

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»
Кафедра «Транспортна інфраструктура»

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
бакалавр
(ступінь вищої освіти)

на тему: Обґрунтування параметрів кривих при реконструкції плану залізниці

за освітньою програмою:
зі спеціальності:

Залізничні споруди та колійне господарство
273 Залізничний транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Виконав:	студент групи: КГ 22140	
	_____ (підпис студента)	<u>Альона ЖГАРЬОВА</u> (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Керівник:	_____ (підпис)	<u>Асистент Неля ХМЕЛЕВСЬКА</u> (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Нормоконтролер:	_____ (підпис)	<u>Доцент Сергій БАЙДАК</u> (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент _____

(підпис)

Дніпро – 2025 рік

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

Building, architecture and infrastructure

(faculty)

Transport infrastructure

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

bachelor

(higher education degree)

on the topic: Justification of curve parameters during railway plan reconstruction

according to educational curriculum: Railway constructions and track
management

in the Speciality: 273 Railway transport

Done by the student of the group: KG 22140 / Alena Zhgarova /
(name, surname)

Scientific Supervisor: / Full Professor Mykola Kurhan /
(position, name, surname)

Normative controller: / Associate Professor Sergiy Baidak /
(position, name, surname)

Supervisors: / Assistant Nelya Khmelevska /
(position, name, surname)

Dnipro – 2025

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: *Будівництво, архітектура та інфраструктура*

Кафедра: *Транспортна інфраструктура*

Рівень освіти: *повна загальна середня освіта*

Освітня програма: *Залізничні споруди та колійне господарство*

Спеціальність: *Залізничний транспорт*

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри
_____ Олексій ТЮТЬКІН
(підпис)
« ____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу _____ бакалавр
(ступінь вищої освіти)

студентці Жгарьовій Альоні Сергіївні

1. Тема роботи: Обґрунтування параметрів кривих при реконструкції плану залізниці

Керівник роботи: Хмелевська Неля Петрівна, асистент

Затверджена наказом від __ березня 2025 р. № __ ст

2. Строк подання студентом роботи – 13 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Район проектування – Волинська область	Довжина приймально-відправних колій – 850 м
Початковий пункт – Чарторийськ	Система СЦБ - АБ
Кінцевий пункт – Сарни	Верхня будова колії (існуюча/проектна):
Довжина лінії, км – 60	Тип рейок – Р65, ланкова колія
Керівний ухил, ‰ – 10	Тип шпал – дерев'яні/залізобетонні
Кількість головних колій – 1	Маса поїзда, тонн:
Вид тяги – тепловозна	Вантажного 3600/2800, пасажирського – 400
Рухомий склад – 2М62, 2ТЕ116	Ширина земляного полотна – 7 м
Перспективні розміри перевезень:	10/10 млн ткм/км

4. Зміст пояснювальної записки:

1 Аналітична частина

1.1 Способи вимірювання та оцінки плану

1.2 Вимоги і норми проектування при реконструкції залізниці

1.3 Актуальність дослідження.

2 Основна частина

2.1. Технічна характеристика ділянки Чарторийськ – Сарни			
2.2 Загальні відомості програми «MoveRW»			
2.3 Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками			
3 Економічна частина			
3.1 Аналіз параметрів плану існуючої колії			
3.2 Обґрунтування параметрів кривих при реконструкції ділянки залізниці			
4 Охорона праці та захист навколишнього середовища			
4.1 Охорона праці при реконструкції плану залізниці			
4.2 Захист навколишнього середовища			
5. Перелік графічного матеріалу: Схема й характеристики ділянки залізниці (профіль, план, рейко-шпало-баластна карта), криві швидкості руху (локомотив 2М62). Презентація доповіді 12-15 слайдів			
6. Консультанти розділів роботи:			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав:	Завдання прийняв:
		(підпис, дата)	(підпис, дата)
1	Хмелевська Н.П., асистент		
2	Хмелевська Н.П., асистент		
3, 4	Хмелевська Н.П., асистент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відсотки
1	Методи зйомки. Вимоги і норми проектування при реконструкції залізниці. Мета роботи	28.03.2025	20
2	Технічна характеристика ділянки Чарторийськ – Сарни. Виконання тягових розрахунків. Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками	18.04.2025	20
3	Аналіз параметрів плану існуючої колії. Обґрунтування параметрів кривих при реконструкції ділянки залізниці	16.05.2025	25
4	Охорона праці та захист навколишнього середовища	06.06.2025	25
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	13.06.2025	10
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	За графіком ЕК	100

Студент

Альона ЖГАРЬОВА

_____ (підпис)

Керівник роботи

Неля ХМЕЛЕВСЬКА

_____ (підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавр:
42 с., 13 рис., 6 табл., 2 додатки, 11 джерел.

Об'єкт дослідження – ділянка Чарторийськ – Сарни Львівської залізниці, її планово-геометричні характеристики та експлуатаційні умови.

Мета роботи – оцінка стану ділянки залізниці Чарторийськ – Сарни з дослідженням впливу параметрів кривих на максимально допустиму швидкість руху поїздів.

Методи дослідження – у роботі використано аналіз нормативної документації, геометричну оцінку плану колії.

Виконаний тягово-енергетичних розрахунків для пасажирського та вантажного поїздів із застосуванням програми MoveRW. Для оцінки ефективності варіантів застосовано порівняльний аналіз за критеріями швидкості, часу руху та витрат пального.

Використано метод кутових діаграм для визначення величин зсувів при різних радіусах проектною кривою. Це дозволило оцінити вплив вибраного радіуса на обсяг земляних робіт.

Ключові слова: ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ, ПЛАН ЗАЛІЗНИЦІ, КРУГОВІ Й ПЕРЕХІДНІ КРИВІ, ПІДВИЩЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ РЕЙКИ, МАКСИМАЛЬНА ШВИДКІСТЬ, МЕТОДИ ЗЙОМКИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Способи вимірювання плану залізниці	8
1.2 Вимоги і норми проектування при реконструкції залізниці	11
1.3 Актуальність дослідження	13
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	15
2.1 Технічна характеристика ділянки Чарторийськ – Сарни	15
2.2 Загальні відомості програми «MoveRW».....	17
2.3 Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками.....	22
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	25
3.1 Розрахунок виправки кривої способом кутових діаграм.....	25
3.2 Підрахунок даних для побудови кутової діаграми існуючої кривої.....	26
3.3 Послідовність підбору радіуса проектної кривої та визначення величини зсувів	30
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ..	36
4.1 Охорона праці при реконструкції плану залізниці.....	36
4.2 Захист навколишнього середовища	38
ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	40
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	41
ДОДАТКИ.....	43

ВСТУП

Сучасний розвиток залізничного транспорту України вимагає підвищення швидкості, безпеки та ефективності перевезень, що безпосередньо залежить від геометричних параметрів колії. Значна частина залізничної мережі побудована ще у минулому столітті і сьогодні не відповідає сучасним технічним вимогам щодо швидкості руху, плавності проходження кривих і навантаження на колію. Особливої уваги потребують криві ділянки, де спостерігається підвищений знос рейкових ниток і обмеження швидкості, що знижує провізну спроможність та викликає додаткові витрати на обслуговування інфраструктури.

Реконструкція плану залізниці, зокрема виправлення кривих, дозволяє покращити умови руху поїздів, підвищити швидкість і комфорт перевезень, зменшити енерговитрати та витрати на технічне обслуговування. Обґрунтування параметрів кривих (радіусів, довжин перехідних кривих, підвищення зовнішньої рейки тощо) є ключовим етапом проектних робіт, оскільки саме ці показники визначають умови взаємодії рухомого складу з колією.

У роботі розглянуто особливості реконструкції плану залізниці в умовах зростаючих вимог до швидкості руху та безпеки. В якості прикладу досліджено конкретну ділянку, на якій проведено аналіз існуючих геометричних параметрів кривих, оцінено їх відповідність чинним нормам та обґрунтовано доцільні параметри, що забезпечують ефективну експлуатацію залізниці на перспективу.

Мета даної роботи полягає в розробці проекту реконструкції ділянки залізниці з урахуванням впливу параметрів кривих на максимальну швидкість руху поїздів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Способи вимірювання плану залізниці

Зйомка кривих залізничної колії – це спеціалізований процес інженерно-геодезичних вимірювань, який забезпечує точне визначення геометричних параметрів криволінійних елементів плану колії: радіуса, довжини, кута повороту, координат пікетів, величини підвищення зовнішньої рейки та інших характеристик. Ці дані необхідні для оцінки відповідності існуючих кривих нормативним вимогам та прийняття рішень щодо їх реконструкції.

Сучасні методи, що застосовуються на дистанціях колії для визначення фактичних параметрів кривих, мають низку обмежень. Зокрема, кінцеві результати значною мірою залежать від суб'єктивного чинника, рівня кваліфікації виконавців та впливу зовнішніх факторів. Часто геометричні характеристики кривих, зазначені на поздовжньому профілі, не відповідають дійсним параметрам колії.

Для ефективного виконання робіт із приведення кривих до проектного положення та уточнення їх геометричних характеристик необхідно вирішити низку ключових питань:

- який метод зйомки є найбільш придатним для достовірної оцінки стану кривих;
- яка інформація є достатньою для об'єктивної характеристики геометрії кривих;
- за якою методикою доцільно здійснювати розрахунки з виправки положення колії;
- які саме геометричні параметри (радіуси, довжини перехідних кривих і прямих вставок, підвищення зовнішньої рейки, відповідність розрахункових і фактичних значень кривизни та підвищення) визначають допустиму швидкість руху поїздів у кривих ділянках [1].

Оцінювання просторового положення залізничної колії в плані є важливою складовою забезпечення її експлуатаційної придатності та безпеки

руху. Існує кілька основних способів вимірювання параметрів плану, які відрізняються точністю, трудомісткістю та вимогами до обладнання. Найбільш розповсюдженими є спосіб стріл, спосіб Гонікберга, та тахеометрична зйомка. Нижче розглянуто особливості кожного з них.

Спосіб стріл. Цей метод широко використовується експлуатаційними організаціями. Суть способу полягає в тому, що ділянку колії розбивають на відрізки по 10 метрів уздовж робочої грані зовнішньої рейки. Між крайніми точками кожного відрізка натягується струна (наприклад, рибальська волосінь), а у середині вимірюють стрілу відхилення – відстань від струни до грані рейки на висоті 13 мм нижче поверхні катання (рис. 1.1).

Цей спосіб дає змогу визначити кривизну між сусідніми точками, однак має істотний недолік: похибка, яка швидко накопичується внаслідок інтегрування значень стріл. У результаті положення колії може бути визначено з помилкою до 5 м на кілометр, що негативно позначається на точності рихтування.

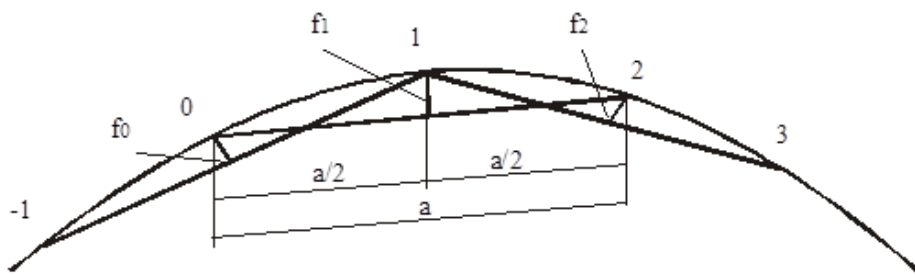


Рисунок 1.1 – Спосіб стріл

Спосіб Гонікберга. Цей метод частіше застосовується проектними організаціями. Колію розбивають на відрізки по 20 м, починаючи й закінчуючи зйомку на прямолінійних ділянках за 40–60 м до кривої. У визначених точках встановлюють теодоліт і вимірюють кути між напрямками, що дозволяє з більшою точністю визначити кут повороту кривої. Також виконуються вимірювання бокових відстаней від візирного променя до рейки за допомогою нівелірної рейки (рис. 1.2).

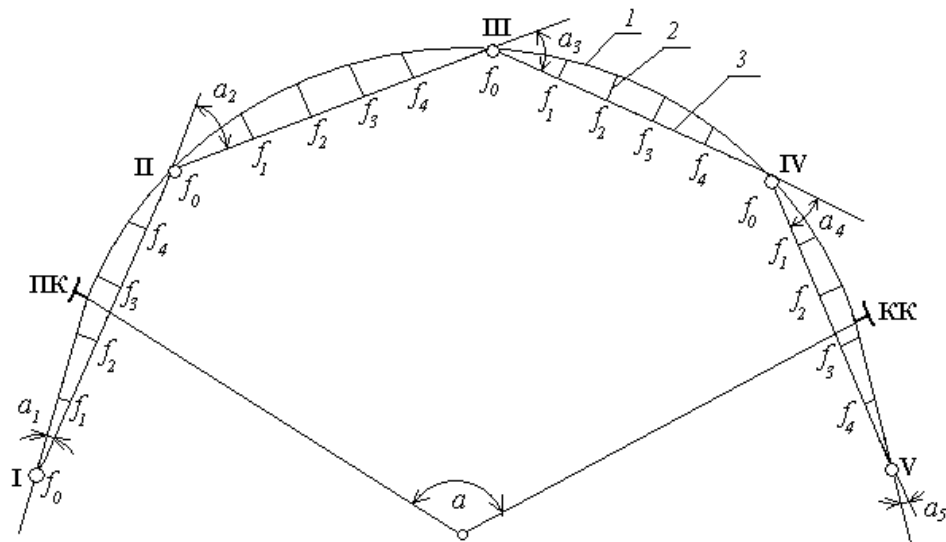


Рисунок 1.2 – Зйомка кривої методом Гонікберга

I-V – стоянки теодоліта, 1 – зовнішня рейка, 2- стріла, 3 – хорда.

- Основними джерелами похибок у цьому способі є:
- неточність центрування теодоліта,
- редуційні похибки через положення рейки,
- зчитування кутів та значень стріли,
- похибка установки рейки.

Метод забезпечує високу точність кутових вимірювань, але менш точне визначення кривизни у конкретних точках через великі інтервали між ними.

Координатна зйомка. Застосування електронних тахеометрів дозволяє з високою точністю визначати координати точок колії. Проте навіть при точності до 20 мм похибка у визначенні кривизни між близькими точками залишається значною. Тому метод доцільний для зйомки просторового положення колії, але менш придатний для оцінки її кривизни.

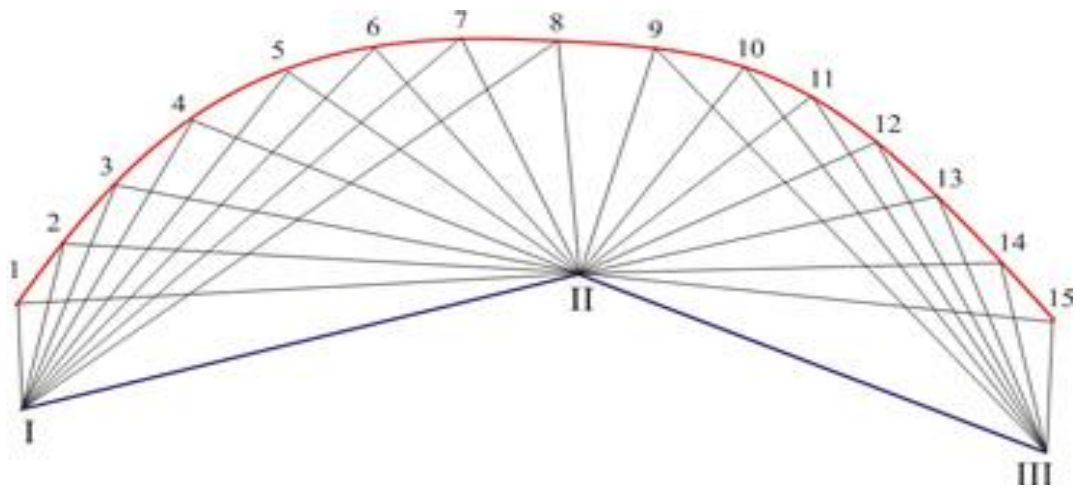


Рисунок 1.2 – Координатна зйомка

Переваги та недоліки різних способів зйомки кривих наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Переваги та недоліки способів зйомки кривих ділянок

Спосіб зйомки	Переваги	Недоліки
Спосіб стріл	Простота, мінімум обладнання	Висока похибка, неточне планове положення
Спосіб Гонікберга	Точне визначення кутів, геометричне замикання	Складність роботи, похибки зчитування
Тахеометрична зйомка	Висока точність, автоматизація	Недостатня точність кривизни, більш висока вартість робіт

1.2 Вимоги і норми проектування при реконструкції залізниці

Об'єкти залізничної інфраструктури та їх інженерно-технічне оснащення повинні відповідати вимогам чинних державних будівельних норм і стандартів. Під час реконструкції залізничних ліній, спорудження нових колій або технічного переобладнання окремих ділянок необхідно керуватись актуальними нормативними документами, що регламентують проектування і будівництво в цій галузі. Базовим нормативним документом для проектування та реконструкції залізничних колій шириною 1520 мм є ДБН В.2.3-19:2018 «Споруди транспорту. Залізниці колії 1520 мм» [2].

Основним показником лінії являється категорія. Категорія визначається за основними показниками, такими як вантажонапруженість, кількість пар поїздів на добу та максимальна швидкість пасажирських поїздів. Згідно цих показників ділянка колії Чарторийськ – Сарни відноситься до V категорії.

Реконструкція залізничної лінії передбачає приведення її геометричних характеристик у відповідність до сучасних технічних вимог і експлуатаційних потреб. Основними параметрами, що підлягають коригуванню під час реконструкції, є план та поздовжній профіль колії. Їхні характеристики визначають безпечність руху, допустиму швидкість, динамічну взаємодію рухомого складу з колією, витрати на тягу та експлуатацію.

План колії визначається напрямом залізничної лінії в горизонтальній площині, який складається з прямолінійних ділянок, кругових та перехідних кривих. Основні вимоги при реконструкції включають:

- забезпечення плавності змін напрямку руху шляхом обов'язкового застосування перехідних кривих між прямими та круговими ділянками;
- збільшення радіусів кривих до мінімально допустимих відповідно до категорії колії;
- дотримання допустимих значень підвищення зовнішньої рейки, яке повинно забезпечити компенсацію відцентрових сил при русі по кривих;
- забезпечення відповідності довжини перехідних кривих швидкості руху, типу рухомого складу та конструктивним обмеженням (відповідно до ДБН та ЦП- 0269).

У процесі реконструкції плану також слід виключати або мінімізувати наявність ламаних кривих, поворотів малого радіуса та відсутність перехідних елементів, які створюють значні динамічні навантаження на колію.

Вимоги до поздовжнього профілю Поздовжній профіль колії визначає зміну висоти колії вздовж її довжини, тобто систему ухилів і вертикальних кривих. Основні вимоги:

- максимальний ухил не повинен перевищувати гранично допустимих

значень, встановлених для певної категорії залізниці (наприклад, для її категорії – не більше 12–14 ‰ при односторонньому русі).

- плавність переходів між ухилами забезпечується шляхом проектування вертикальних кривих, довжина яких визначається швидкістю руху та величиною перепаду ухилів.

- розміщення роздільних пунктів, станцій і зупинок повинно здійснюватися на пологих ухилах або горизонтальних ділянках.

- оптимізація поздовжнього профілю дозволяє знизити витрати енергії на тягу поїздів, особливо в умовах вантажного руху.

Ефективна реконструкція колії передбачає комплексне узгодження плану та профілю, з урахуванням динаміки руху, типу тяги (електрична чи тепловозна), конструктивних можливостей земляного полотна, а також впливу на навколишнє середовище.

1.3 Актуальність дослідження

У сучасних умовах зростаючої потреби в мобільності, логістичній стійкості та інфраструктурній адаптації до європейських стандартів питання технічного удосконалення залізничної мережі України набуває особливого значення. Одним із ключових напрямів такого вдосконалення є реконструкція геометричних параметрів залізничної колії, які визначають не лише допустиму швидкість руху поїздів, але й безпеку, економічність та довговічність залізничної інфраструктури.

Напрямок Ковель – Сарни в який входить ділянка, яка досліджується у роботі, виконує важливу транзитну та регіональну функцію. Він є частиною мережі північно-західних транспортних коридорів, які забезпечують перевезення між Волинською, Рівненською та суміжними областями, а також потенційно сполучаються з європейською логістичною системою. У зв'язку з цим якість плану колії на цій ділянці прямо впливає на ефективність регіональних та міжнародних перевезень.

На даний час на цій ділянці спостерігається невідповідність окремих

геометричних елементів плану чинним нормативам. Зокрема, багато кривих мають малі радіуси, відсутність або надто короткі перехідні криві, недостатнє підвищення зовнішньої рейки, а також неоптимальні прямі вставки між суміжними кривими. Це призводить до обмеження швидкості руху, підвищеного зносу рейок і рухомого складу, зростання енерговитрат на тягу та необґрунтованих витрат на технічне утримання колії.

Особливо актуально це питання постає у контексті:

- воєнного стану в Україні, коли транспортна система відіграє критично важливу роль у забезпеченні обороноздатності, гуманітарної логістики та переміщення вантажів;

- планів інтеграції України до транс'європейської транспортної мережі (TEN-T), що передбачає гармонізацію стандартів інфраструктури та підвищення швидкості і безпеки перевезень;

- використання цифрових технологій (наприклад, MoveRW, RWPlan) для моделювання та оптимізації плану, що вимагає точних даних про геометрію колії.

Таким чином, обґрунтування параметрів кривих при реконструкції плану колії на напрямку Ковель – Сарни є актуальним як з інженерно-технічної, так і з економічної точки зору. Це дозволить підвищити ефективність функціонування залізничного транспорту, забезпечити сумісність з міжнародними логістичними стандартами та знизити експлуатаційні витрати в умовах обмежених ресурсів.

Проведення комплексного аналізу геометричних параметрів кривих, вибір оптимальних варіантів їх реконструкції та впровадження інноваційних методів моделювання та оцінки стану плану колії – це завдання, що безпосередньо відповідає поточним викликам транспортної галузі України.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Технічна характеристика ділянки Чарторийськ – Сарни

Ділянка, яка досліджується Чарторийськ – Сарни знаходиться на лінії Сарни – Ковель розташована в Північно-західній частині України в межах Рівненської та Волинської області.

Експлуатаційна довжина ділянки Чарторийськ – Сарни, що розглядається в дипломній роботі – 60 км (схема ділянки наведена на рисунку 2.1).



Рисунок 2.1 – Схема ділянки

Ділянка Чарторийськ – Сарни входить до складу залізничної магістралі Ковель – Сарни – Коростень, яка обслуговується Рівненською дирекцією Львівської залізниці. Це одноколійна неелектрифікована лінія з шириною колії 1520 мм, що експлуатується під тепловозною тягою. Конструкція верхньої будови колії на більшості перегонів включає рейки типу Р65, укладені на залізобетонних шпалах з щебневим баластом на піщаній подушці. Скріплення – переважно типу КБ. Колія в основному ланкова.

Земляне полотно ділянки переважно насипного типу ($\approx 95\%$). Максимальна висота насипів сягає 9 м, виїмок – до 6 м. Ширина основної площадки становить близько 7 м, що відповідає вимогам ДБН для одноколіїних неелектрифікованих ліній п'ятої технічної категорії.

Ділянка Чарторийськ – Сарни включає такі станції: Чарторийськ – проміжна станція Рівненської дирекції Львівської залізниці на лінії Сарни – Ковель, Рафалівка і Антонівка — проміжні зупинні пункти (станції), Сарни – вузлова дільнична станція.

Ділянка залізниці одноколійна, де пасажирські поїзди в середньому рухаються зі швидкістю до 100 км/год, а вантажні – 80 км/год відповідно до наказу «Про встановлення допустимих швидкостей руху поїздів на Львівській залізниці» [3]. Вантажонапруженість ділянки складає 5 млн. т км брутто/км за рік. Локомотиви в пасажирському та вантажному русі 2М62. Маса вантажного поїзду в парному та непарному напрямках відповідно 3600/2800 т відповідно. Маса пасажирського поїзду в парному та непарному напрямках 1000 т.

Досягти більшої швидкості тільки за рахунок організаційно-технологічних заходів (перерозподіл поїздопотоків на мережі, вдосконалення графіка руху поїздів, раціонального використання наявних технічних засобів) неможливо, тому необхідно впровадити й більш коштовні заходи – модернізацію залізниці, що включає заміну верхньої будови колії, штучних споруд та інших пристроїв залізниці, а також провести реконструктивні роботи, пов'язані, перш за все, з перебудовою кривих.

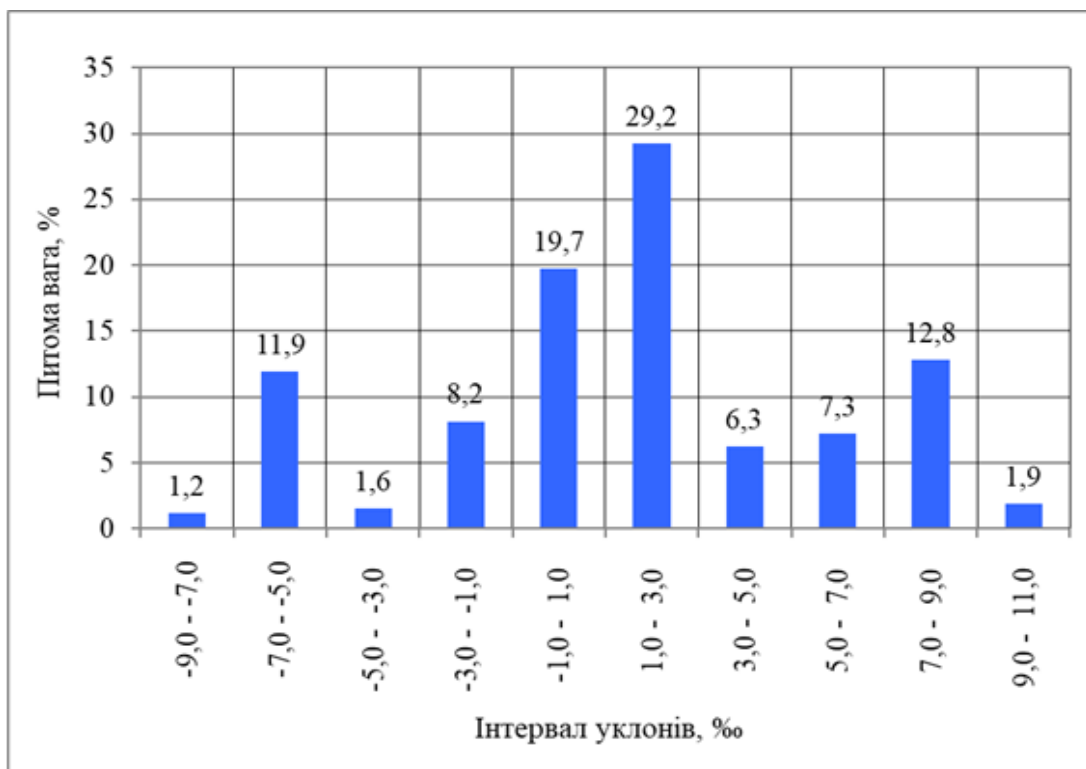


Рисунок 2.2 – Гістограма розподілення ухилів

Профіль ділянки Чарторийськ – Сарни не являється складним.

Максимальний ухил ділянки складає $i = 9\%$. Мають місце елементи ухилу з великою довжиною, яка в середньому складає 1000 м. Гістограма розподілення ухилів показана на рисунку 2.2.

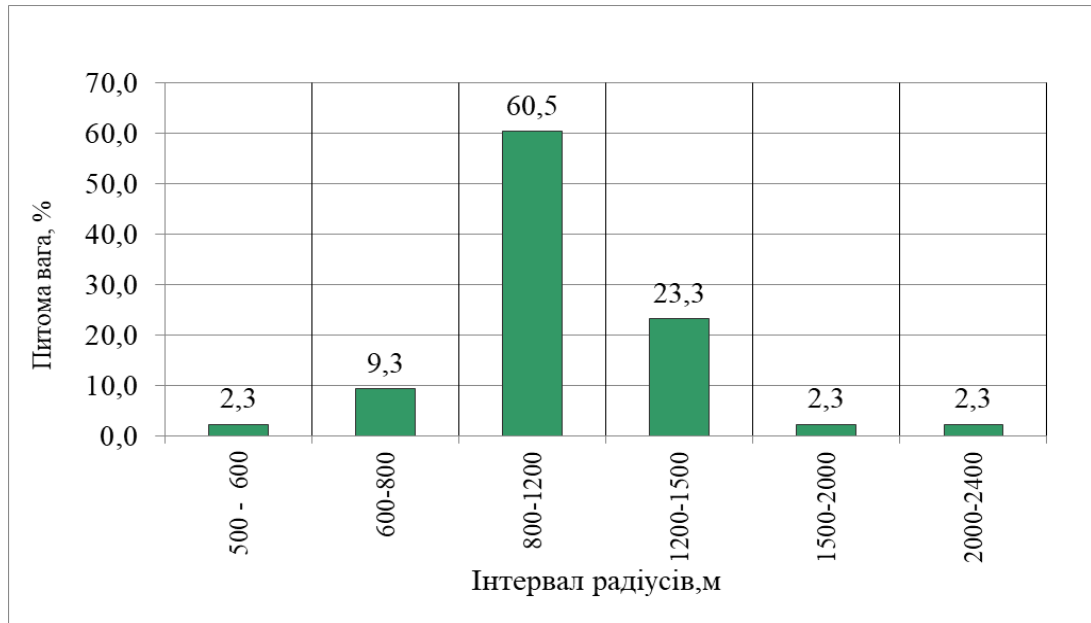


Рисунок 2.3 – Гістограма розподілення радіусів

План ділянки досить різноманітний і складається з багаторадіусних, однорадіусних кривих і прямих ділянок колії. Мінімальний радіус кривої для існуючої ділянки $R_{\min} = 470$ м, а максимальний становить $R_{\max} = 2300$ м. Криві ділянки займають приблизно 11% від загальної довжини, що проектується (рисунку 2.3).

2.2 Загальні відомості програми «MoveRW»

Наступний етап після аналізу параметрів плану та профілю – це виконання тягових розрахунків. Тягові розрахунки виконувалися із застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення MoveRW [4], яке широко використовується для аналізу експлуатаційних параметрів руху поїздів. Основою для виконання розрахунків є комплекс вихідних даних, що включає геометричні характеристики плану та профілю залізничної лінії, а також обмеження швидкості. Ці дані подаються у вигляді окремих файлів з такими розширеннями:

- *.prf – файл з інформацією про поздовжній профіль;
- *.cur – файл, що містить дані про план колії;
- *.ogr – файл з лінійними обмеженнями швидкості руху поїздів.

Одним з ключових результатів тягових розрахунків є побудова кривої швидкості – графічної залежності швидкості поїзда від пройденого шляху. Ця крива дозволяє детально аналізувати режим руху поїзда (ділянки тяги або гальмування), визначати швидкість у будь-якій точці траси, а також розраховувати час ходу, силу тяги локомотива, витрати енергії та інші показники. Такі розрахунки є необхідними при проектуванні нових ліній і реконструкції існуючих, оскільки забезпечують обґрунтування техніко-експлуатаційних рішень.

Програма MoveRW дозволяє виводити на екран дисплея повну інформацію щодо ділянки аналізу: поздовжній профіль, план траси та побудовану криву швидкості – як для всього маршруту, так і для окремих перегонів.

Для підготовки вхідної інформації використовувався детальний поздовжній профіль ділянки Чарторийськ – Сарни, а також накази Львівської залізниці про встановлення допустимих швидкостей руху поїздів. Вихідні дані задавалися у вигляді текстових файлів, придатних для імпорту до програми MoveRW, що дозволяє створити новий обчислювальний проєкт.

Загальний вигляд вихідних файлів та побудованого розрахунку наведено на рисунку 2.4.

Усі вхідні дані повинні бути відповідати порядку виконання розрахунку:

- довжини елементів у кожному з файлів (*.prf, *.cur, *.ogr) мають співпадати;
- межі даних повинні виходити за осі станцій настільки, щоб урахувати розміщення половини довжини поїзда – для коректного обчислення тягових характеристик на підходах до станцій.

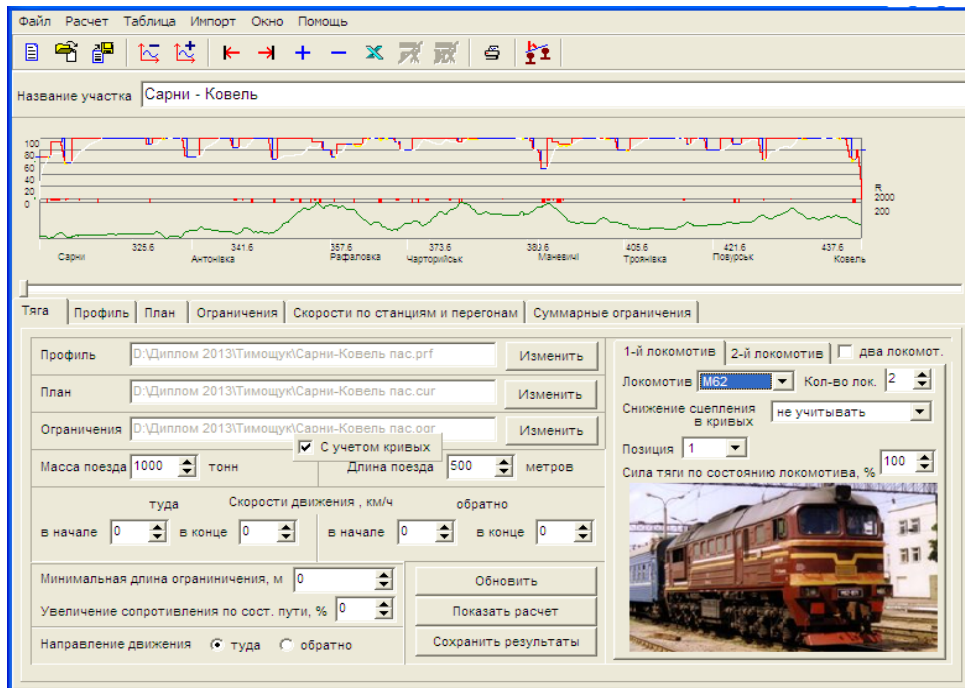


Рисунок 2.4 – Головне вікно програми «MoveRW»

Для задання поздовжнього профілю в програмі MoveRW використовуються наступні параметри: ухил, який задається у %, довжина елемента, в метрах.

Ці параметри вводяться у табличній формі. За прийнятим стандартом, від'ємні значення ухилу відповідають спускам, тоді як додатні – підйомам. Окрім цього, обов'язково вказується початковий пікет і відмітка рівня головки рейки на початку ділянки, яка слугує вихідною точкою для розрахунку наступних висотних відміток.

Після введення цих початкових значень програма автоматично виконує обчислення висотних відміток для кожного елемента профілю, ґрунтуючись на заданих ухилах і довжинах, що значно спрощує процес побудови профілю і підвищує точність результатів (рис. 2.5).

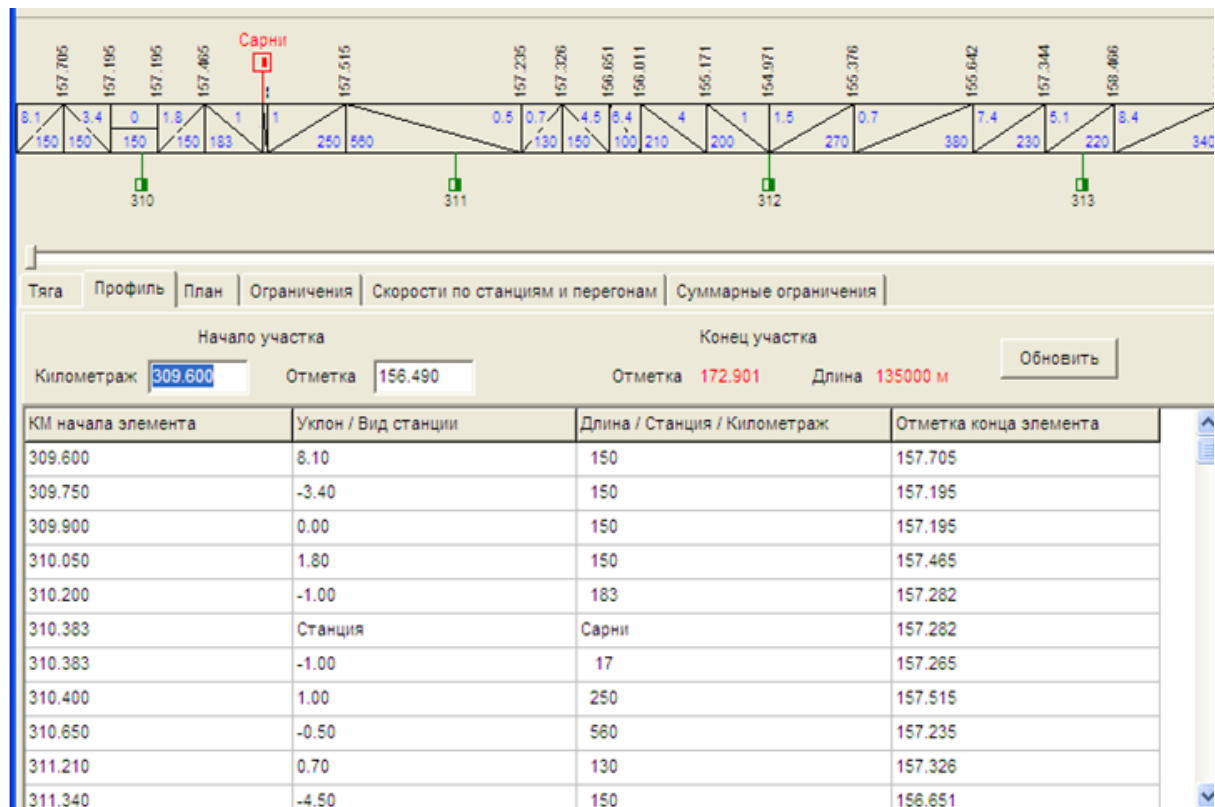


Рисунок 2.5 – Фрагмент вікна файлу з розширенням *.prf

План залізничної лінії описується послідовністю геометричних елементів, серед яких виділяють: прямі ділянки, перехідні криві, кругові криві з поворотом праворуч, кругові криві з поворотом ліворуч.

Для кожного з наведених елементів обов'язково задається довжина в метрах. Крім того, для кругових кривих додатково вводяться: радіус кривої (у метрах), підвищення зовнішньої рейки (у міліметрах), що використовується для забезпечення комфортного та безпечного проходження поїзда кривої ділянки.

Уся інформація щодо геометрії плану колії формується у спеціальному форматі та записується у файл із розширенням *.cur, який використовується програмою MoveRW під час виконання тягових розрахунків (рис. 2.6).

експлуатації залізниць України (ПТР) і є критично важливими для проведення точних тягових розрахунків, визначення часу ходу, витрат енергії та безпечного проходження ділянок з різними профілями та обмеженнями швидкості.

2.3 Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками

З метою вибору оптимального варіанту реконструкції ділянки було виконано порівняльний аналіз за ключовими тягово-енергетичними показниками, що мають суттєвий вплив на ефективність роботи залізничного транспорту [5].

Для кожного з варіантів було змодельовано рух поїзда із застосуванням програмного забезпечення MoveRW, з урахуванням геометричних параметрів профілю та плану, обмежень швидкості, тягових характеристик локомотива, а також експлуатаційної маси складу. У процесі моделювання визначались наступні показники: час руху поїзда на ділянці, середньохорова швидкість, сумарні витрати пального, максимальна сила тяги, необхідна на підйомах, режимні ділянки (тяга / гальмування) та їх розподіл по маршруту.

Ділянка Чарторийськ – Сарни належить до неелектрифікованих напрямків Львівської залізниці, тому рух поїздів здійснюється тепловозною тягою. Для проведення розрахунків тягово-енергетичних показників було прийнято вантажний та пасажирський поїзд, що відповідають типовим умовам експлуатації на цій ділянці.

У якості тягового рухомого складу для вантажного поїзда використано тепловоз серії 2М62 – двосекційний локомотив загального призначення, який широко застосовується на магістралях України (рис2.7).

Для розрахунків були прийняті наступні значення маси поїздів:

- вантажний поїзд:– у парному напрямку (Чарторийськ → Сарни) – 2800 т,
- у непарному напрямку (Сарни → Чарторийськ) – 3600 т;
- пасажирський поїзд — 1000 т,

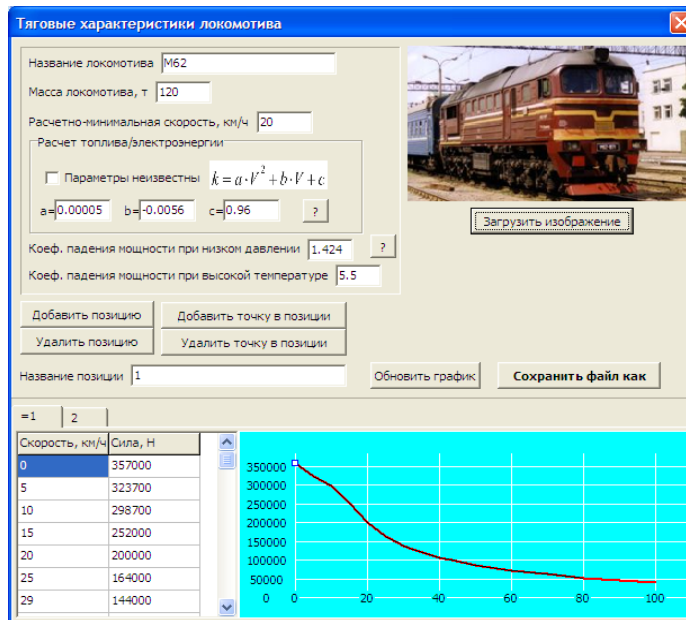


Рисунок 2.7 – Тягові характеристики локомотива М62

Результати розрахунків наведені для пасажирського і вантажного руху наведені у додатках А і Б.

Таблиця 2.1 – Результати тягових розрахунків

Перегін	Час руху, хв.	Витрати палива, кг	Середня швидкість руху, км/год
Вантажний рух 2800 т /3600 т			
Чарторийськ → Сарни	50,3	513,5	71
Сарни → Чарторийськ	52,2	541,2	69
Пасажирський рух			
Чарторийськ → Сарни	42,0	318,6	85
Сарни → Чарторийськ	41,3	309,5	87

Аналіз тягово-енергетичних показників для вантажних і пасажирських поїздів на ділянці Чарторийськ – Сарни показав, що різниця між показниками у парному та непарному напрямках є незначною, що свідчить про загальну рівномірність умов руху.

Для вантажного поїзда масою 2800 т час руху в напрямку Чарторийськ –

Сарни становить 50,3 хв, а в зворотному – 52,2 хв, що відповідає різниці лише у 1,9 хв. Аналогічно, витрати пального становлять 513,5 кг та 541,2 кг відповідно, а середні швидкості – 71 і 69 км/год, що підтверджує лише незначну перевагу парного напрямку.

У пасажирському русі, де маса поїзда приймалася 1000 т, спостерігається практична симетрія результатів: час руху складає 42,0 хв та 41,3 хв, витрати пального – 318,6 кг та 309,5 кг, а середня швидкість становить 85-87 км/год.

Отже, відмінності в енерговитратах і часі руху в обох напрямках є незначними, що дає підстави вважати трасу відносно збалансованою за профілем та експлуатаційно стабільною

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок виправки кривої способом кутових діаграм.

У процесі проєктування реконструкції залізничних ліній виправлення плану колії є одним із найпоширеніших і технічно важливих завдань. Його суть полягає в обґрунтуванні раціонального радіуса кривої та розрахунку необхідних зсувів, що дозволяє встановити колію в коректне геометричне положення відповідно до нормативних вимог.

Для контролю фактичного стану кривих широко використовується метод стріл, що базується на вимірюванні стріл вигину. У разі виявлення відхилень між суміжними стрілами виконується коригування геометрії з наступним виправленням положення кривої. Результатом такого підходу є формування плавної, динамічно збалансованої кривої, що забезпечує стабільну взаємодію рухомого складу з колією [6].

У ситуаціях, коли в межах реконструкції виникає необхідність відновлення проєктних радіусів або уточнення геометричних характеристик плану, важливо отримати параметри, що гарантують геометричну плавність кривої та відповідність вимогам експлуатаційної безпеки. Для цього, як правило, застосовуються інструментальні методи зйомки, серед яких найпоширенішими є метод стріл, метод Гонікберга, а також координатна зйомка з використанням тахеометрів чи інших електронних приладів [1].

Одним із найбільш застосовуваних методів у проєктній практиці є метод кутових діаграм, запропонований інженером Е.М. Зубовим і згодом удосконалений І.В. Гонікбергом. Цей підхід дозволяє наочно аналізувати геометричну форму кривої, проводити точні обчислення та виявляти ділянки, що потребують виправлення. Ілюстрація проведення зйомки за цим методом подана на рисунку 1.2.

При проєктуванні плану реконструйованої кривої важливо забезпечити раціональне розміщення її в просторі з урахуванням мінімального впливу на земляне полотно. Основним критерієм при виборі радіуса проєктної кривої є

одержання мінімальних зсувів у контрольних точках, що, згідно з вимогами ДБН В.2.3-19:2018, не повинні призводити до необхідності розширення основної площадки земляного полотна [2].

Оптимальним вважається таке значення радіуса, при якому забезпечується різносторонній характер зсувів невеликої величини, що дозволяє зберегти нормовану ширину земляного полотна без додаткових об'ємів робіт. У разі, якщо реалізація такого варіанту є неможливою, слід обирати радіус, при якому зсуви будуть односторонніми та мінімальними за величиною. Це дозволить при необхідності обмежитися лише однобічним розширенням земляного полотна, що є технологічно простішим і економічно вигіднішим. Лише в окремих точках допускається зсув у протилежному напрямку, але такий зсув має бути незначним і не спричиняти необхідності складних будівельних рішень.

У роботі був використаний метод підбору радіуса за спробами, з поетапним розрахунком зсувів у так званих контрольних точках. Вибір контрольних точок обмежується межами кругової кривої. За методикою [5, 7] кутових діаграм, зсув у точці визначається як різниця площ під діаграмами – отже, саме в цих точках найточніше відображається зміна положення осі колії.

3.2 Підрахунок даних для побудови кутової діаграми існуючої кривої

Існуючу криву розбивають на теодолітний хід по 100 м і вимірюють кути повороту кожної стоянки. Кожні 100 м розбивають по 20 м і вимірюють стріли вигину (рис.1.1). Вихідні дані зйомки кривої наведені у таблиці 3.1.

Для зручності підрахунок виконують у табличній формі. Спочатку наводяться розрахункові дані, необхідні для побудови кутової діаграми існуючої кривої, а далі наводяться площі для всіх хорд-двадцятки, що відповідають прийнятому радіусу кругової кривої. На основі цих даних розраховуються зсуви спочатку без урахування, потім з урахуванням перехідної кривої.

Кут повороту кривої у радіанах розраховується з точністю до шостого десяткового знаку.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

ПК	+	α°	мин	F, мм
3147		0	0	0
	20			0,004
	40			0,021
	60			0,051
	80			0,069
3148		3	10	0
	20			0,809
	40			1,19
	60			1,181
	80			0,799
3149		5	37	0
	20			0,8
	40			1,201
	60			1,189
	80			0,798
3150		5	35	0
	20			0,769
	40			1,169
	60			1,169
	80			0,774
3151		3	34	0
	20			0,17
	40			0,14
	60			0,089
	80			0,032
3152		0	7	0

Для виключання помилок під час розрахунків в таблиці 3.2 виконуються перевірки. **Перша перевірка** контролює правильність визначення кута повороту: підрахунок чисельників граfi 4 повинен дорівнювати двадцятикратному куту повороту всієї кривої; **друга перевірка** - сума даних граfi 6 в межах кожного промінню повинна дорівнювати нулю; **третья перевірка** - послідовна сума знаменників граfi 4 (без знаменника останнього дроби) повинна дорівнювати останньому числу граfi 8. Після виконання всіх перевірок, переходять до побудови кутової діаграми існуючої кривої.

Таблиця 3.2 – Розрахунок площі існуючої кривої

Польові дані					Δf	Підрахунок площі	
Пікетаж		α_0	$\frac{20\beta_{рад}}{n20\beta_{рад}}$	f		$20\varphi =$	$\omega_{існ} =$
ПК	+	$\frac{20\alpha_{рад}}$			$20\beta_{рад} - \Delta f$	$\sum (20\beta_{рад} - \Delta f)$	
1	2	3	4	5	6	7	8
3147	00	1°40'	0,00000	0	0,000	0,000	0,000
	20	0,00000	0,00000	0,004	0,004	-0,004	-0,004
	40			0,021	0,017	-0,017	-0,021
	60			0,051	0,030	-0,030	-0,051
	80			0,069	0,018	-0,018	-0,069
3148	00	7°50'	1,10538	0	-0,069	0,069	0,000
	20	1,10538	5,52690	0,809	0,809	0,296	0,296
	40			1,19	0,381	0,724	1,020
	60			1,181	-0,009	1,114	2,134
	80			0,799	-0,382	1,487	3,621
3149	00	8°30'	3,06597	0	-0,799	1,904	5,525
	20	1,96059	15,32985	0,8	0,800	2,266	7,791
	40			1,201	0,401	2,665	10,456
	60			1,189	-0,012	3,078	13,534
	80			0,798	-0,391	3,457	16,991
3150	00	3°02'	5,01492	0	-0,798	3,864	20,855
	20	1,94895	25,07460	0,769	0,769	4,246	25,101
	40			1,169	0,400	4,615	29,716
	60			1,169	0,000	5,015	34,731
	80			0,774	-0,395	5,410	40,141
3151	00	0°10'	6,25992	0	-0,774	5,789	45,930
	20	1,24500	31,29960	0,17	0,170	6,090	52,020
	40			0,14	-0,030	6,290	58,310
	60			0,089	-0,051	6,311	64,621
	80			0,032	-0,057	6,317	70,938
3152	0	0°10'	6,63022	0	-0,032	6,292	77,230
		0,37030	33,15110				

Кутову діаграму прийнято будувати в прямокутній системі координат, де по горизонтальній осі відкладається пікетаж точок кривої, а по вертикальній – значення кутів повороту хорд відносно початкової дотичної.

Масштаби можуть бути вибрані довільно, однак на практиці зручними є такі: горизонтальний масштаб – 1:1000 (1 см відповідає 10 м довжини), вертикальний масштаб – 1:200 (1 см відповідає 0,02 радіана).

По осі абсцис (горизонтальній) відкладаються точки кожні 20 метрів – це відповідні пікети кривої від початкової точки А до кінцевої точки Б. По осі ординат (вертикальній) відкладаються значення кутів повороту хорд довжиною 20 м (так званих «двадцятки») відносно початкової дотичної.

У кожній такій точці (середині «двадцятки») по вертикалі відкладається величина кута повороту відповідної хорди, яка береться з графі 7 таблиці 3.2. По завершенню відкладають значення повного кута повороту в точці Б, що також виражається в радіанах [7].

Послідовно з'єднавши отримані точки лінією, формується кутова діаграма існуючої кривої, яка графічно відображає зміну напрямку хорд вздовж довжини кривої. Приклад побудови такої діаграми наведено на рисунку 3.3. Вся побудова базується на даних з графі 7 обчислювальної таблиці.

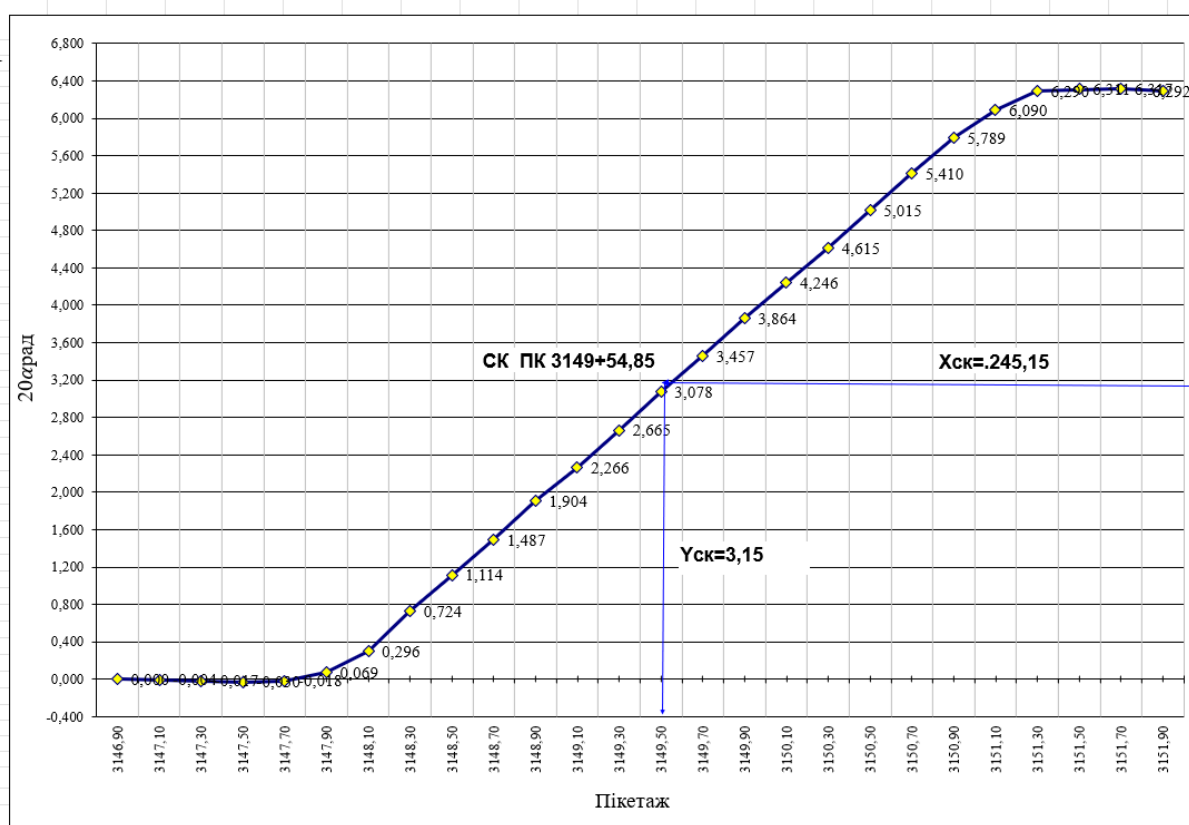


Рисунок 3.1 – Кутова діаграма існуючої кривої

За умови, що в точці кінця вимірів (точка Б) площа кутової діаграми існуючої кривої дорівнює $W_{існ}$, обчислюють координати $X_{ск}$, $Y_{ск}$ середини кривої

за формулами:

$$X_{\text{СК}} = \frac{W_{\text{існ}}}{\alpha_{\text{рад}}}, \quad (3.1)$$

$$Y_{\text{СК}} = \frac{\alpha_{\text{рад}}}{2} \quad (3.2)$$

Відкладаючи величини $X_{\text{СК}}$, $Y_{\text{СК}}$ одержуємо за пікетажному положенням точку середини кривої СК

3.3 Послідовність підбору радіуса проектної кривої та визначення величини зсувів

Для визначення раціонального значення радіуса проектної кривої застосовується метод графічного наближення, заснований на аналізі кутової діаграми. Суть методу полягає у проведенні через точку СК (середина кривої або контрольна точка) кутової лінії проектної кривої таким чином, щоб вона максимально точно відповідала формі кутової діаграми існуючої кривої (див. рис. 3.1).

На початковому етапі параметри проектної кривої встановлюються графічним способом. Орієнтовне значення радіуса обчислюється за спрощеною формулою, що базується на довжині кругової кривої та куті її повороту:

$$R' = \frac{K'}{\alpha_{\text{рад}}}, \quad (3.3)$$

де K' – довжина кругової кривої, що визначена за графіком з точністю 1 м;
 $\alpha_{\text{рад}}$ – кут повороту кругової кривої, радіан.

Отримане значення радіуса $R'_{\text{пр}}$ підлягає округленню відповідно до значення кута повороту та приймається як проектний радіус. Остаточний вибір значення радіуса враховує геометричну доцільність, зсуви у контрольних точках, а також конструктивні обмеження ширини земляного полотна.

Після попереднього вибору радіуса проектної кривої проводиться аналіз зсувів у контрольних точках. Для цього визначають площу кутової діаграми у відповідній точці, розташованій на відстані k від початку кругової кривої (ПКК),

за аналітичною формулою:

$$w_{\text{пр}} = \frac{k^2}{2R_{\text{пр}}} \quad (3,4)$$

Різниця площ $W_{\text{пр}} - W_{\text{існ}}$ між кутовою діаграмою існуючої та проектної кривої у кожній контрольній точці характеризує величину зсуву, який заноситься до відповідного стовпця розрахункової таблиці (лівий — для "лівого" повороту, правий – для "правого").

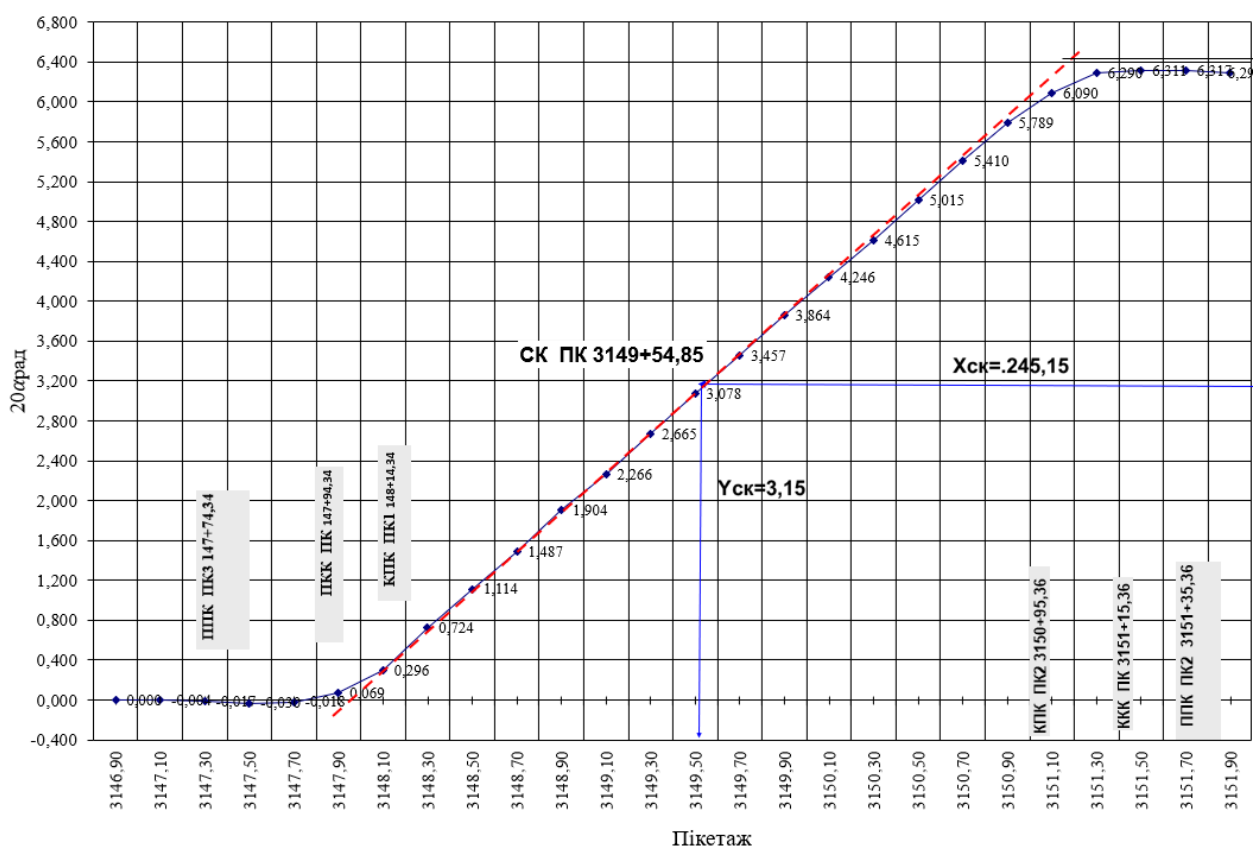


Рисунок 3.2 – Кутова діаграма проектної кривої

Загальна площа кутової діаграми в межах проектної кругової кривої визначається за формулою (3,4), а за межами – тобто після кінця проектної кругової кривої (ККК) до точки завершення зйомки (КЗ) — за формулою:

$$\omega = A + X' \cdot \alpha_{\text{рад}} \quad (3,5)$$

де, A – площа кутової діаграми проектної кругової кривої

$X' \cdot \alpha_{рад}$ – площа проектної діаграми у межах від кінця кругової кривої

ККК до точки кінця заміру зйомки КЗ визначається для кожної двадцятки.

Схема, що пояснює розрахунки, показана на рис. 3.

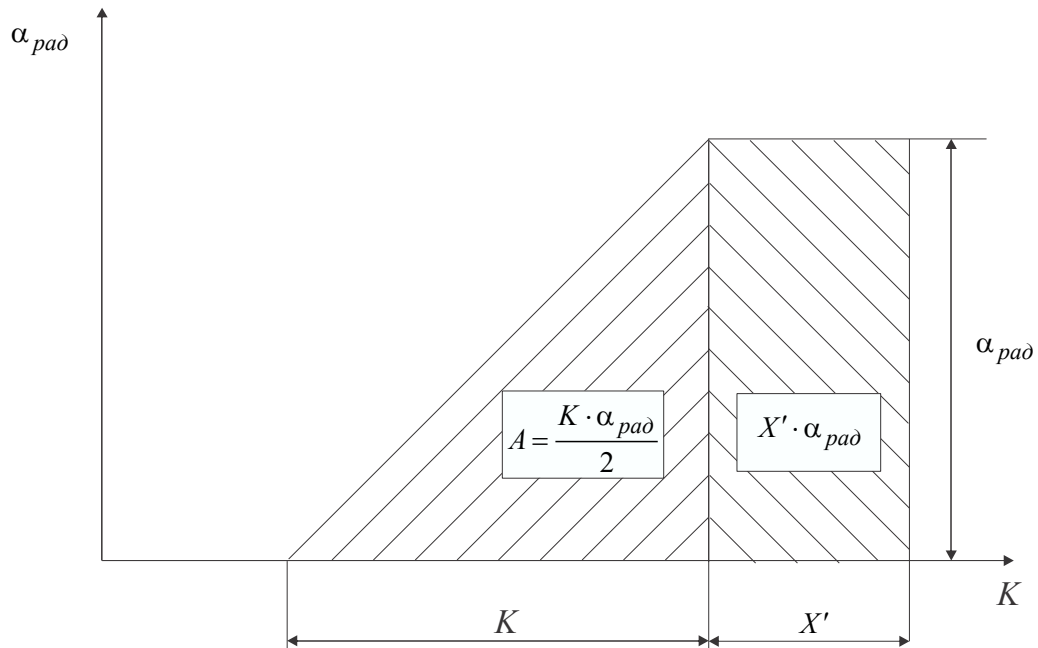


Рисунок 3.3 – Складові кутової діаграми проектної кривої

Величина зсувів залежить від положення контрольної точки відносно початку ($ППК$) і кінця ($КПК$) перехідної кривої.

Зсуви в точках, що лежать у межах перехідної кривої, обчислюються за формулами:

– ділянка від початку перехідної кривої ($ППК$) до початку кругової кривої ($ПКК$)

$$\delta = \frac{S^3}{6R_{пр}L} \quad (3,6)$$

де S відстань від початку перехідної кривої до розглянутої точки.

– ділянка від початку кругової кривої ($ПКК$) до кінця перехідної кривої ($КПК$)

$$\delta = p - \frac{(L-S)^3}{6R_{пр}L} \quad (3,7)$$

де p зсув у межах кругової кривої

$$p = \frac{L^2}{24R_{np}} = const \quad (3,8)$$

Під час виконання остаточних розрахунків зсувів необхідно враховувати, що зсуви мають однаковий знак із напрямком кута повороту, а зсуви, які виникають у межах перехідної кривої, завжди позитивні та спрямовані в бік центра кривої. Така орієнтація відповідає конструктивній логіці формування плавного переходу від прямої до кривої або між кривими різного радіуса.

Таблиця 3.3 – Розрахунок площі проектної кривої та кінцеві зсуви (варіант 1)

Пікетаж: ПКК, ККК, ППК, КПК	Обчислення площ кутової діаграми кривої, що проектується				Зсув без урахування перехідної кривої		Влаштування перехідної кривої			
	$\frac{\kappa_i}{x_i}$	$x_i \alpha_{рад}$	$\frac{K \alpha_{рад}}{2}$	$\omega_{np} = \frac{\kappa_i^2}{2R}$	$e' = \omega_{np} - \omega_{icn}$		S_i	δ	Кінцеві зсуви $e = e' + \delta$	
					ліво(-)	право(+)			ліво(-)	право(+)
9	10	11	12	13	14		15	16	17	
	0			50,565	0	0		0,000	0,000	0,00
	0				0,000	0,000		0,000		0,000
	0				0,000	0,021		0,000	-0,021	
ППК1	0				0,000	0,051		0,000	-0,051	
ПКК	0				0,000	0,069	5,66	0,001	-0,070	
КПК1	5,66				0,016	0,016	25,66	0,053	-0,069	
	25,66				0,323	0,027		0,065	-0,092	
	45,66		50,565		1,023	0,002		0,065	-0,068	
	65,66				2,115	-0,020		0,065	-0,046	
	85,66				3,600	-0,022		0,065	-0,043	
	105,66				5,478	-0,049		0,065	-0,016	
	125,66				7,748	-0,045		0,065	-0,021	
	145,66				10,411	-0,047		0,065	-0,018	
	165,66				13,466	-0,070		0,065		0,005
	185,66				16,913	-0,079		0,065		0,014
СК	205,66				20,754	-0,103		0,065		0,038
	225,66				24,986	-0,116		0,065		0,051
	245,66				29,612	-0,106		0,065		0,040
	265,66				34,630	-0,103		0,065		0,037
	285,66				40,040	-0,102		0,065		0,037
КПК2	305,66				45,843	-0,088		0,065		0,023
ККК	4,64	1,46			52,027	0,006	25,36	0,053	-0,059	
ППК2	24,64	7,76			58,328	0,017	5,36	0,001	-0,017	
	44,64	14,06			64,628	0,006		0,000	-0,006	
	64,64	20,36			70,929	-0,010		0,000		0,010
	84,64	26,66			77,230	-0,001		0,000		0,001

За викладеною методикою було розглянута два варіанти проектного радіуса. В таблиці 3.3 наведені параметри та пікетажне положення проектною кривою.

Таблиця 3.3 – Параметри та пікетажне положення проектною кривою

Показники		Варіант 1	Варіант 2
К.З.	ПК	3152+00	315200
Радіус круговою кривою	R	1010	1019
Довжина круговою кривою	K	318,18	321,02
Пікетажне значення середини кривою	ПК	3149+54,85	3149+54,85
Довжина перехідною кривою	L	40	40
Початок круговою кривою	ПКК	3147+95,76	3147+94,34
Кінець круговою кривою	ККК	3151+13,94	3151+15,36
Початок перехідною кривою 1	ППК1	3147+75,76	3147+74,34
Кінець перехідною кривою 1	ККК1	3148+15,76	3148+14,34
Початок перехідною кривою 2	ППК2	3151+33,94	3151+35,36
Кінець перехідною кривою 2	КПК2	3150+93,94	3150+95,36

У разі, коли розраховані зсуви, з урахуванням перехідною кривою, перевищують допустимі значення або викликають необхідність значного розширення земляного полотна, слід переглянути вибраний проектний радіус та повторити розрахунки для контрольних точок.

Щоб визначити доцільний напрямок зміни радіуса (збільшення чи зменшення), необхідно проаналізувати характер зсувів: якщо більшість зсувів спрямовані назовні (від центра кривою), доцільно зменшити радіус; якщо зсуви переважно спрямовані до центра кривою, слід збільшити радіус (.

Такий підхід дозволяє зменшити обсяги земляних робіт і забезпечити оптимальне геометричне положення проектною кривою з урахуванням технологічних та економічних обмежень.

Щоб визначити доцільний напрямок зміни радіуса (збільшення чи зменшення), необхідно проаналізувати характер зсувів: якщо більшість зсувів

спрямовані назовні (від центра кривої), доцільно зменшити радіус; якщо зсуви переважно спрямовані до центра кривої, слід збільшити радіус.

Такий підхід дозволяє зменшити обсяги земляних робіт і забезпечити оптимальне геометричне положення проектної кривої з урахуванням технологічних та економічних обмежень.

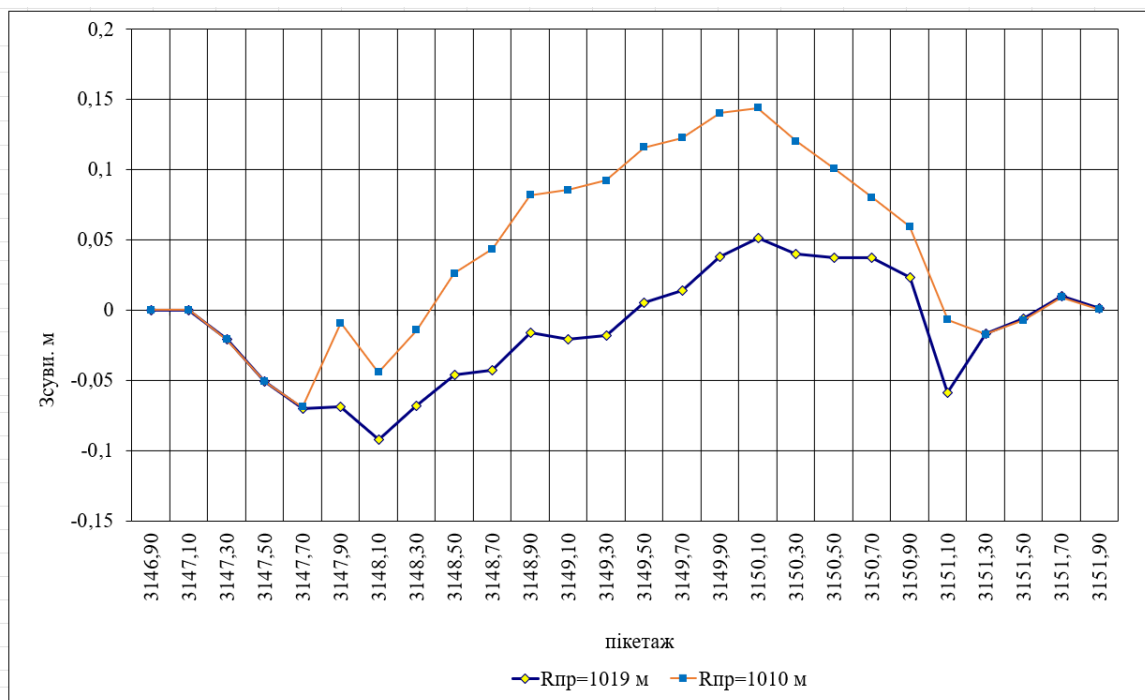


Рисунок 3.4 – Графік зсувів

У результаті виконаних розрахунків методом кутових діаграм для двох варіантів проектного радіуса було отримано наступні показники: при радіусі $R_1 = 1010$ м – максимальний зсув становить 0,144 м; при радіусі $R_2 = 1119$ м – максимальний зсув зменшується до 0,092 м. Порівняльний аналіз показав, що збільшення радіуса до значення 1119 м сприяє зменшенню зсувів, що вказує на кращу відповідність геометрії проектної кривої до існуючого положення колії. Зменшення зсувів також знижує потребу у масштабному коригуванні земляного полотна та робить конструктивне рішення більш економічно доцільним.

З урахуванням отриманих результатів та конструктивних обмежень, для подальшого проектування рекомендовано прийняти радіус $R_2 = 1119$ м як оптимальний варіант проектної кривої.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Охорона праці при реконструкції плану залізниці

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Правові засади охорони праці в Україні регламентуються Законом України «Про охорону праці».

Особливої уваги потребує охорона праці у сфері залізничного транспорту, де на працівників колійного господарства діють шкідливі та небезпечні фактори, пов'язані з виконанням робіт безпосередньо на діючих коліях. У зв'язку з цим необхідно систематично проводити навчання з охорони праці та перевірку знань працівників відповідно до вимог НПАОП 0.00–4.12-05.

При реконструкції дільниці виконуються такі основні роботи: очищення щебеню, демонтаж рейко-шпальної решітки, планування баласту, укладання рейок, регулювання стикових зазорів, виправка колії, очищення водовідвідних споруд тощо.

До основних небезпечних та шкідливих факторів під час виконання робіт належать:

- контакт із токсичними речовинами, підвищена температура повітря, робота зі зварювальним обладнанням;
- загроза травмування під час вантажно-розвантажувальних операцій;
- небезпека наїзду рухомого складу та вплив вантажопідіймальних механізмів, гідрообладнання, електроінструменту;
- високе фізичне навантаження через масивність інструментів і механізмів;
- робота в умовах обмеженого габариту, поганої видимості або вночі;
- небезпека ураження електричним струмом при обслуговуванні контактної мережі;
- вплив погодних умов, особливо у зимовий період (слизьке

міжколійя, снігові замети, низька температура).

Вимоги безпеки при роботі з технікою:

– Під час роботи щибенеочищувальних машин заборонено перебувати ближче ніж 5 м попереду чи позаду робочих органів (центрифужного типу) і 3 м (вигрібного типу).

– Під час використання машин RM-80 персонал має бути забезпечений захисними касками, респіраторами та окулярами.

– При роботі електробаластера заборонено перебування працівників ближче ніж 5 м від найближчої рейки; при проходженні поїзда роботу припиняють.

– При роботі колійного струга заборонено перебувати ближче 10 м від робочих елементів, а також — між незакріпленими ланками рейок.

При роботі з машиною ВПР-02 необхідно:

– перевіряти закріплення обладнання;

– використовувати захисні кожухи та протишумові навушники;

– не перебувати ближче 1 м до робочих органів або ближче 5 м до машини з боку сусідньої колії.

– Згідно з НПАОП 63.21-1.25-07, під час роботи з хопер-дозаторами забороняється:

– перебувати в кузові чи біля відкритих люків;

– перебувати в зоні підйому/опускання дозаторів;

– виконувати регулювання механізмів під час подачі повітря в систему.

Під час проведення робіт на залізничних коліях керівник робіт зобов'язаний: визначити безпечне місце збоку від колії для відходу працівників при наближенні рухомого складу; контролювати, щоб у зоні виконання робіт не перебували сторонні особи; забезпечити наявність сигнального наглядача у разі виконання робіт поблизу діючих колій.

До експлуатації допускаються лише ті машини та механізми, що:

пройшли огляд та випробування у встановленому порядку; укомплектовані відповідно до інструкцій заводу-виробника, включаючи засоби захисту, запобіжні пристрої, технічну документацію.

4.2 Захист навколишнього середовища

Під час виконання робіт з реконструкції залізничної дільниці Сарни – Ковель особливу увагу необхідно приділяти питанням екологічної безпеки та мінімізації впливу на навколишнє природне середовище. Відповідно до вимог Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», під час будівництва, реконструкції та експлуатації транспортних об'єктів має забезпечуватись дотримання екологічних нормативів та природоохоронного законодавства.

Реконструкція залізничної інфраструктури може супроводжуватись такими потенційними негативними впливами:

- забруднення атмосферного повітря викидами дизельних двигунів будівельної техніки та тепловозів;
- забруднення ґрунту та водного середовища паливно-мастильними матеріалами;
- шумове навантаження на прилеглі населені пункти під час виконання будівельно-монтажних робіт;
- механічне порушення ґрунтового покриву та зелених насаджень у зоні робіт;
- порушення гідрологічного режиму у разі втручання в дренажні системи.

Для мінімізації екологічного навантаження передбачаються наступні організаційно-технічні заходи:

- використання справної техніки з нормованими викидами та встановленням фільтрувальних пристроїв;
- дотримання регламентів заправки техніки на спеціально обладнаних майданчиках з герметичним покриттям;

- збирання та утилізація будівельного сміття, шпал і відпрацьованого баласту відповідно до санітарних норм;
- виконання робіт переважно у денний час для зниження шумового навантаження;
- контроль за збереженням зелених зон та при необхідності – їх компенсаційне відновлення;
- встановлення систем тимчасового відведення стічних вод і захисту водойм від забруднення;
- попереднє проходження проєкту через процедуру оцінки впливу на довкілля (ОВД) відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля».

Всі роботи повинні виконуватись із дотриманням державних екологічних стандартів та з урахуванням положень ДБН А.2.2-1:2017, ДСТУ ISO 14001, а також відповідних вказівок Укрзалізниці щодо екологічної безпеки залізничного транспорту.

ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Проведений аналіз технічного стану залізничної дільниці Чарторийськ – Сарни виявив низку факторів, що обмежують швидкість руху та знижують ефективність експлуатації. Встановлено, що 11 % траси припадає на криві ділянки, частина з яких потребує реконструкції через невідповідність геометричних параметрів.

2. Виконано тягові розрахунки із використанням MoveRW для вантажного та пасажирського поїздів. Результати показали незначну різницю у часі руху, середній швидкості та витратах пального в парному та непарному напрямках, що свідчить про збалансованість профілю траси.

3. При розрахунку виправки кривої методом кутових діаграм було встановлено, що збільшення радіуса з 1010 м до 1119 м дозволяє зменшити максимальний зсув з 0,144 м до 0,092 м, що підвищує точність реконструкції та знижує обсяг земляних робіт. Оптимальним рішенням для проектної кривої рекомендовано прийняти радіус $R_2 = 1119$ м.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Курган, М.Б., Курган, Д.М., Байдак, С.Ю., та Хмелевська, Н.П. (2018). Дослідження параметрів залізничної колії на плані на основі різних методів дослідження. *Наука і транспортний прогрес*, (2(74)), 77–86. <https://doi.org/10.15802/stp2018/129585>
2. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. Норми проектування. ДБН В.2.3-19:2018. – К.: Мінрегіон, 2018. - 126 с.
3. Наказ «Про встановлення допустимих швидкостей руху поїздів на Львівській залізниці» № 188/Н: [Текст] / затв. начальник залізниці / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – О., 2022. – 112 с.
4. Курган М. Б., Хмелевська Н. П. Дистанційний курс. Системи автоматизованого проектування <https://lider.ust.edu.ua/course/view.php?id=485>
5. Курган М. Б., Хмелевська Н. П. Дистанційний курс. Проектування залізниць (розділ «Реконструкція одноколіїної залізниці» <https://lider.diit.edu.ua/course/view.php?id=487>
6. ЦП-0269:2012. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. — Затверджено наказом Укрзалізниці від 01.03.2012 № 072-Ц. — К.: Укрзалізниця, 2012. — 395 с.
7. Курган М.Б., Хмелевська Н.П., Гусак М.А. Методи зйомки та виправки кривих в плані. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування для студентів спец. 273 «Залізничний транспорт» за ОП «Залізничні споруди та колійне господарство». – Д. ДНУЗТ, 2019.
8. Проектування реконструкції поздовжнього профілю. Методичні вказівки до курсового і дипломного проектування [Текст]: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім акад. В Лазаряна. Укл./ М. Б Курган, О. В Гоц, Д. М Курган – Д.: 2005 – 25 с.
9. Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих [Текст] / А. М. Орловський, О. М. Патласов, В.

В. Циганенко, Л. Я. Воробейчик, В. І. Климов, М. Б. Курган (ЦП-0236) – Дніпропетровськ: Арт-Прес, 2011. –52 с.

10. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України / Е.І. Даніленко, А.М. Орловський, М.Б. Курган та інші (ЦП-0269). К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс, 2012. 456 с.

ДОДАТКИ