

**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:** Реконструкція поздовжнього профілю ділянки залізниці для підвищення безпеки й плавності руху поїздів

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

**Виконав:** студент групи: КГ 22140  
В'ячеслав ГАНУСОВ  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)  
\_\_\_\_\_ (підпис студента)

**Керівник:** Професор Микола КУРГАН  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)  
\_\_\_\_\_ (підпис)

**Нормоконтролер:** Доцент Сергій БАЙДАК  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)  
\_\_\_\_\_ (підпис)

**Консультант:** Асистент Неля ХМЕЛЕВСЬКА  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)  
\_\_\_\_\_ (підпис)

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:** Reconstruction of the longitudinal profile of the railway section to improve safety and smooth train movement

---

**according to educational curriculum** Railway constructions and track management

**in the Speciality:** 273 Railway transport

---

(speciality and its code )

**Done by the student** of the group: KG 22140 / Vyacheslav GANUSOV/

(name, surname)

**Scientific Supervisor:** / Professor Mykola KURHAN/

(position, name, surname)

**Normative controller:** / Associate Professor Sergiy Baidak/

(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 ТЮТКІН  
(підпис)  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу \_\_\_\_\_ бакалавр  
(ступінь вищої освіти)

студенту Ганусову В'ячеславу Дмитровичу

**1. Тема роботи:** Реконструкція поздовжнього профілю ділянки залізниці для підвищення безпеки й плавності руху поїздів

**Керівник роботи:** Курган Микола Борисович, професор, доктор технічних наук

Затверджена наказом від 03.03.2025 р. № 328 ст

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

**3. Вихідні дані до роботи:**

Район проектування – Волинська та Рівненська області	Довжина приймально-відправних колій – 850 м
Початковий пункт – Коростень	Система СЦБ - АБ
Кінцевий пункт – Тетерів	Верхня будова колії:
Довжина лінії, км – 76	Тип рейок – Р65, безстикова колія
Керівний ухил, ‰ – 9	Тип шпал – залізобетонні
Кількість головних колій – 2	Маса поїзда, тонн:
Вид тяги – електрична	Вантажного 4000/3600, пасажирського – 1000
Рухомий склад – ВЛ80, ЧС8	Ширина земляного полотна – 11,0 м
Перспективні розміри перевезень:	25/20 млн ткм/км

**4. Зміст пояснювальної записки:**

**1 Аналітична частина**

- 1.1 Вимоги і норми проектування при реконструкції залізниць
- 1.2 Актуальність дослідження. Мета роботи.

<b>2 Основна частина</b>			
2.1 Технічна характеристика напрямку Коростень –Тетерів			
2.2 Визначення допустимих швидкостей руху поїздів у кривих			
2.3 Виконання тягових розрахунків. Характеристика програми MoveRW			
2.4 Результати тягових розрахунків			
<b>3 Економічна частина</b>			
3.1 Вплив параметрів поздовжнього профілю на безпеку руху поїздів			
3.2 Вплив параметрів поздовжнього профілю на плавність руху			
3.3 Проектування реконструкції поздовжнього профілю.			
<b>4 Охорона праці та захист навколишнього середовища</b>			
4.1 Охорона праці при виправленні поздовжнього профілю залізниці			
4.2 Захист навколишнього середовища			
<b>6. Консультанти розділів роботи:</b>			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис, дата)	Завдання прийняв: (підпис, дата)
1	Курган М. Б., професор		
2	Хмелевська Н.П., асистент		
3, 4	Курган М. Б., професор		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відсотки
1	Вимоги і норми проектування при реконструкції залізниць. Актуальність і мета роботи	28.03.2025	20
2	Технічна характеристика напрямку Коростень-Тетерів. Визначення допустимих швидкостей руху поїздів у кривих/ Виконання тягових розрахунків для пасажирського й вантажного руху.	18.04.2025	25
3	Виправлення існуючого поздовжнього профілю з використанням програми в Excel для підвищення безпеки й плавності руху поїздів	16.05.2025	25
4	Охорона праці та захист навколишнього середовища	06.06.2025	20
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	13.06.2025	10
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	За графіком ЕК	100

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

**В'ячеслав ГАНУСОВ**

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Микола КУРГАН**

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:  
(рівень освіти)

44 с., 20 рис., 6 табл., 2 додатки, 9 джерел.

**Метою роботи** є розробка рекомендацій щодо реконструкції поздовжнього профілю ділянки залізниці Коростень-Тетерів, спрямованих на підвищення безпеки й плавності руху поїздів.

**Об'єктом дослідження** є процес реконструкції поздовжнього профілю ділянки залізниці Коростень – Київ.

**Предметом дослідження** є інноваційні підходи та технічні рішення щодо реконструкції поздовжнього профілю залізничної колії, спрямовані на підвищення безпеки й плавності руху поїздів.

**Методи досліджень.** У роботі використовувались статистичний аналіз, дані з рейко-шпало-баластової карти і результати обслідування дистанції колії для визначення параметрів плану й поздовжнього профілю. Обробка даних виконувалась із застосуванням програми Microsoft Excel, а тягові розрахунки з використанням програмою MoveRW.

**Одержані результати.** Практичне значення дослідження полягає у можливості використання розроблених рекомендацій при проектуванні та виконанні робіт з реконструкції поздовжнього профілю ділянки залізниці Коростень – Тетерів, що сприятиме підвищенню безпеки руху, зниженню експлуатаційних витрат та покращенню якості пасажирських перевезень.

**Ключові слова:** ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ, ПОЗДОВЖНІЙ ПРОФІЛЬ, ПЛАН ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ, ШВИДКІСТЬ РУХУ, БЕЗПЕКА РУХУ, ПЛАВНІСТЬ РУХУ, ЧАС РУХУ, ВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>8</b>
1.1 Вимоги та норми проектування при реконструкції залізниць .....	8
1.2 Актуальність дослідження. Мета роботи. ....	12
<b>2 ОСНОВНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>14</b>
2.1 Технічна характеристика ділянки Коростень – Тетерів .....	14
2.2 Визначення допустимих швидкостей руху поїздів у кривих .....	17
2.3 Виконання тягових розрахунків. Характеристика програми MoveRW .....	20
2.4 Результати тягових розрахунків .....	24
<b>3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>27</b>
3.1 Вплив параметрів поздовжнього профілю на безпеку руху поїздів.....	27
3.2 Вплив параметрів поздовжнього профілю на плавність руху .....	28
3.3 Проектування реконструкції поздовжнього профілю.....	29
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b> .....	<b>37</b>
4.1 Охорона праці при виправленні поздовжнього профілю залізниці .....	37
4.2 Захист навколишнього середовища при реконструкції поздовжнього профілю залізниці .....	39
<b>ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ</b> .....	<b>41</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b> .....	<b>42</b>

## ВСТУП

Залізничний транспорт відіграє ключову роль у транспортній системі України, забезпечуючи перевезення пасажирів та вантажів на значні відстані. Одним із пріоритетних завдань розвитку залізничної галузі є підвищення безпеки та комфортності руху поїздів, що безпосередньо залежить від стану та геометрії залізничної колії.

Ділянка залізниці Коростень-тетерів є важливою складовою національної транспортної мережі, забезпечуючи інтенсивний рух пасажирських та вантажних поїздів. Зважаючи на значний термін експлуатації та природний знос інфраструктури, актуальним постає питання реконструкції окремих її елементів, зокрема поздовжнього профілю колії.

Поздовжній профіль залізничної колії, що являє собою вертикальну проекцію осі колії на площину, визначає величини ухилів та довжини елементів прямої та кривих ділянок у вертикальній площині. Недоліки в поздовжньому профілі, такі як круті ухили, різкі переломи, недостатні довжини перехідних кривих, можуть негативно впливати на динамічні показники рухомого складу, збільшувати знос колії та колісних пар, підвищувати ризик сходження поїздів з рейок та знижувати комфортність проїзду для пасажирів.

У зв'язку з цим, реконструкція поздовжнього профілю ділянки залізниці Коростень – Тетерів є важливим заходом, спрямованим на усунення існуючих недоліків, оптимізацію геометричних параметрів колії відповідно до сучасних вимог безпеки та плавності руху, а також підвищення ефективності експлуатації залізничного транспорту на даному напрямку.

Таким чином, тема кваліфікаційної дипломної роботи відображає сучасні тенденції і виклики у галузі залізничного транспорту, спрямовані на підвищення безпеки й плавності руху поїздів.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Вимоги та норми проектування при реконструкції залізниць

### 1.1.1 Загальні положення

Основні вимоги та норми проектування реконструкції поздовжнього профілю залізниць в Україні регулюються ДБН В.2.3-19:2018 «Залізниця колії 1520 мм. Норми проектування». Цей документ є основним і містить усі необхідні положення для проектування нових, реконструкції та капітального ремонту існуючих залізничних колій широкої колії (1520 мм).

При реконструкції поздовжнього профілю ділянки залізниці Коростень – Київ необхідно керуватися наступними основними вимогами та нормами, що містяться в цьому ДБН [1]:

– **Категорія лінії.** Визначається залежно від інтенсивності руху, вантажонапруженості та швидкостей руху поїздів (пасажирських, приміських, вантажних). Норми для поздовжнього профілю залежать від категорії лінії.

– **Швидкості руху.** Проект реконструкції повинен враховувати перспективні швидкості руху поїздів, у тому числі можливість впровадження швидкісного руху.

**Існуючий профіль.** При реконструкції необхідно враховувати існуючий поздовжній профіль та технічний стан земляного полотна і штучних споруд. За можливості, слід зберігати існуючий обмежувальний ухил.

### 1.1.2 Елементи поздовжнього профілю

**Прямі ділянки.** Повинні бути достатньої довжини для забезпечення розгону та гальмування поїздів.

Прямі і криві ділянки колії, а також суміжні кругові криві різних радіусів треба сполучати за допомогою перехідних кривих [1, п. 6.21]. На лініях II категорії довжини перехідних кривих слід приймати за умови:

$$L \geq \frac{h \cdot V_{\max}}{100}, \quad (1.1)$$

де  $V_{\max}$  – швидкість руху, км/год, найбільш швидкісного поїзда в даній кривій,

$h$  – підвищення зовнішньої рейки.

$$L \geq \frac{h \cdot V_{\max}}{125}, \quad (1.2)$$

**Максимальні ухили.** Нормуються залежно від категорії лінії та типу тяги. При реконструкції існуючих ліній допускаються відхилення за відповідним обґрунтуванням.

**Крутість ухилів:** Повинна забезпечувати безпеку руху з урахуванням гальмівних засобів поїздів. Ухили на станціях та роз'їздах обмежуються мінімальними значеннями для запобігання самовільному скочуванню вагонів.

**Вертикальні криві.** Радіуси вертикальних кривих (випуклих та увігнутих): Нормуються залежно від швидкостей руху та алгебраїчної різниці суміжних ухилів. Для швидкісного руху потрібні значно більші радіуси. Довжина вертикальних кривих повинна забезпечувати плавний перехід між елементами профілю.

Величина радіуса глобальної вертикальної кривої визначається за формулою

$$R_{\epsilon}^{\text{глоб}} = \frac{\Delta l}{\Delta i}, \quad (1.3)$$

де  $\Delta l$  – довжина елемента поздовжнього профілю; приймається 100...25 м ;

$\Delta i$  – алгебраїчна різниця ухилів 0...1,5 , що сполучаються.

Найменше значення  $\Delta l$  і найбільше значення  $\Delta i$  застосовуються в важких умовах.

Локальні вертикальні криві слід передбачати у випадках, коли алгебраїчна різниця ухилів, що сполучаються, більша  $\Delta i \geq \sqrt{\frac{80}{R_{\epsilon}^{\text{лок}}}}$ , тобто

$\Delta i \geq 2,0 \text{ ‰}$  при  $R_g^{лок} = 20$  км,  $\Delta i \geq 2,3 \text{ ‰}$  при  $R_g^{лок} = 15$  км,  $\Delta i \geq 2,8 \text{ ‰}$  при  $R_g^{лок} = 10$  км.

**Перехідні криві.** При сполученні прямих ділянок з вертикальними кривими необхідно передбачати перехідні ділянки для забезпечення плавної зміни вертикальних прискорень. Їх довжина залежить від швидкості руху та радіуса кривої.

**Алгебраїчна різниця ухилів.** Обмежується максимально допустимим значенням на стиках суміжних елементів профілю для запобігання різким змінам вертикальних прискорень.

**Довжина суміжних елементів.** Мінімальна довжина прямих та кривих ділянок профілю також нормується.

### 1.1.3 Додаткові вимоги при реконструкції залізниці

**Врахування існуючих штучних споруд.** Необхідно оцінити можливість використання існуючих мостів, шляхопроводів, тунелів та інших споруд з урахуванням нових вимог до поздовжнього профілю та навантажень. За необхідності передбачається їх реконструкція або заміна.

**Земляне полотно і верхня будова колії.** Повинно бути стійким та відповідати новим вимогам щодо ухилів та поперечних профілів. Може знадобитися його підсилення або перепрофілювання. Інформація щодо верхньої будови колії отримана з рейко-шпало-баластної карти дистанції колії №13 регіональної філії «Південно-Західна залізниця» (рис. 1.1). Головні колії в межах станцій, роз'їздів і обгінних пунктів укладаються рейками типу, який прийнято для головної колії суміжних перегонів.

Вид баласту і його товщину на головних коліях станцій, роз'їздів і обгінних пунктів слід приймати за нормами, установленними для перегонів. Товщина баластного шару під шпалою на станційних (крім головних) коліях приймається не менше 30 см на земляному полотні з глинистих ґрунтів, пісків дрібних і пилюватих і не менше 25 см на земляному полотні зі скельних, великоуламкових і пісків, за винятком дрібних і пилюватих. При використанні

щебеневого баласту на піщаній подушці товщина верхнього шару повинна бути не менша за 20 см і піщаної подушки – 15 см.

Стрілочні переводи повинні бути типу Р65 (УІС 60), марки не крутіше 1/11 із гнучкими гостряками і хрестовиною з безперервною поверхнею кочення. Гостряки, рамні рейки, вусовики, рухомі сердечники повинні бути термічнозміцнені [1, табл. 8.5].

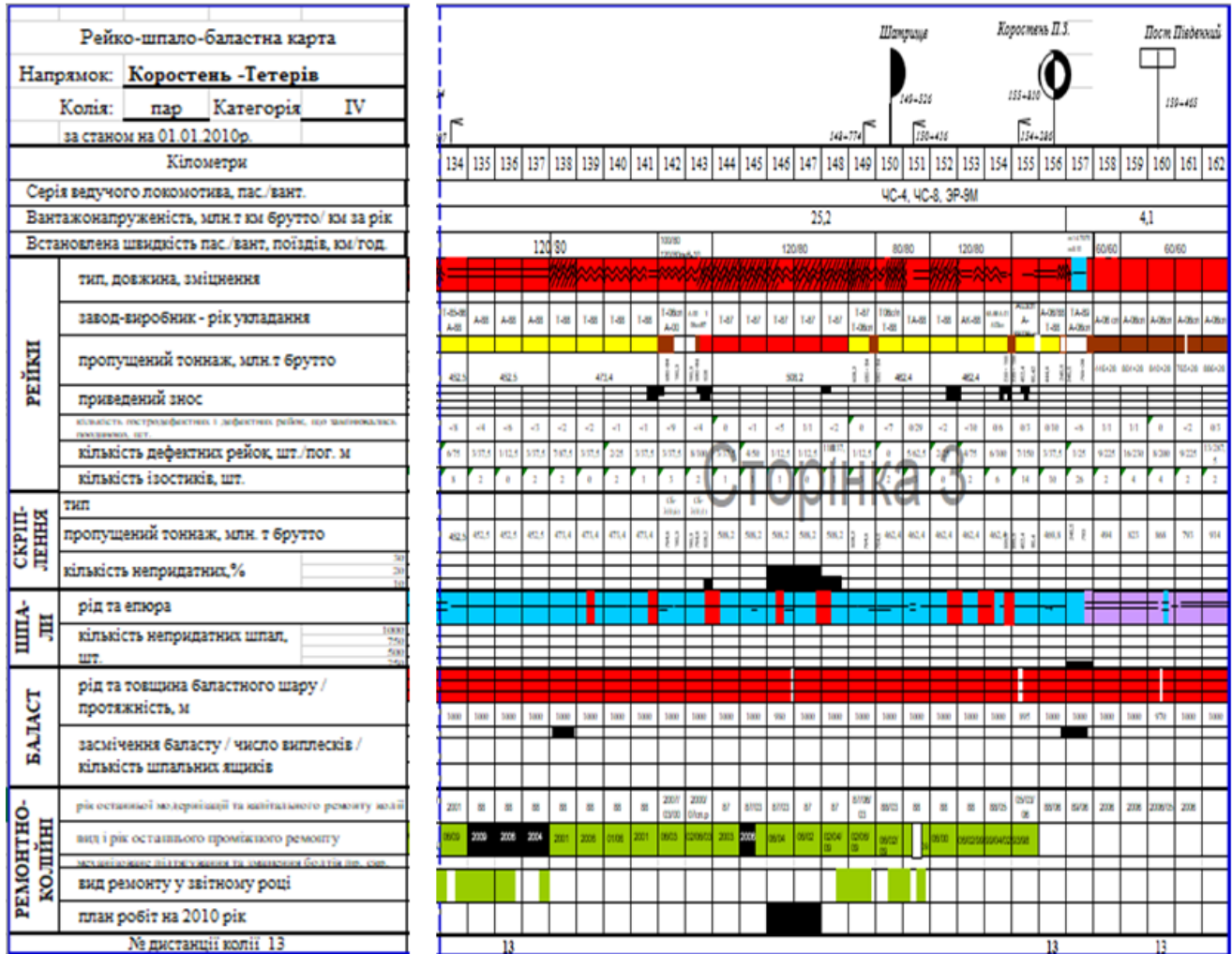


Рисунок 1.1 – Рейко-шпало-баластної карти (фрагмент)

**Водовідведення.** Ефективна система водовідведення є критично важливою для стабільності земляного полотна та колії. При реконструкції необхідно передбачити або покращити існуючу систему водовідведення.

Для проектування реконструкції продовжнього профілю ділянки Коростень – Тетерів для впровадження швидкісного руху поїздів необхідно:

- Визначити категорію лінії та перспективні швидкості руху.

- Провести детальне обстеження існуючого поздовжнього профілю та стану інфраструктури.
- Керуватися вимогами ДБН В.2.3-19:2018, особливо розділами, що стосуються елементів поздовжнього профілю та їх сполучення для відповідної категорії лінії та швидкостей руху.
- Застосовувати сучасні методи проєктування з використанням САПР для оптимізації проєктних рішень та врахування всіх обмежень.
- Проводити техніко-економічне обґрунтування різних варіантів реконструкції.

При проєктуванні реконструкції під швидкісний рух вимоги до параметрів поздовжнього профілю є значно жорсткішими, ніж для звичайного руху. Тому необхідно ретельно дотримуватися відповідних норм та застосовувати передовий світовий досвід у цій галузі.

## **1.2 Актуальність дослідження. Мета роботи.**

Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю підвищення рівня безпеки та комфортності руху поїздів на важливій залізничній ділянці Коростень – Тетерів шляхом впровадження сучасних підходів до реконструкції її поздовжнього профілю.

Метою дослідження є розробка рекомендацій щодо реконструкції поздовжнього профілю ділянки залізниці Коростень – Тетерів, спрямованих на підвищення безпеки й плавності руху поїздів.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення наступних завдань:

- Провести аналіз існуючого стану поздовжнього профілю ділянки залізниці Коростень – Тетерів.
- Виявити ділянки з невідповідностями нормативним вимогам та негативним впливом на безпеку й плавність руху.
- Дослідити сучасні методи та технології реконструкції поздовжнього профілю залізничних колій.

– Розробити варіанти реконструкції поздовжнього профілю ділянки Коростень-Тетерів з урахуванням техніко-економічних показників та вимог безпеки й плавності руху.

– Провести оцінку ефективності запропонованих варіантів реконструкції.

– Надати практичні рекомендації щодо впровадження раціонального варіанту реконструкції поздовжнього профілю досліджуваної ділянки.

Об'єктом дослідження є процес реконструкції поздовжнього профілю ділянки залізниці Коростень – Тетерів.

Предметом дослідження є інноваційні підходи та технічні рішення щодо реконструкції поздовжнього профілю залізничної колії, спрямовані на підвищення безпеки й плавності руху поїздів.

Практичне значення дослідження полягає у можливості використання розроблених рекомендацій при проєктуванні та виконанні робіт з реконструкції поздовжнього профілю ділянки залізниці Коростень – Тетерів, що сприятиме підвищенню безпеки руху, зниженню експлуатаційних витрат та покращенню якості пасажирських перевезень.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Технічна характеристика ділянки Коростень – Тетерів

Ділянка залізниці Коростень – Тетерів є важливою частиною транспортної мережі України, що з'єднує західну та центральну частини країни. Ця ділянка проходить через Житомирську область, поєднуючи міста Коростень та Тетерів, і є частиною більшої залізничної магістралі, що забезпечує рух вантажних та пасажирських поїздів (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Схема ділянки

Географічне положення ділянки залізниці Коростень – Тетерів визначає її важливість для транспортної системи України. Рівнинний рельєф, присутність лісів та річок створюють сприятливі умови для залізничного сполучення, водночас вимагаючи регулярного обслуговування та модернізації інфраструктури для забезпечення максимальної швидкості та безпеки руху.

Ділянка Коростень – Тетерів довжиною 76 км розташована переважно на території Житомирської області в межах Південно-Західної залізниці.

Ділянка двоколійна, електрифікована. У пасажирському русі обслуговується локомотивом ЧС-8 з масою рухомого складу 1000 т, у вантажному – ВЛ80 масою рухомого складу 4000/3600 т (непарний і парний напрямок відповідно), також розпочався рух електропоїздів Hyundai-Rotem

масою рухомого складу 460 т в напрямку Київ – Львів.

Реалізація високих швидкостей руху поїздів залежить насамперед від показників плану лінії. Мінімальний радіус кривої для існуючої ділянки  $R_{\min}=200$  м, а максимальний становить  $R_{\max}=5541$  м. На ділянці розташовані 43 криві. В таблиці 2.1 наведені дані щодо розподілу кривих за їхніми радіусами.

Таблиця 2.1 – Відомість розподілу кривих

Діапазон радіусів, м	Протяжність, м	Питома вага, %
200 – 400	164	0,2
400 – 800	4482	6,0
800 – 1200	2822	3,8
1200 – 1500	83	0,1
1500 – 2000	717	1,0
2000 – 5600	1140	1,5
прямі	65240	87,4

Для наочності на рисунку 2.2 наведена гістограма розподілу кривих різних радіусів відносно довжини кожної з ділянок, які досліджуються.



Рисунок 2.2 – Гістограма розподілу радіусів кривих

Швидкість руху 160 км/год може бути реалізована в кривих радіусом не менше 1500 м при мінімальній швидкості вантажних поїздів 60-65 км/год. Кількість таких кривих на ділянці становить близько 10% від загальної довжини ділянки.

До основних технічних характеристики залізниці відносяться ухили на поздовжньому профілі ділянки, їх максимальні та середні значення.

Таблиця 2.2 – Розподіл ухилів на ділянці Коростень – Тетерів

Діапазон ухилів,‰	Протяжність, м	Питома вага,‰
-10,0 ... - 8,0	1053	1,4
-8,0 ... - 6,0	2000	2,7
-6,0 ... - 4,0	4520	6,0
-4,0 ... - 2,0	6500	8,6
-2,0 ... 0,0	7970	10,6
0,0... 2,0	30374	40,3
2,0 ... 4,0	10750	14,3
4,0 ... 6,0	5500	7,3
6,0 ... 8,0	5355	7,1
8,0 ... 10,0	1200	1,6
10,0 ... 12,0	200	0,3

Аналіз поздовжнього профілю на ділянці Коростень – Тетерів показав, що в основному ухили знаходяться в діапазоні від 0 до 2‰. Їхня довжина складає 40,3%. Протяжність ухилів поздовжнього профілю приведена в таблиці 2.2.

Гістограма розподілу ухилів (спуски показані зі знаком мінус) представлена на рисунку 2.3. Найбільші ухили досягають 11,9 ‰.

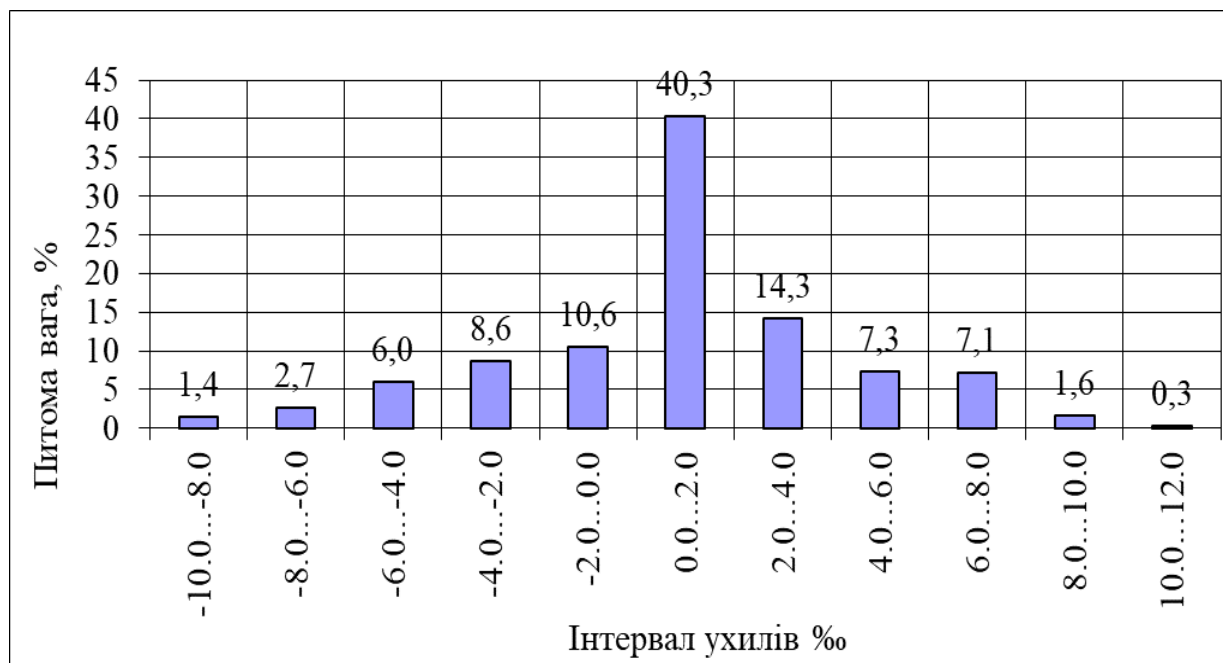


Рисунок 2.3 – Гістограма розподілення ухилів

Переважаючим елементом земляного полотна є насип. Найбільша висота насипу близько 12 м. Ширина основної площадки земляного полотна складає 11,0 м.

На ділянці розташовано 34 штучні споруди, із них 6 водопропускні труби, 24 малий міст і 4 великих.

На головній колії покладені рейки типу Р65 на залізобетонних шпалах із щебневим баластом, товщиною 35 см та піщаній подушці – 20 см, довжина приймально-відправних колій – 850 м.

## 2.2 Визначення допустимих швидкостей руху поїздів у кривих

Допустимі швидкості руху поїздів у кривих ділянках колії встановлюються за Правилами ЦП-0236 [2], виходячи з умови не перевищення норм допустимих непогашених прискорень при розрахункових параметрах колії, а також за умови забезпечення плавності ходу, безпеки руху і комфортабельності їзди пасажирів. За допустиму швидкість в експлуатації приймається найменша з урахуванням параметрів кривих, міцності колії та ін.

Одинокі криві. Допустима швидкість в кругових кривих, за умови не перевищення норм допустимих прискорень, визначається за формулою:

$$V = 3,6\sqrt{R([\alpha_{\text{нп}}] + 0,00613h)}, \quad (2.1)$$

Де  $R$  – радіус кривої, м;

$h$  – підвищення зовнішньої рейки, мм;

$[\alpha_{\text{нп}}]$  – допустиме прискорення для відповідних категорій поїздів,  $\text{м/с}^2$

Приклад розрахунку допустимих швидкостей в поодинокій кривій на ПК 95+428

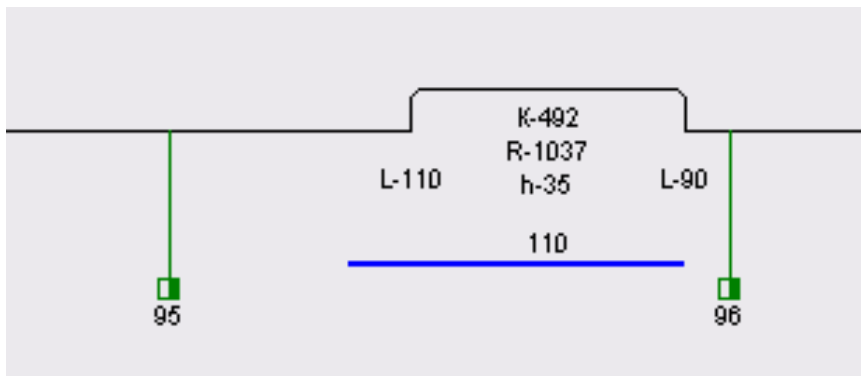


Рисунок 2.4 – Приклад поодинокій кривої

Для заданих параметрів кривої: радіус  $R=1037$  м, підвищення  $h=35$  м, довжини перехідних кривих  $l_1=110$  м і  $l_2=90$  м допустима швидкість руху:

$$V = 3,6\sqrt{1037([0,7] + 0,00613 \cdot 35)} = 110 \text{ км/год.}$$

Крім того, розрахована швидкість не повинна перевищувати допустиму швидкість по уклону відводу підвищення зовнішньої рейки. За допомогою програми RWPlan швидкість встановлюється на рівні 110 км/год.

Расчет возвышений и допустимой скорости

Средневзвешенная скорость на участке, км/ч

Допустимое непогашенное ускорение,  $\text{м/с}^2$   Допустимая скорость нарастания ускорения,  $\text{м/с}^3$   Допустимая скорость опускания колеса,  $\text{м/с}$

$h$  - возвышение наружного рельса, мм;  $i$  - уклон отвода возвышения в тысячных

Обозначения прилики ограничения скорости: НП - непогашенное ускорение;  $V_a$  - скорость нарастания ускорений;  $V_k$  - скорость опускания колеса. Далее для составных кривых:  $V_{aL2}$  - нарастание ускорений на соседних переходных;  $V_{aL1}$  - нарастание ускорений на одной из переходных; НП2 - непогашенное ускорение на соседних кривых;  $V_{aP1}$  - нарастание ускорений на правой вставке; НП5 - непогашенное ускорение на S-кривой;  $V_{aS}$  - нарастание ускорений на S-кривой;  $V_{a2}$  - нарастание ускорений на односторонней кривой;  $V_{a\text{max}}$  - максимально допустимая на данной кривой;  $V_{гр}$  - минимальная скорость для грузовых поездов.

n	L	R	K	h	i	НП	$V_a$	$V_k$	$V_{aL2}$	$V_{aL1}$	НП2	$V_{aP1}$	НП5	$V_{aS}$	$V_{a2}$	$V_{a\text{max}}$	$V_{гр}$
	110				0,3		153	160									
1		1037	492	35		110											110
	90				0,4		144	160									

## Рисунок 2.5 – Визначення допустимої швидкості на даній кривій

**Суміжні криві.** Під сполученням кривих слід розуміти дві близько розташовані криві, спрямовані в одну або різні сторони, між якими розташовується пряма вставка довжиною менше 25 м, чи без прямої вставки, розраховуються за формулами, чи графіками, що наведені в таблиці Д.1 «Розрахункові формули для визначення допустимих швидкостей руху по сполученнях кривих» [2].

*Приклад розрахунку допустимих швидкостей в суміжних кривих на ПК 152+847*

Швидкості руху, що допускаються по сполученнях кривих з прямими вставками довжиною до 25 м чи без прямих вставок, розраховуються за формулами, чи графіками, що приведені в таблиці Д.1 «Розрахункові формули для визначення допустимих швидкостей руху по сполученнях кривих» [2].

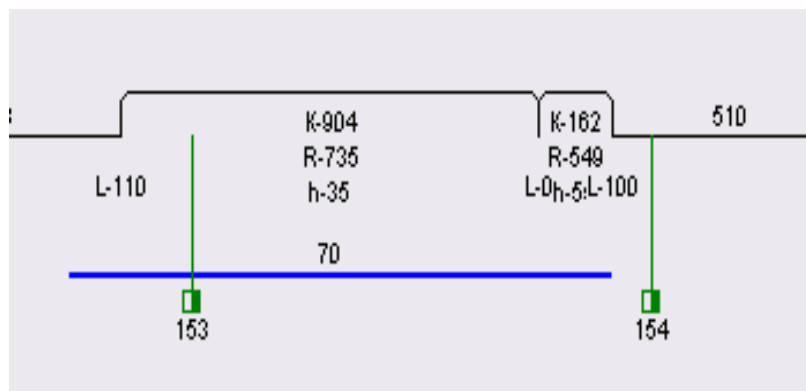


Рисунок 2.6 – Схема суміжних кривих і рівень допустимої швидкості руху по ним

Відповідно до Правил ЦП-0236 (таблиця Д.1, формула Д.7) [2] на рисунку 2.7 показано розрахунок швидкості у кривих та причина обмеження

Расчет возвышений и допустимой скорости

Средневзвешенная скорость на участке, км/ч

Допустимое непогашенное ускорение, м/с<sup>2</sup>  Допустимая скорость нарастания скорости, м/с<sup>3</sup>  Допустимая скорость опускания колеса, м/с

h - возвышение наружного рельса, мм; i - уклон отвода возвышения в тысячных  
 Обозначения привязи ограничения скоростей: НП - непогашенное ускорение; Va - скорость нарастания ускорений; Vк - скорость опускания колеса; Далее для составных кривых: VaL2 - нарастание ускорений на соседних переходных; VaL1 - нарастание ускорений на одной из переходных; НП2 - непогашенное ускорение на соседних кривых; VaП - нарастание ускорений на прямой вставке; НП3 - непогашенное ускорение на S-кривой; VaS - нарастание ускорений на S-кривой; Va2 - нарастание ускорений на одно-сторонних кривых; max - максимально-допустимая на данной кривой; Vгр - минимальная скорость для грузовых поездов.

n	L	R	K	h	i	НП	Va	Vк	VaL2	VaL1	НП2	VaП	НП3	VaS	Va2	max	Vгр
	110				0.3		136	160									
1		-735	904	35	**	93											72
	0							110			72						94
2		-549	162	55		85											85
	100				0.6		122	160									

Рисунок 2.7 – Визначення допустимої швидкості

Тягово-енергетичні показники включають в себе максимальну, середню та мінімальну швидкість, з якою поїзд може рухатися по ділянці залізниці.

### 2.3 Виконання тягових розрахунків. Характеристика програми MoveRW

Для виконання тягових розрахунків було використано спеціалізоване програмне забезпечення MoveRW (Move Railways), розроблене для аналізу та моделювання руху поїздів на залізничних лініях [3]. Програма дозволяє визначати допустиму швидкість в кривих, підвищення зовнішньої рейки й тягово-енергетичні показники.

Для виконання розрахунків і моделювання в програмі MoveRW необхідні різноманітні вихідні дані, які охоплюють характеристики інфраструктури, параметри рухомого складу, а також дані по профілю, плану й обмеження швидкості руху (рис. 2.8).

При підготованні вихідної інформації було використано докладний поздовжній профіль Тетерів – Коростень Південно-Західної залізниці.

Дані по профілю, плану і обмеженням починаються і закінчуються на відстані від осі станції, яка повинна забезпечувати розміщення половини поїзда. Сумарні довжини елементів по цим даним мають бути рівними.

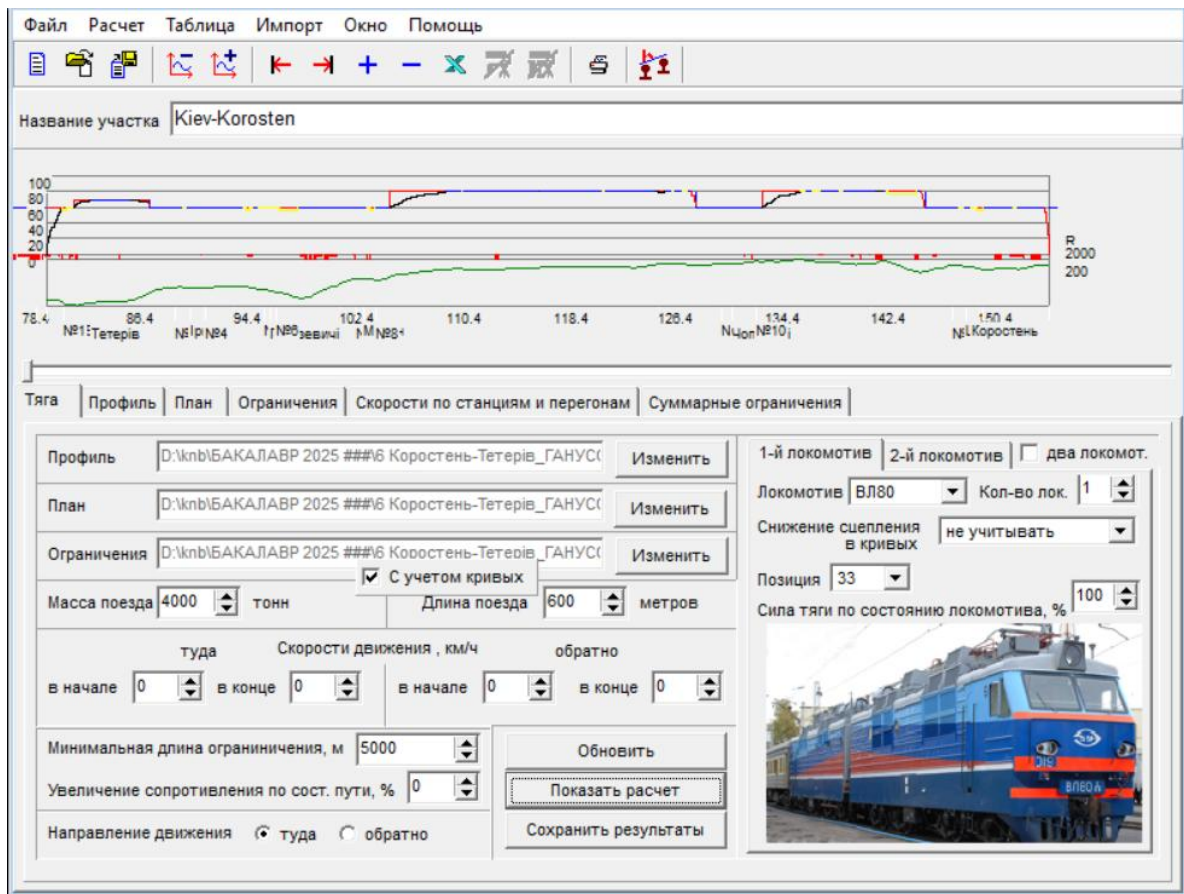


Рисунок 2.8 – Меню програми MoveRW

**Параметри поздовжнього профілю.** Дані по профілю можуть вводитися безпосередньо в самій програмі або їх створюють заздалегідь в текстовому редакторі у вигляді файлу з розширенням \*.prf.

Структура цього файлу наступна (рис. 2.9):

- у першому рядку записується найменування ділянки.
- у другому рядку через пробіл вводяться (кількість елементів профілю) (початкова відмітка профілю, м), (пікетаж початкової точки профілю у вигляді відстані в км від нульового стовпа.
- в третьому рядку и далі вводиться інформація про профіль у вигляді двох чисел через пробіл (ухил елемента профілю в тисячних, спуск із знаком мінус) (довжина елемента).

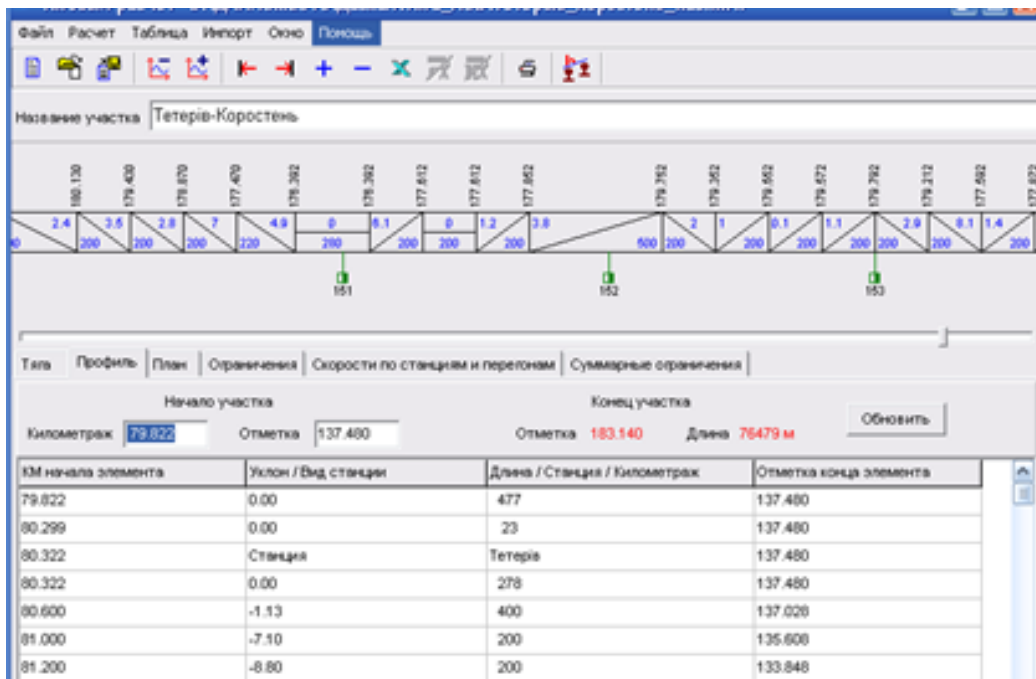


Рисунок 2.9 – Фрагмент позовжнього профілю

Для введення параметрів плану було використано дані з докладного позовжнього профілю. Приклад введення параметрів плану наведений на рисунку 2.10.

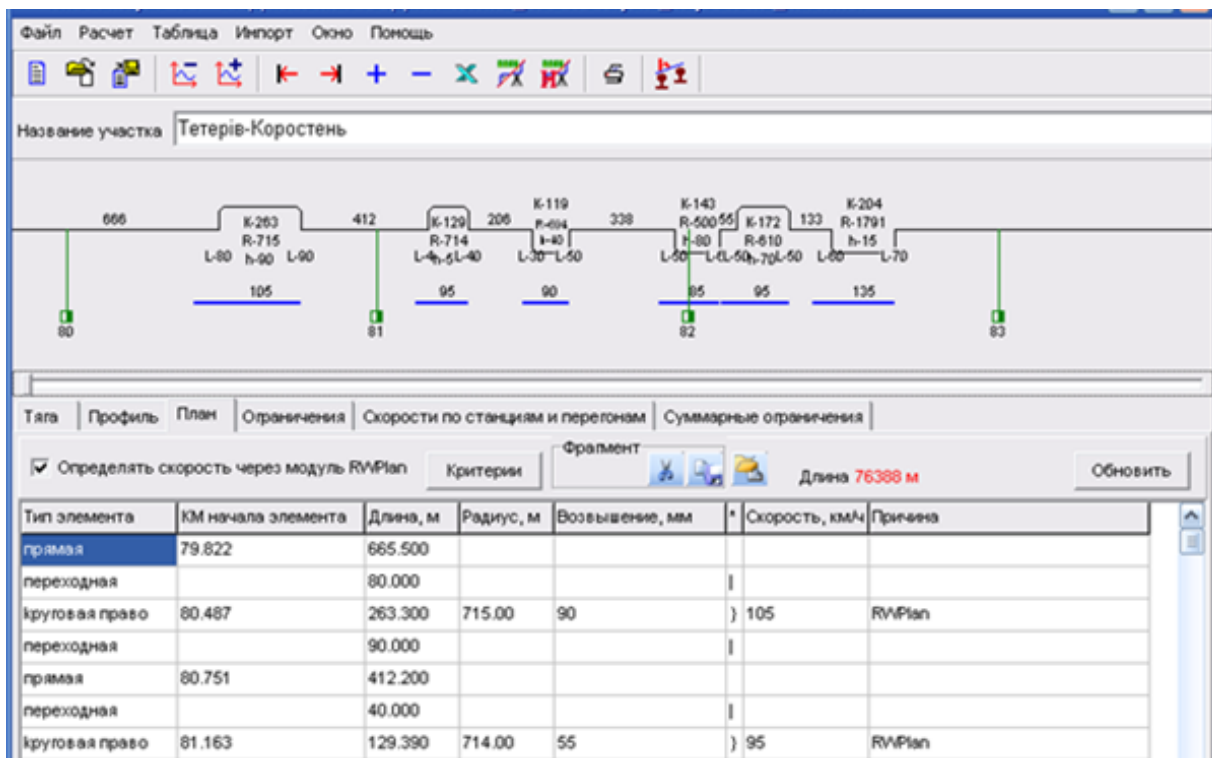


Рисунок 2.10 – Фрагмент плану лінії

Тягові розрахунки виконуються з врахуванням обмеження швидкості руху (рисунок 2.11). Необхідно задати допустиму швидкість руху окремо по кожному перегону і станції. Значення обмежень вводиться в табличній формі і являють собою ланцюжок елементів – довжина (у метрах) і максимально допустима швидкість (у км/год).



Рисунок 2.11 – Приклад розрахунку обмежень

Для виконання розрахунків необхідно задати дані про рухомий склад і тип локомотива. В умовах експлуатації використовується тягова характеристика локомотива  $F_k=f(V)$ . У таблиці 2.3 і на рис. 2.12 наведені відомості про локомотиви, які використовуються на ділянці Коростень – Тетерів в пасажирському й вантажному русі.

Таблиця 2.3 – Відомості про локомотив ЧС8 і ВЛ80

Показники	ЧС-8	ВЛ-80
Рід служби	пасажирський	вантажний
Конструкційна швидкість, км/год	160	110
Розрахунково-мінімальна швидкість, км/год	105	44,2
Маса локомотива, т	175	184
Осьова характеристика	3o-3o	2o(2o-2o)

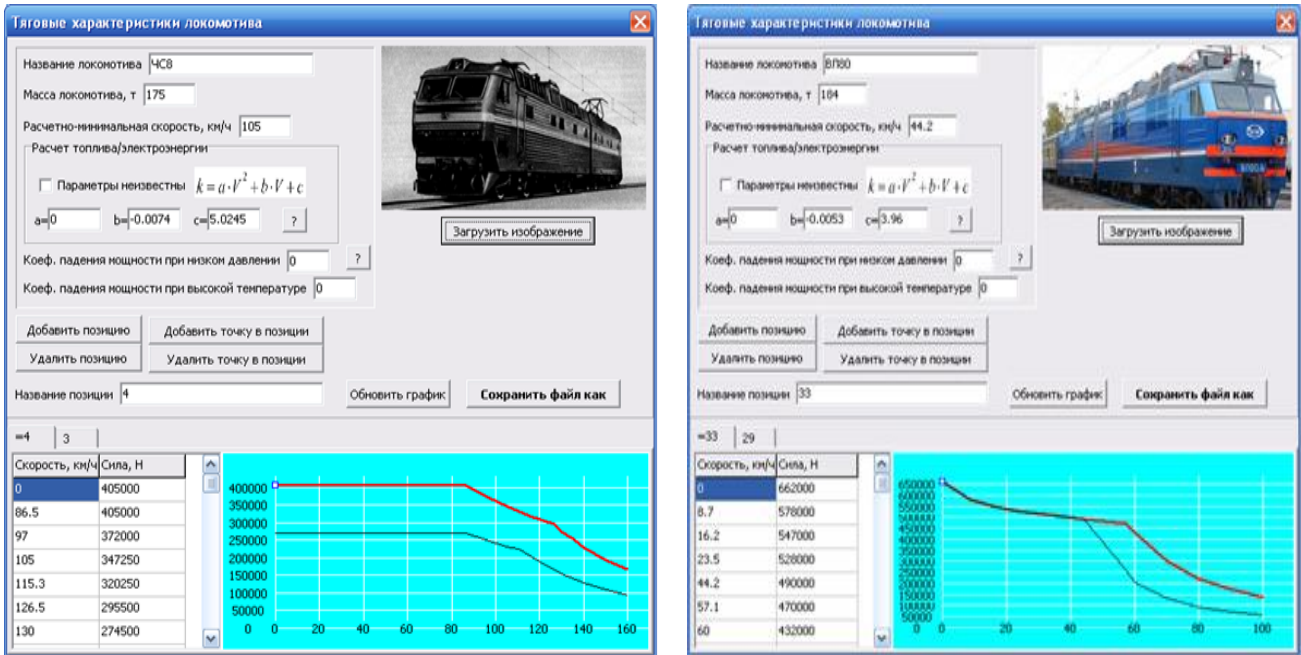


Рисунок 2.12 – Тягові характеристики електровозів

## 2.4 Результати тягових розрахунків

Після введення всіх даних програма створює текстовий файл результатів та видає графічне зображення кривої швидкості, обмежень та обрис профілю ділянки (рисунки 2.13, 2.14).

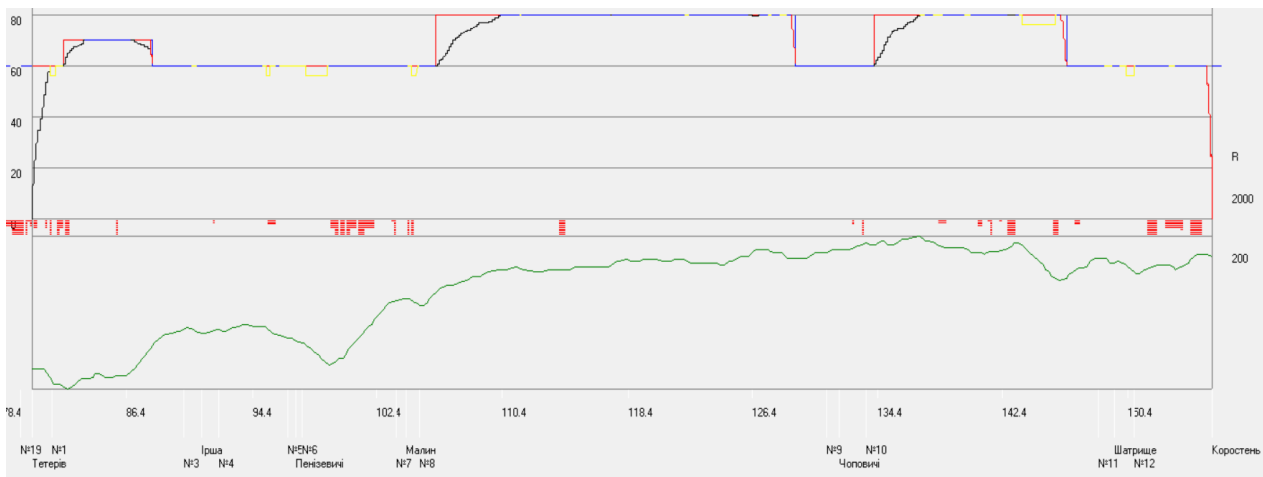


Рисунок 2.13 – Графічне зображення результатів розрахунків: парний напрямок (знизу вверху: поздовжній профіль, план лінії, крива швидкості руху)



Рисунок 2.14 – Графічне зображення результатів розрахунків: непарний напрямок (знизу вверх: поздовжній профіль, план лінії, крива швидкості руху)

При проведенні тягових розрахунків з використанням програми MoveRW було:

- визначено середню ходову швидкість по станціям і перегонам, яка в середньому складає 65 км/год;
- підраховано витрати електроенергії для пасажирського й вантажного рухомого складу;
- час руху по станціям і перегонам.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Результати тягових розрахунків також відображаються графічно. На рисунку 2.15 наведено фрагмент кривої швидкості та крива часу для пасажирського й вантажного руху в парному та непарному напрямках.

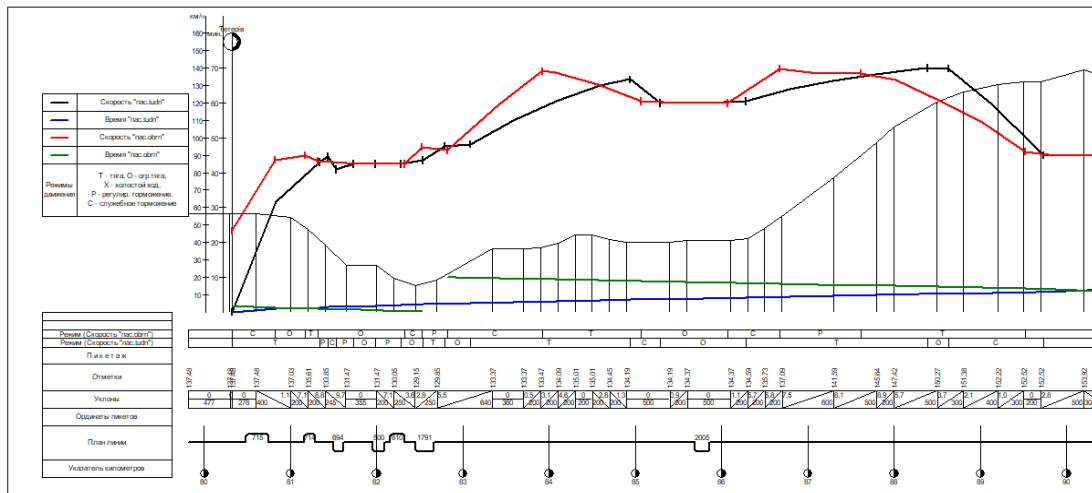


Рисунок 2.15 – Фрагмент кривої швидкості для пасажирського та вантажного руху

Таблиця 2.4 - Результати тягових розрахунків

Характеристика руху	Напрямок руху	V max, км/год	V <sub>ср</sub> , км/год	Витрати ел., кВт-год	Мех робота ткм	Работа гальм ткм	Час руху, хв.
Вантажний	на Коростень	80	67	3738,6	1036,9	268,2	68,1
	на Тетерів	80	65	2779,8	773,2	377,8	69,0
Пасажирський	на Коростень	120	95	1988,5	465,1	145,0	47,0
	на Тетерів	120	95	1634,9	382,10	163,2	47,5

Результати тягових розрахунків показав, що середньохорова швидкість у вантажному русі становить 66 км/год в парному на непарному напрямках, а у пасажирському – 96 км/год. Час руху у вантажному русі становить 68,1 хв, а у пасажирському – 47,0 хв у парному та непарному напрямках.

Реконструкція поздовжнього профілю залізниці для підвищення безпеки й плавності руху – це комплекс інженерно-технічних заходів, спрямованих на оптимізацію ухилів і вертикальних кривих залізничної траси з метою зниження динамічних навантажень, покращення умов гальмування та прискорення, а також забезпечення більш комфортного та стабільного руху поїздів. Розробка ефективних та економічно обґрунтованих рішень у цій сфері є вкрай важливою для стабільності та майбутнього розвитку держави.

### **3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

#### **3.1 Вплив параметрів поздовжнього профілю на безпеку руху поїздів**

Параметри поздовжнього профілю ділянки залізниці мають безпосередній та значний вплив на безпеку й плавність руху поїздів. Розглянемо основні аспекти цього впливу.

На крутих спусках значно збільшується гальмівний шлях поїзда. Недостатня ефективність гальмівної системи може призвести до небезпечних ситуацій, особливо при виникненні перешкод або необхідності екстреного гальмування.

На крутих підйомах та спусках існує ризик самовільного скочування вагонів або поїзда при несправності гальм або неправильному закріпленні рухомого складу.

Часте та інтенсивне гальмування на крутих спусках призводить до підвищеного зносу гальмівних колодок та колісних пар, що може знизити ефективність гальмівної системи в критичний момент.

У місцях різкої зміни ухилу виникають значні вертикальні динамічні сили, що діють на колію та рухомий склад. Це може призвести до підвищеного зносу елементів колії, поломок вагонів та сходження їх з рейок, особливо на високих швидкостях або при великих навантаженнях.

Різкі зміни вертикальних прискорень можуть негативно впливати на стійкість поїзда, особливо при проходженні кривих ділянок, що збільшує ризик сходження з рейок.

Недостатня довжина елементів профілю призводить до частої зміни режиму ведення поїзда. Короткі ділянки з різними ухилами змушують машиніста часто змінювати режим роботи тягових двигунів та гальм, що може призвести до помилок та неоптимального керування поїздом, особливо в складних умовах.

Ускладнення автоматичного керування. Для систем автоматичного

ведення поїзда (АТО) часті зміни ухилів на коротких ділянках ускладнюють точне прогнозування та керування швидкістю, що може вплинути на безпеку.

### **3.2 Вплив параметрів поздовжнього профілю на плавність руху**

На ділянках із крутими підйомами швидкість руху поїзда може суттєво знижуватися, а на спусках – навпаки, зростати. Це спричиняє нерівномірність руху та зниження комфортності для пасажирів [5].

Для підтримання стабільної швидкості на профілях із значними ухилами машиніст змушений активно змінювати режими тяги та гальмування. Такі часті зміни призводять до виникнення поздовжніх ривків, що негативно позначається на плавності ходу.

У місцях різкої зміни ухилу виникають вертикальні коливання кузовів вагонів. Це не лише знижує комфорт пасажирів, а й створює додаткові динамічні навантаження на конструкції рухомого складу. Особливо помітні удари й поштовхи при різкій зміні вертикальних прискорень, що відчувається на стиках між вагонами.

Короткі елементи профілю, які мають різні ухили, спричиняють часті зміни вертикальних прискорень, що також створює дискомфорт для пасажирів. Підвіска вагонів зазвичай розрахована на певний діапазон дії вертикальних сил, тому часті та різкі зміни прискорень можуть знижувати її ефективність, погіршуючи плавність ходу.

У місцях з'єднання елементів профілю з різними ухилами проєктуються вертикальні криві. Якщо їхні радіуси недостатні, виникає різка зміна прискорень, що також негативно впливає на динаміку руху.

Таким чином, для забезпечення високої якості руху поїздів необхідна оптимізація параметрів поздовжнього профілю. Це передбачає зменшення крутизни ухилів, згладжування переломів профілю, збільшення довжини окремих елементів і впровадження вертикальних кривих із достатніми радіусами. Такі заходи є особливо важливими при модернізації залізничної інфраструктури для організації швидкісного руху, де вимоги до стану колії

значно вищі.

### 3.3 Проектування реконструкції поздовжнього профілю

#### 3.3.1 Визначення відміток РГР

Проектування реконструкції поздовжнього профілю виконують після польових зйомок та обстеження ділянки залізниці. В результаті отримують відмітки існуючої головки рейки (*ІГР*), низу баластного шару (*НБШ*), товщину існуючого баласту та його тип, ширину основної площадки земляного полотна існуючої залізниці та тип верхньої будови колії [6].

Тип верхньої будови колії, який повинен бути на залізниці, що підлягає реконструкції, визначається за ДБН В.2.3-19:2018.

Якщо при реконструкції залізниці змінюється тип верхньої будови колії, чи товщина баластного шару, то необхідно на кожному пікеті підрахувати відмітку розрахункової головки рейки (*РГР*), рис. 3.1.

Лінія *РГР* є допоміжною і полегшує проектування профілю. Вона наноситься на утрируваний поздовжній профіль у вигляді штрих-пунктиру ( $M_e 1:10000$ ,  $M_s 1:100$ ) і показує, до яких відміток повинна бути піднята (чи опущена) існуюча головка рейки *ІГР* за умови доведення верхньої будови до проєктної потужності.

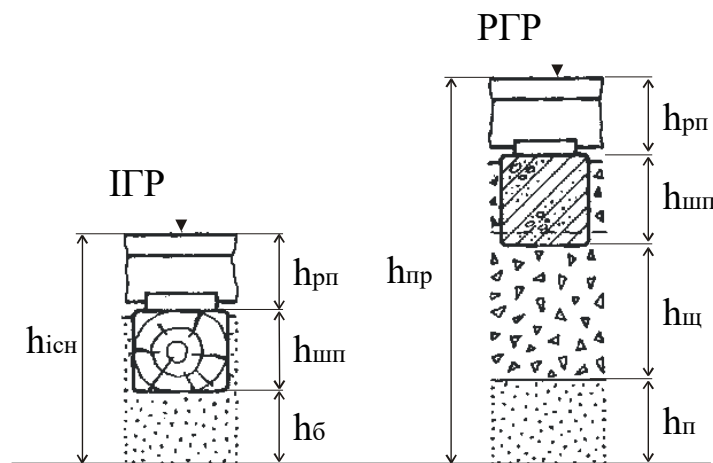


Рисунок 3.1 – Один з варіантів переходу від існуючої до розрахункової відмітки головки рейки

Виходячи з умови забезпечення мінімально необхідної ширини узбіччя, у складних місцях профілю додатково розраховуються відмітки  $RGP_{\max}$  (рис. 3.2).

$$RGP_{\max} = НБС + \frac{1}{n} \left( \frac{B_{\text{існ}} - b_{\text{пр}}}{2} - d_{\text{мін}} \right) + h_p, \quad (3.1)$$

де  $n$  – показник ухилу баластової призми;

$B_{\text{існ}}$  – ширина існуючої основної площадки земляного полотна;

$b_{\text{пр}}$  – ширина проектної баластової призми.

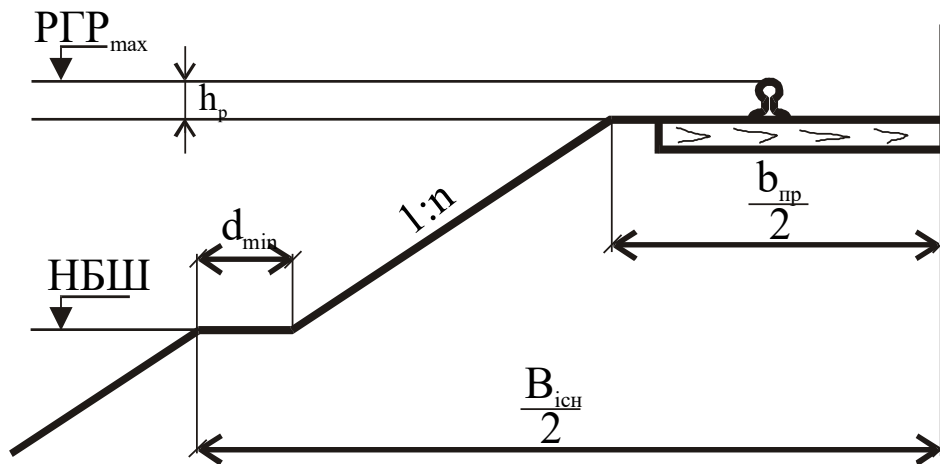


Рисунок 3.2 – Схема для визначення відмітки  $RGP_{\max}$

Товщина баластного шару ( $h_{\delta}$ ) визначається на етапі обслідування верхньої будови колії задається. Висота рейок і шпал приймається з довідника, або за табл. 3.1. Товщина баластового шару приймається відповідно до категорії залізничної колії [6].

Таблиця 3.1 – Висота рейок та шпал

Найменування	Позначення	Тип	Висота, м
<b>Рейки з підкладкою</b>	$h_{pn}$	Р 65	0,20
Шпали: дерев'яні/ залізобетонні	$h_{un}$	I	0,18
		Ш1-1, Ш1-3, СБ3-0	0,19-0,20

### 3.3.2 Нанесення лінії ПГР

Під час проектування поздовжнього профілю бажано забезпечити узгодженість між відмітками проектної (ПГР) та розрахункової (РГР) головок рейок. Найпростішим способом досягнення цього є прийняття однакових обрисів ліній ПГР та РГР. Однак фактичний поздовжній профіль існуючої залізниці зазвичай містить відхилення від правильної геометричної форми, яких необхідно уникати під час реконструкції. До таких недоліків належать, зокрема, недостатня довжина профільних елементів або надмірна алгебраїчна різниця між суміжними ухилами.

Усунення зазначених дефектів може призвести до того, що новий проєктований профіль і профіль існуючої колії опиняться на різних рівнях. Тому спочатку виконується коригування профілю наявної колії, після чого здійснюється проектування поздовжнього профілю другої колії [5].

При побудові проектної лінії дотримуються таких принципів:

- Проектування слід починати з опорних точок, зокрема великих і середніх мостів, високих насипів, глибоких виїмок та крутих ухилів.
- На мостах без баластного шару (з їздою по перекладинах) необхідно зберігати відмітки підосви рейок, навіть якщо для цього потрібно виконати зрізки земляного полотна на підходах до мосту.
- У разі підйому колії з улаштуванням баласту слід забезпечити мінімальну ширину узбіччя: не менше 0,40 м відповідно до ПТЕ та 0,50 м — згідно з ДБН В.2.3-19:2018.

Елементи проектної лінії підбираються графічно, орієнтуючись на контури лінії РГР, як зображено на рис. 3.3.

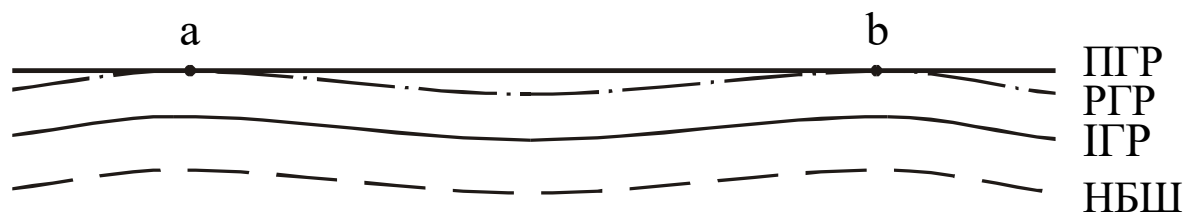


Рисунок 3.3 – Приклад нанесення проєктної лінії

За різницею відміток на відстані 1 км (що в масштабі становить 10 см), визначається крутизна ухилу з точністю до 0,1 ‰.

Після попереднього розташування елемента проєктної лінії встановлюються пікетажні значення точок зіткнення, в яких проєктна лінія (ПГР) дотикається до розрахункової (РГР). У цих точках відмітки проєктної лінії мають збігатися або бути трохи нижчими за відмітки розрахункової лінії — не більше ніж на 5 см, що відповідає неповному шару баласту (див. рис. 3.3).

У складних умовах рельєфу (таких як «ями», «горби», «уступи») доцільно застосовувати профіль із криволінійним обрисом, що дозволяє отримати більш прийнятні технічні рішення. Для цього підбираються параметри таким чином, щоб виконувалася умова  $R_e \geq [R_e]$ . У дужках вказані нормативно встановлені значення.

На відміну від проєктування нових ліній, при реконструкції допускається використання інерційних ухилів, величина яких обґрунтовується з урахуванням кінетичної енергії поїзда та розрахункової маси складу.

Якщо дотримано умову  $ПГР \geq РГР$ , то виконання земляних робіт (зрізки земляного полотна) не потрібне. У такому випадку відмітка РГР обмежує відмітку ПГР знизу. У певних точках поздовжнього профілю допускається незначне зниження відмітки  $\gamma$ , але за умови, що різниця  $РГР - ПГР \leq 0,05$  не перевищує 0,05 м, що також відповідає неповному баластному шару. Крім того, існує обмеження, яке регламентує максимальне значення ПГР згори (див. формулу 3.2).

Фактична ширина узбіччя на прямих ділянках колії визначається як

$$d_{фак} = \frac{B_{існ} - b_{пн}}{2} - h_{пр}^{бал} \cdot 1,5 - (ПГР - РГР) \cdot 1,5, \quad (3.2)$$

де  $h_{пр}^{бал}$  – висота баластової призми проектної колії.

Після нанесення проектної лінії на кожному пікеті та плюсовій точках визначаються величини підйомки (3.3) або зрізки (3.4):

$$\Delta h_{нід} = ПГР - ІГР - \Delta h, \quad (3.3)$$

$$\Delta h_{зр} = РГР - ПГР. \quad (3.4)$$

де  $\Delta h$  – різниця у висотах рейок і шпал проектної та існуючої верхньої будови колії.

Слід відмітити, що проектування поздовжнього профілю виконується з урахуванням плану лінії.

В дипломній роботі проектування реконструкції поздовжнього профілю виконано з використанням програми в Excel та AutoCad [4,5]. Вихідні дані (гр. 1-4) прийняті з докладного профілю. В таблиці 3.2 наведені існуючу та розрахункові дані поздовжнього профілю км 101 –106. Фрагмент профілю після розрахунків наведено на рис. 3.4.

Таблиця 3.2 – Існуючі й розрахункові дані поздовжнього профілю

ПК	h бал, м	ІГР, м	Існ%	$h_{ББК}^{існ}$	$h_{ББК}^{пр}$	РГР, м	Іпр%	ПГР, м	ПГР-РГР, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1010	0,19	28,04		0,54	0,99	28,49		28,49	
1011	0,2	27,2	-8,4	0,55		27,64	-7,8	27,71	7
1012	0,21	26,43	-7,7	0,56		26,86		26,93	7
1013	0,22	25,66	-7,7	0,57		26,08		26,15	7
1014	0,21	24,91	-7,5	0,56		25,34		25,37	3
1015	0,2	24,17	-7,4	0,55		24,61		24,59	-2
1016	0,19	23,91	-2,6	0,54		24,36	-1	24,49	13
1017	0,18	23,82	-0,9	0,53		24,28		24,39	11
1018	0,17	23,91	0,9	0,52		24,38	-0,3	24,36	-2
1019	0,18	23,88	-0,3	0,53		24,34		24,33	-1

1020	0,19	23,85	-0,3	0,54		24,3		24,3	0
1021	0,2	23,87	0,2	0,55		24,31		24,27	-4
1022	0,21	23,82	-0,5	0,56		24,25		24,24	-1
1023	0,22	23,75	-0,7	0,57		24,17		24,15	-2
1024	0,23	23,66	-0,9	0,58		24,07	-0,9	24,06	-1
1025	0,22	23,6	-0,6	0,57		24,02		23,97	-5
1026	0,23	23,21	-3,9	0,58		23,62		23,52	-10
1027	0,24	22,55	-6,6	0,59		22,95	-4,5	23,07	12
1028	0,22	22,16	-3,9	0,57		22,58		22,74	16
1029	0,21	22,03	-1,3	0,56		22,46	-3,3	22,41	-5
1030	0,22	21,95	-0,8	0,57		22,37		22,45	8
1031	0,21	22,09	1,4	0,56		22,52	0,4	22,49	-3
1032	0,2	22,15	0,6	0,55		22,59		22,72	13
1033	0,19	22,37	2,2	0,54		22,82	2,3	22,95	13
1034	0,2	22,69	3,2	0,55		23,13		23,05	-8
1035	0,21	23,07	3,8	0,56		23,5		23,15	
1036	0,2	23,23	1,6	0,55		23,67	1	23,25	
1037	0,19	23,23	0	0,54		23,68		23,25	
1038	0,18	23,23	0	0,53		23,69	0	23,25	
1039	0,19	22,88	-3,5	0,54		23,33		23,16	
1040	0,2	22,67	-2,1	0,55		23,11	-0,9	23,07	-4
1041	0,21	22,7	0,3	0,56		23,13	1,4	23,21	8
1042	0,22	22,76	0,6	0,57		23,18		23,35	17
1043	0,21	23,11	3,5	0,56		23,54		23,66	12
1044	0,2	23,53	4,2	0,55		23,97	3,1	23,97	0
1045	0,19	24,5	9,7	0,54		24,95		25,04	9
1046	0,2	25,56	10,6	0,55		26	10,7	26,11	11
1047	0,2	26,22	6,6	0,55		26,66		26,79	13
1048	0,21	27,04	8,2	0,56		27,47	6,8	27,47	0
1049	0,2	27,82	7,8	0,55		28,26		28,24	-2
1050	0,19	28,54	7,2	0,54		28,99		29,01	2
1051	0,18	29,22	6,8	0,53		29,68		29,78	10
1052	0,17	29,98	7,6	0,52		30,45	7,7	30,55	10
1053	0,18	30,81	8,3	0,53		31,27		31,32	5
1054	0,19	31,66	8,5	0,54		32,11		32,09	-2
1055	0,17	32,59	9,3	0,52		33,06		33,02	-4
1056	0,19	33,36	7,7	0,54		33,81	9,3	33,95	14
1057	0,2	34	6,4	0,55		34,44		34,48	4
1058	0,2	34,57	5,7	0,55		35,01	5,3	35,01	0
1059	0,21	35,31	7,4	0,56		35,74		35,69	-5
1060	0,21	35,8	4,9	0,55		36,24	6,8	36,37	13

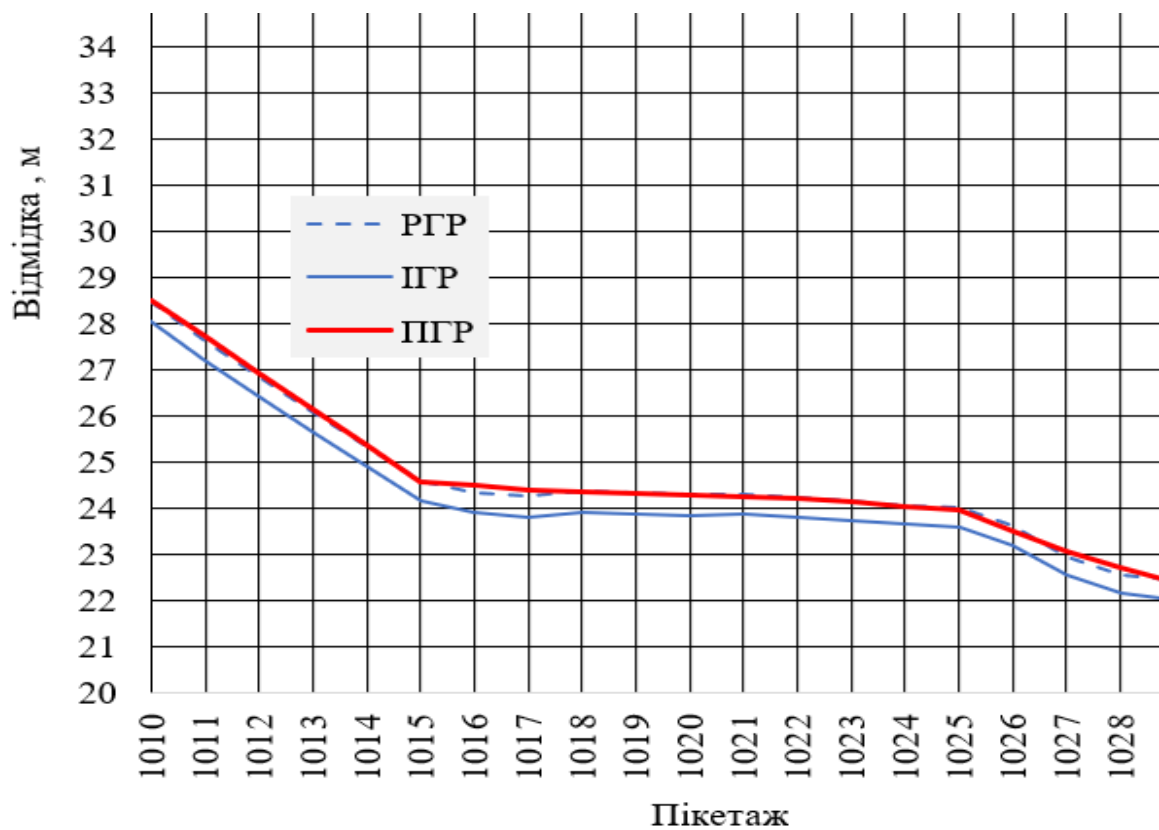


Рисунок 3.4 – Фрагмент реконструкції поздовжнього профілю

Суміжні елементи поздовжнього профілю слід сполучувати у вертикальній площині кривими радіусом  $R_v$ , км.

Коли різниця між ухилами  $\geq 2,3$  ‰, то тоді необхідно влаштовувати вертикальні криві.

Початок вертикальної кривої відкладаємо в кожну сторону від перелому профілю на величину  $T_v = \frac{R_v \cdot \Delta i}{2000}$ .

Вертикальний радіус приймається рівним:  $R_v = 15000$  м;

Відмітки проектної лінії, що потрапляють в межі вертикальної кривої, повинні бути виправлені на величину  $b = \frac{T_v^2}{2 \cdot R_v}$ , знак поправки залежить від характеру перелому: при увігнутому сполученні профілю знак плюс, при випуклому – знак мінус.

1) Вертикальна крива №1:

$$\Delta i = |-7,8 + 1| = 6,8\text{‰} \quad \epsilon = \frac{51^2}{2 \cdot 15000} = 0,09\text{м}$$

$$T_B = \frac{15000 \cdot 6,8}{2000} = 51\text{м} \quad H_{кр} = 24,59 - 0,09 = 24,50\text{м}$$

2) Вертикальна крива №2:

$$\Delta i = |-0,9 + 4,5| = 3,6\text{‰} \quad \epsilon = \frac{27^2}{2 \cdot 15000} = 0,02\text{м}$$

$$T_B = \frac{15000 \cdot 3,6}{2000} = 27\text{м} \quad H_{кр} = 23,97 - 0,02 = 23,95\text{м}$$

3) Вертикальна крива №3:

$$\Delta i = |-3,3 - 0,4| = 3,7\text{‰} \quad \epsilon = \frac{27,75^2}{2 \cdot 15000} = 0,03\text{м}$$

$$T_B = \frac{15000 \cdot 3,7}{2000} = 27,75\text{м} \quad H_{кр} = 22,41 + 0,03 = 22,44\text{м}$$

4) Вертикальна крива №4:

$$\Delta i = |-3,3 + 0,4| = 7\text{‰} \quad \epsilon = \frac{52,50^2}{2 \cdot 15000} = 0,09\text{м}$$

$$T_B = \frac{15000 \cdot 7}{2000} = 52,50\text{м} \quad H_{кр} = 23,97 + 0,02 = 23,99\text{м}$$

5) Вертикальна крива №5:

$$\Delta i = |10,6 - 6,8| = 3,8\text{‰} \quad \epsilon = \frac{28,50^2}{2 \cdot 15000} = 0,03\text{м}$$

$$T_B = \frac{15000 \cdot 3,8}{2000} = 28,50\text{м} \quad H_{кр} = 26,11 - 0,03 = 26,08\text{м}$$

6) Вертикальна крива №6:

$$\Delta i = |9,3 - 5,3| = 4\text{‰} \quad \epsilon = \frac{30^2}{2 \cdot 15000} = 0,03\text{м}$$

$$T_B = \frac{15000 \cdot 4}{2000} = 30\text{м} \quad H_{кр} = 33,95 - 0,03 = 33,92\text{м}$$

Реконструкція повздожнього профілю на ділянці км 101 –106 виконана відповідно до норм [1] і приведена в додатку В.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

### **4.1 Охорона праці при виправленні поздовжнього профілю залізниці**

Охорона праці та захист навколишнього середовища є ключовими аспектами при виконанні робіт з реконструкції (виправлення) поздовжнього профілю залізниці. Ці заходи спрямовані на забезпечення безпеки працівників, мінімізацію негативного впливу на екосистему та дотримання відповідних нормативних вимог.

Реконструкція поздовжнього профілю включає різноманітні будівельно-монтажні роботи, які пов'язані з підвищеними ризиками травмування. Основні заходи з охорони праці включають:

#### **Організаційно-технічні заходи:**

Розробка та затвердження Плану організації будівництва (ПОБ) та Проекту виконання робіт (ПВР). Ці документи повинні містити розділи з охорони праці, де детально прописуються безпечні методи виконання робіт, послідовність операцій, необхідні засоби захисту.

Оформлення нарядів-допусків. Для виконання робіт підвищеної небезпеки (робота на висоті, в охоронних зонах комунікацій, з важкою технікою тощо) обов'язково оформлюються наряди-допуски, що визначають відповідальних осіб, умови безпечного виконання та час проведення робіт.

Інструктажі з охорони праці. Проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів для всіх працівників, залучених до робіт, з урахуванням специфіки виконуваних завдань.

Навчання та перевірка знань з питань охорони праці. Працівники повинні проходити навчання з охорони праці відповідно до їхніх посадових обов'язків та видів виконуваних робіт, а також періодичну перевірку знань.

Призначення відповідальних осіб. На кожному етапі робіт повинні бути призначені відповідальні особи за безпечне виконання робіт та дотримання

вимог охорони праці.

Контроль за дотриманням вимог охорони праці. Регулярний контроль з боку керівників робіт, інженерів з охорони праці та представників профспілок за виконанням заходів безпеки.

Організація безпечного руху транспорту та будівельної техніки. Розробка схем руху, встановлення попереджувальних знаків, призначення сигнальників.

Організація робочих місць. Забезпечення достатнього освітлення, проходів, утримання робочих місць у чистоті та порядку.

Забезпечення санітарно-побутових умов. Облаштування місць для відпочинку, приймання їжі, питного режиму, надання першої медичної допомоги.

#### **Безпечна експлуатація машин та механізмів:**

- Допуск до роботи тільки справної та сертифікованої будівельної техніки.
- Проведення періодичних оглядів та технічного обслуговування машин і механізмів.
- Допуск до керування технікою тільки навченого та атестованого персоналу.
- Дотримання правил безпеки при роботі з землерийними машинами, колійними машинами, вантажопідйомними механізмами тощо.

#### **Забезпечення безпеки при виконанні окремих видів робіт:**

- Земляні роботи. Укріплення укосів котлованів та траншей, контроль за станом ґрунтів, запобігання обвалам.
- Роботи на колії. Дотримання габариту, огороження місць робіт, забезпечення видимості сигналів, узгодження робіт з рухом поїздів.
- Зварювальні роботи. Забезпечення пожежної безпеки, використання захисних екранів та засобів захисту органів зору та дихання.

– Роботи на висоті. Використання інвентарних риштувань, підмостків, запобіжних поясів, огорожень тощо.

#### **4.2 Захист навколишнього середовища при реконструкції поздовжнього профілю залізниці**

Будівельні роботи можуть мати значний негативний вплив на навколишнє середовище. Основні заходи щодо його захисту включають:

##### **Захист земельних ресурсів:**

– Мінімізація площі тимчасового відведення земель під будівельні майданчики та під'їзні шляхи.

– Зняття та збереження родючого шару ґрунту для подальшої рекультиваци порушених земель.

– Рекультиваци земель після завершення будівельних робіт (відновлення рослинного покриву, вирівнювання рельєфу).

– Запобігання забрудненню ґрунтів будівельними матеріалами, паливно-мастильними речовинами, відходами.

##### **Захист водних ресурсів:**

– Запобігання забрудненню поверхневих та підземних вод стічними водами, нафтопродуктами, будівельним сміттям.

– Облаштування тимчасових очисних споруд для збору та очищення стічних вод з будівельних майданчиків.

– Забезпечення належного стану водопропускних споруд.

– Контроль за якістю води у найближчих водних об'єктах.

##### **Захист атмосферного повітря:**

– Зменшення викидів пилу та шкідливих речовин від будівельної техніки та транспорту (регулярне технічне обслуговування, використання палива відповідної якості, обмеження швидкості руху).

– Застосування пилоподавлюючих заходів (зволоження будівельних майданчиків, використання захисних екранів).

– Контроль за викидами забруднюючих речовин.

### **Управління відходами:**

- Організація роздільного збору будівельних відходів (метал, бетон, деревина тощо) для їх подальшої переробки або утилізації.
- Забезпечення належного зберігання та вивезення відходів на спеціалізовані полігони.
- Запобігання несанкціонованому розміщенню відходів.

### **Захист біорізноманіття:**

- Максимальне збереження існуючої рослинності та тваринного світу на прилеглий території.
- Проведення компенсаційних заходів у разі неминучого знищення зелених насаджень (висадка нових дерев та кущів).
- Врахування періодів розмноження тварин при плануванні будівельних робіт.
- Запобігання шумовому впливу на фауну.

### **Зниження шумового та вібраційного впливу:**

- Застосування малошумної будівельної техніки.
- Встановлення шумозахисних екранів у разі необхідності.
- Обмеження часу проведення найбільш шумних робіт.

### **Екологічний контроль та моніторинг:**

- Проведення регулярного екологічного контролю за дотриманням природоохоронних вимог на всіх етапах робіт.
- Моніторинг стану навколишнього середовища (якість повітря, води, ґрунтів, рівень шуму та вібрації).

Дотримання цих заходів з охорони праці та захисту навколишнього середовища є обов'язковою умовою при реконструкції поздовжнього профілю залізниці та сприяє безпечному виконанню робіт, збереженню екосистеми та сталому розвитку транспортної інфраструктури.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Відповідно до завдання кваліфікаційної роботи було здійснено аналіз параметрів траси та технічного стану ділянки Коростень – Тетерів, що належить до регіональної філії «Південно-Західна залізниця». Для аналізу були використані поздовжній профіль, рейко-шпало-баластової карти, вагові норми, наказ про допустимі швидкості руху на ділянці. На основі проведеного аналізу встановлено, що ділянка залізниці двоколійна, електрифікована відноситься до II категорії за вантажонапруженістю. Існуюча максимальна швидкість встановлена на рівні 120 км/год. В перспективі після проведення реконструкції швидкість руху 160 км/год може бути реалізована в кривих радіусом не менше 1500 м при мінімальній швидкості вантажних поїздів 60-65 км/год. Кількість таких кривих становить близько 10% від загальної довжини ділянки. Найбільші ухили на поздовжньому профілі досягають 10-12 ‰, але їх на ділянці всього 0,3 ‰.

У кваліфікаційній роботі використано програму для тягових розрахунків MoveRW, що дало можливість визначити поперегинний час руху, середньоходову швидкість, витрати електроенергії. Проведене дослідження витрат часу і електроенергії на рух пасажирських і вантажних поїздів дозволяє зробити висновок, що після проведення комплексу реконструктивних заходів, в тому числі з реконструкції поздовжнього профілю залізниці, може бути реалізована максимальна швидкість до 140 км/год при забезпеченні безпеки й плавності руху поїздів.

Реконструкція поздовжнього профілю залізниці для підвищення безпеки й плавності руху – це комплекс інженерно-технічних заходів, спрямованих на оптимізацію ухилів і вертикальних кривих залізничної траси з метою зниження динамічних навантажень, покращення умов гальмування та прискорення, а також забезпечення більш комфортного та стабільного руху поїздів. Розробка ефективних та економічно обґрунтованих рішень у цій сфері є вкрай важливою для стабільності та майбутнього розвитку держави.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. Норми проектування. ДБН В.2.3-19:2018. – К.: Мінрегіон, 2018. - 126 с.

Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії : ЦП-0236: Затв. наказом Укрзалізничі від 14.12.2010 №778-Ц / М. Б. Курган, А. М. Орловський, О. М. Патласов, В. В. Циганенко, Д. М. Курган. – Київ, 2010. – 52 с.

Корженевич І. П. Знайомство з роботою програми MoveRW [Електронний ресурс] / І. П. Корженевич. – 2011. – 12 с. – Режим доступу: [http://www.brailsys.com/MoveRW\\_0.htm](http://www.brailsys.com/MoveRW_0.htm)

4. Хмелевська Н.П. Дистанцій курс «Системи автоматизованого проектування доріг»<https://lider.ust.edu.ua/course/view.php?id=485>

5. Курган М.Б. Дистанційний курс. Дисципліна «Проектування залізниць», І рівень ОС <https://lider.diit.edu.ua/course/view.php?id=487>

6. Курган М. Б., Гоц О. В., Курган Д. М. Проектування реконструкції поздовжнього профілю. Методичні вказівки до курсового і дипломного проектування. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2005. – 25 с.

7. Кірпа Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему [Текст]: Монографія. 2-ге вид., переробл. і допов. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 248 с.

8. Наказ «Про встановлення максимально допустимих швидкостей руху поїздів на дільницях колії «Південно-Західної залізниця» від 02.09.2021 № 188/Н: / затв. начальник залізничі / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – О., 2022. – 32 с.

9. Основні вимоги з охорони праці на залізничному транспорті: Навч. посібник / О.М. Даренський, С.В. Савченко, В.М. Сударський та ін.; Під заг. ред. В.І. Мороза. - Харків: УкрДАЗТ, 2010. - 227 с.

## **ДОДАТКИ**

