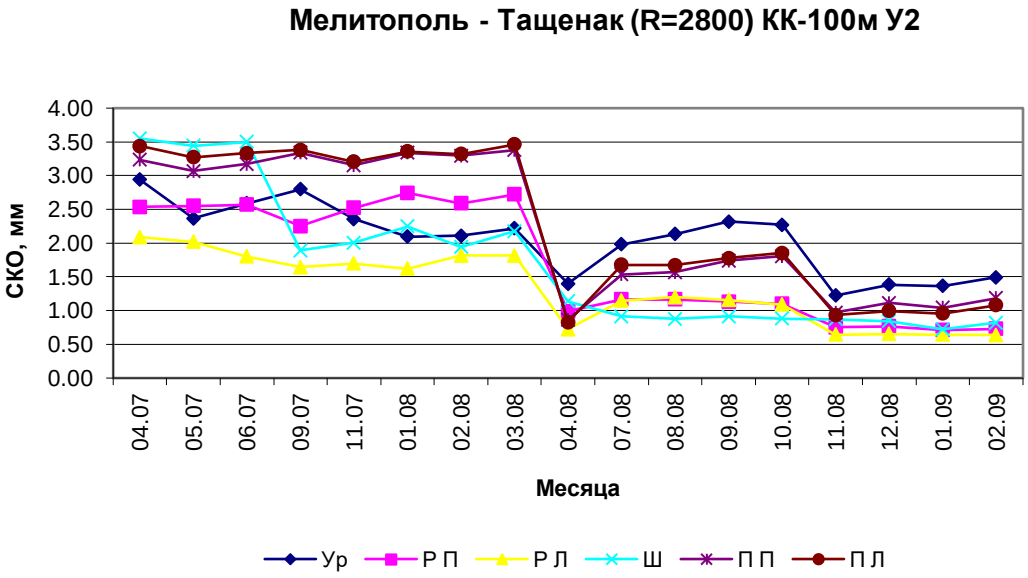

Рисунок 5.9 Зміни параметрів за часом під час апроксимації поліномом другого ступеня в межах тільки кругової кривої

На рисунку 5.10 показано зміни середньоквадратичних відхилень фактичних параметрів від їхніх усереднених теоретичних значень у часі в разі використання полінома другого ступеня на всій досліджуваній ділянці (прямі, перехідні, кругова крива (див. рис. 5.7)).

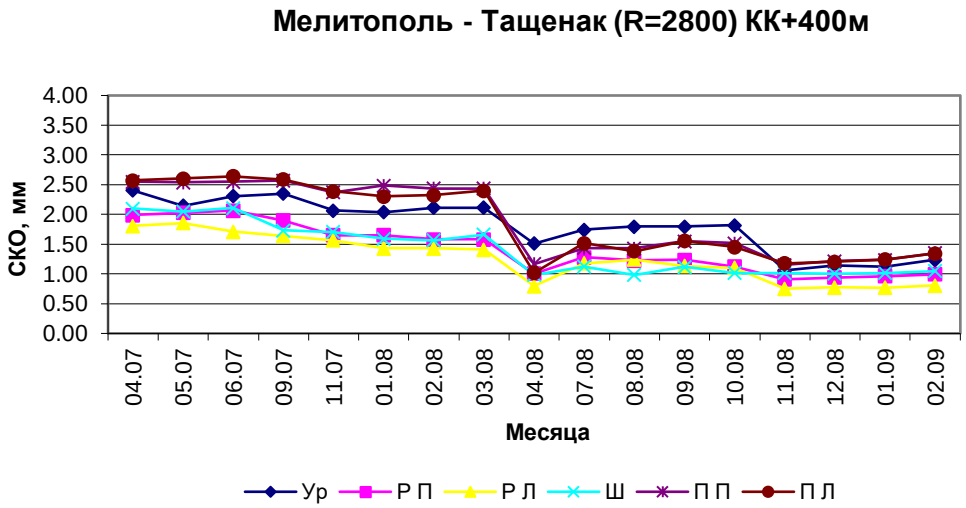

Рисунок 5.10 Зміни середньоквадратичних відхилень фактичних параметрів від їхніх усереднених теоретичних значень у часі в разі використання полінома другого ступеня на всій досліджуваній ділянці.

Аналіз цього графіка показав, що відхилення за окремими параметрами перевищують значення в круговій кривій, а за окремими менші за них, що свідчить про те, що використання полінома другого ступеня в межах перехідних кривих є доволі виправданим та не призводить до суттєвого завищення СКЗ.

Таким чином, можна зробити такі висновки для отримання СКО як у прямих і кругових кривих, так і перехідних кривих, базове значення для визначення відхилень може бути знайдено апроксимацією фактичних значень поліномом другого ступеня.

ВИСНОВКИ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Виконавши аналізи зміни СКО ГПП залежно від вантажонапруженості, пропущеного тоннажу і ремонтів, отримавши загальне середнє наведене значення СКО ГПП на дільницях перегону А - Б та Синельникове 2 - Іларіонова до і після виконання модернізації, ми бачимо згідно з таблицями 4. 25 і 4.26 та рисунків 4.45 і 4.46, що загальне середнє наведене значення СКЗ ГПП на ділянках перегону А - Б і Синельникове 2 - Іларіонова до виконання модернізації дорівнює 1,62 мм, а після виконання реконструкції 1,1 мм. Проаналізовано зміни ШКО ГПП залежно від вантажонапруженості на ділянках перегону А - Б і Синельникове 2 - Ілларіонова та зроблено такі висновки, що за однакового пропущеного тоннажу значення вантажонапруженості не впливає на величину ШКО ГПП.

З рис. 4.47 видно, як зростає СКО для рівня в кривій радіуса близько 600 м зі зростанням пропущеного тоннажу. Це зростання має практично лінійний характер [29].

На перегоні А - Б на 1 і 2 дільницях реконструкція, що проводилася в грудні 2017 року (мал.4.11-4.14), практично не змінила величину СКО ГПП. Це свідчить про те, що виконання модернізації в зимову пору року недоцільне.

Для розрахунку максимально допустимих значень відносно середнього значення, використовували 2,5S з імовірністю 0,994 і 3S з імовірністю 0,999, і розраховували за формулами:

$$Максв1 = Сер + 3 \cdot S;$$

$$Максв2 = Сер + 2{,}5 \cdot S;$$

Досвід показує, що в колійному господарстві для максимально допустимих значень доцільно використовувати 2,5 S з імовірністю 0,994. За умови наближення значення СКО ГПП до середнього пора виконувати ремонт,

а якщо величина СКО ГПП наблизилася до значення максв2 з імовірністю 0,994, то стан колії є незадовільним і просто необхідно виконувати ремонт..

Отримані СКО ГПП у принципі дають змогу давати оцінку стану колії та планувати виконання колійних робіт, зокрема й ремонтів колії, з більшою ефективністю, ніж за наявними нормами. Перед і після проведення ремонтів доцільно було б проводити аналіз СКО ГПП і надалі оцінювати стан колії та планувати ремонти колії згідно з цією методикою за фактичним станом колії.

Аналіз графіків показав, що відхилення за окремими параметрами перевищують значення в круговій кривій, а за окремими менші за них, що свідчить про те, що використання полінома другого ступеня в межах перехідних кривих є доволі виправданим та не призводить до суттєвого завищення СКО.

Таким чином, можна зробити остаточні висновки, що для отримання СКВ як у прямих і кругових кривих, так і перехідних кривих, базове значення для визначення відхилень може бути знайдено апроксимацією фактичних значень поліномом другого ступеня.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ершков О.П., Зак М.Г., Карцев В.Я., Петрова В.Н. Нормы и допуски устройства и содержания пути на зарубежных железных дорогах. М.: Транспорт, 1978, с. 41.
2. Вериго М.Ф. Экспериментальные исследования воздействия подвижного состава на железнодорожный путь при высоких скоростях движения. – «Бюлл. Международной ассоциации железнодорожных конгрессов» (МАЖК), 1968, с. 26.
3. Бирман Ф. Теоретическое и экспериментальное решение проблем пути бля высоких скоростей движения поездов. – «Бюлл. МАКЖ», 1969, с 52.
4. Алиас Д. Современные тенденции о методах текущего содержания и ремонта верхнего строения пути. – «Бюлл. МАКЖ», 1969, с. 58.
5. Ban U. Control of track irregularities on INR. – «Japanese Ralway Engineering», 1963, p. 23.
6. Испытания на сход с рельсов. Пер. с англ. – «Бюлл. технико – экономинформ», МПС, 1968, с 32.
7. Грачева Л.О. Взаимодействие вагонов и железнодорожного пути. М.: Транспорт, 1968, с 207.
8. Baluch H., Basiewicz T. Statystyczno – korelacyjna metoda okreslania wadliwosci toru kolejowego dla zatozoney szybkosci jazdy. – «Prseglad Kolejowy drogowy», 1967, s 261.
9. Колодожный Н.В. Высокоскоростное пассажирское движение. М.: Транспорт, 1976, с 414.
10. Концепция построения диагностики пути на основе оценки интенсивности его расстройств в различных условиях эксплуатации. Организация сотрудничества железных дорог (ОСЖД), Р 781, 2012.
11. Рибкін В.В., Патласов О.М. Технічні вказівки щодо оцінки стану рейкової колії за показниками колієвимірювальних вагонів та

забезпечення безпеки руху поїздів при відступах від норм утримання рейкової колії. К.: ЦП – 0267, 2012, с 48.

12. Патласов О. М. Положення про проведення планово – запобіжних ремонтно – колійних робіт на залізниці України.,К.: ЦП – 0113, 2004, с 48.
13. Інструкція з забезпечення безпечного руху поїздів при виконанні колійних робіт. К.: ЦП–0273, 2012.
14. Правила технічної експлуатації залізниць України. К.: Транспорт України, 2002. Затверджена наказом МТУ від 20.12.96 №411 із змінами і доповненнями внесеними наказами УЗ – останні від 19.03.2002 №179.
15. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. К.: ЦП – 0269, 2012. Затверджена наказом Укрзалізниці від 01.03.2012р. № 072–Ц.
16. Інструкція з сигналізації на залізницях України. ЦШ–0001. К.: 2008. Затверджена МТУ від 23.06.08 №747.
17. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню й утриманню безстикової колії. К.: ЦП–0266, 2012р.
18. Правила охорони праці під час виконання робіт у колійному господарстві. НПАОП 63.21–1.25–07, К.: Основа, 2007.
19. Инструкции по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ – 2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов. М.: ЦП – 515. Утверждена МПС РФ 14.10.1997.
20. Положением о системе ведения путевого хозяйства на железных дорогах Российской Федерации. Утверждено МПС РФ 2000.
21. Правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утверждены приказом Министерством транспорта РФ 21.10.2010.

22. Инструкцией по текущему содержанию железнодорожного пути. М.: ЦП – 774. Утверждена МПС РФ 01.07.2000.
23. Нормы допускаемых скоростей движения локомотивов и вагонов по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм Министерства путей сообщения Российской Федерации. Утверждены МПС РФ 20.12.1999.
24. Дополнительные нормативы по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения. Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 20.12.2010.
25. Национальный стандарт Украины ДСТУ UIC 518.
26. Концепция построения диагностики пути на основе оценки интенсивности его расстройств в различных условиях эксплуатации. ОСЖД, Р 781,Варшава, 2012.
27. Эсвельд К. Планирование путевых работ с применением ЭВМ – Железные дороги мира. 1991, № 1, с 45–47
28. Певзнер В.О., Малинский С.В. О возможности применение метода скользящего СКО для оценки уровня сил взаимодействия пути и подвижного состава и состояния пути. В кн: Вопросы взаимодействия пути и подвижного состава. Днепропетровск, 1994, с.28–36 (Межвузовский сборник научных трудов ДИИТа).
29. Проведення досліджень та обґрунтування необхідності й строку виконання суцільної післяосадочної виправки колії. Звіт по НДР ДНУЗТ. Дніпропетровськ, 2008
30. Дослідження технічного стану ділянок колії, відремонтованих з виконанням суцільної післяосадочної виправки колії. Звіт по НДР ДНУЗТ. Дніпропетровськ, 2007.
31. Разработка системы автоматизазированного планирования ремонтов пути на основании новых методов прогноза и оценки фактического состояния железнодорожного пути (отчет по научно–иследовательской работе). Днепропетровск, ДИИТ, 1995.

32. Бронштейн И. Гипербола. Квант. — 1975. — № 3.
33. Математическая энциклопедия (в 5–и томах). М.: Советская энциклопедия, 1982.
34. Маркушевич А. И.Замечательные кривые. Популярные лекции по математике. — Гостехиздат, 1952. — В. 4.
35. Instrukcja o dokonywaniu pomiarow,badan i oceny stanu torow. Warszawa, 1996.

ДОДАТКИ

Додаток А

```
> restart;
> y_t := a·x + b;
```

$$y_t := a\,x + b$$

```
> f := expand((y_t - y)^2);
```

$$f := a^2 x^2 + 2\,a\,x\,b - 2\,a\,x\,y + b^2 - 2\,b\,y + y^2$$

```
> f := expand(f);
```

$$f := a^2 x^2 + 2\,a\,x\,b - 2\,a\,x\,y + b^2 - 2\,b\,y + y^2$$

```
> diff(f, a) = 0;
```

$$2\,a\,x^2 + 2\,x\,b - 2\,x\,y = 0$$

```
> u1 := 2 a Sx2 + 2 b Sx1 - 2 Sx1y1 = 0;
```

$$u1 := 2\,a\,Sx2 + 2\,b\,Sx1 - 2\,Sx1y1 = 0$$

```
> diff(f, b) = 0;
```

$$2\,a\,x + 2\,b - 2\,y = 0$$

```
> u2 := 2 a Sx1 + 2 b·N - 2 Sy1 = 0;
```

$$u2 := 2\,a\,Sx1 + 2\,b\,N - 2\,Sy1 = 0$$

```
> solve({u1, u2}, [a, b]);
```

$$\left[\left[a = \frac{N\,Sx1y1 - Sx1\,Sy1}{N\,Sx2 - Sx1^2},\ b = -\frac{Sx1\,Sx1y1 - Sy1\,Sx2}{N\,Sx2 - Sx1^2}\right]\right]$$

```
> restart;
> y_t := a·x^2 + b·x + c;
```

$$y_t := a\,x^2 + b\,x + c$$

```
> f := expand((y_t - y)^2);
```

$$f := a^2\,x^4 + 2\,a\,x^3\,b + 2\,a\,x^2\,c - 2\,a\,x^2\,y + b^2\,x^2 + 2\,b\,x\,c - 2\,b\,x\,y + c^2 - 2\,c\,y + y^2$$

```
> f := expand(f);
```

$$f := a^2\,x^4 + 2\,a\,x^3\,b + 2\,a\,x^2\,c - 2\,a\,x^2\,y + b^2\,x^2 + 2\,b\,x\,c - 2\,b\,x\,y + c^2 - 2\,c\,y + y^2$$

```
> (∂/∂a) f = 0;
```

$$2\,a\,x^4 + 2\,x^3\,b + 2\,x^2\,c - 2\,x^2\,y = 0$$

```
> u1 := 2 a Sx4 + 2 b Sx3 + 2 c Sx2 - 2 Sx2y1 = 0;
```

$$u1 := 2\,a\,Sx4 + 2\,b\,Sx3 + 2\,c\,Sx2 - 2\,Sx2y1 = 0$$

```
> (∂/∂b) f = 0;
```

$$2\,a\,x^3 + 2\,b\,x^2 + 2\,x\,c - 2\,x\,y = 0$$

```
> u2 := 2·a·Sx3 + 2·b·Sx2 + 2·c·Sx1 - 2·Sx1y1 = 0;
```

$$u2 := 2\,a\,Sx3 + 2\,b\,Sx2 + 2\,c\,Sx1 - 2\,Sx1y1 = 0$$

```
> (∂/∂c) f = 0;
```

$$2\,a\,x^2 + 2\,b\,x + 2\,c - 2\,y = 0$$

```
> u3 := 2·a·Sx2 + 2·b·Sx1 + 2·c·N - 2·Sy1 = 0;
```

$$u3 := 2\,a\,Sx2 + 2\,b\,Sx1 + 2\,c\,N - 2\,Sy1 = 0$$

```
> solve({u1, u2, u3}, [a, b, c]);
```

$$\left[\left[a = \left(Sx3\ Sx1\ Sy1 - N\,Sx3\ Sx1y1 + N\,Sx2\ Sx2y1 - Sx2^2\ Sy1 - Sx1^2\ Sx2y1 + Sx1\ Sx2\ Sx1y1\right) \Big/ \left(N\,Sx2\ Sx4 - Sx2^3 - N\,Sx3^2 - Sx1^2\ Sx4 + 2\,Sx3\ Sx1\ Sx2\right), b = -\left(N\,Sx3\ Sx2y1 - N\,Sx1y1\ Sx4 + Sx1y1\ Sx2^2 - Sx2\ Sx1\ Sx2y1 - Sx2\ Sx3\ Sy1 + Sx1\ Sy1\ Sx4\right) \Big/ \left(N\,Sx2\ Sx4 - Sx2^3 - N\,Sx3^2 - Sx1^2\ Sx4 + 2\,Sx3\ Sx1\ Sx2\right), c = \left(Sx2\ Sx3\ Sx1y1 - Sx2^2\ Sx2y1 + Sx1\ Sx3\ Sx2y1 - Sx1\ Sx1y1\ Sx4 + Sy1\ Sx2\ Sx4 - Sy1\ Sx3^2\right) \Big/ \left(N\,Sx2\ Sx4 - Sx2^3 - N\,Sx3^2 - Sx1^2\ Sx4 + 2\,Sx3\ Sx1\ Sx2\right)\right]\right]$$

```
> restart;
> y_t := a·x^2 + b·x + c;
```

$$y_t := a\,x^2 + b\,x + c$$

```
> f := expand((y_t - y)^2);
```

$$f := a^2 x^4 + 2\,a\,x^3\,b + 2\,a\,x^2\,c - 2\,a\,x^2\,y + b^2 x^2 + 2\,b\,x\,c - 2\,b\,x\,y + c^2 - 2\,c\,y + y^2$$

```
> f := expand(f);
```

$$f := a^2 x^4 + 2\,a\,x^3\,b + 2\,a\,x^2\,c - 2\,a\,x^2\,y + b^2 x^2 + 2\,b\,x\,c - 2\,b\,x\,y + c^2 - 2\,c\,y + y^2$$

```
> ∂/∂a f = 0;
```

$$2\,a\,x^4 + 2\,x^3\,b + 2\,x^2\,c - 2\,x^2\,y = 0$$

```
> u1 := 2 a Sx4 + 2 b Sx3 + 2 c Sx2 - 2 Sx2y1 = 0;
```

$$u1 := 2\,a\,Sx4 + 2\,b\,Sx3 + 2\,c\,Sx2 - 2\,Sx2y1 = 0$$

```
> ∂/∂b f = 0;
```

$$2\,a\,x^3 + 2\,b\,x^2 + 2\,x\,c - 2\,x\,y = 0$$

```
> u2 := 2·a·Sx3 + 2·b·Sx2 + 2·c·Sx1 - 2·Sx1y1 = 0;
```

$$u2 := 2\,a\,Sx3 + 2\,b\,Sx2 + 2\,c\,Sx1 - 2\,Sx1y1 = 0$$

```
> ∂/∂c f = 0;
```

$$2\,a\,x^2 + 2\,b\,x + 2\,c - 2\,y = 0$$

```
> u3 := 2·a·Sx2 + 2·b·Sx1 + 2·c·N - 2·Sy1 = 0;
```

$$u3 := 2\,a\,Sx2 + 2\,b\,Sx1 + 2\,c\,N - 2\,Sy1 = 0$$

```
> solve({u1, u2, u3}, [a, b, c]);
```

$$\left[\left[a = \left(Sx3\ Sx1\ Sy1 - N\,Sx3\ Sx1y1 + N\,Sx2\ Sx2y1 - Sx2^2\ Sy1 - Sx1^2\ Sx2y1 + Sx1\ Sx2\ Sx1y1\right) \Big/ \left(N\,Sx2\ Sx4 - Sx2^3 - N\,Sx3^2 - Sx1^2\ Sx4 + 2\,Sx3\ Sx1\ Sx2\right), b = -\left(N\,Sx3\ Sx2y1 - N\,Sx1y1\ Sx4 + Sx1y1\ Sx2^2 - Sx2\ Sx1\ Sx2y1 - Sx2\ Sx3\ Sy1 + Sx1\ Sy1\ Sx4\right) \Big/ \left(N\,Sx2\ Sx4 - Sx2^3 - N\,Sx3^2 - Sx1^2\ Sx4 + 2\,Sx3\ Sx1\ Sx2\right), c = \left(Sx2\ Sx3\ Sx1y1 - Sx2^2\ Sx2y1 + Sx1\ Sx3\ Sx2y1 - Sx1\ Sx1y1\ Sx4 + Sy1\ Sx2\ Sx4 - Sy1\ Sx3^2\right) \Big/ \left(N\,Sx2\ Sx4 - Sx2^3 - N\,Sx3^2 - Sx1^2\ Sx4 + 2\,Sx3\ Sx1\ Sx2\right)\right]\right]$$

ABSTRACT

The main purpose of this master's thesis is to improve the methodology for assessing the state of railway track using the standard deviations of the geometric parameters of the way to ensure that the requirements of interoperability and safety on the railways of the EU, Russia and Ukraine.

The object of the study is Grading way. Tools and equipment puteizmeritelnyh companies track facilities of modern computing can significantly improve the assessment methods rail track geometry and widen the practical problems to be solved using these methods.

To achieve this goal in the paper analyzes the existing methods for assessment of railway track in the International Railway Union, the Organization for Cooperation of Railways of the and Ukraine.

In carrying out the work has been made a number of practical suggestions to improve the methodology for assessing the state of the railway by the standard deviations of the geometric parameters of the way.

Keywords: interoperability, the standard deviation of the geometric parameters of the way retreat ballovaya assessment, quality assessment section of the path, the control parameters of the way, the geometry of the railroad tracks, the degree of derogation.