

**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 ділянки залізниці з дослідженням впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники

<b>за освітньою програмою:</b>	Залізничні споруди та колійне господарство
<b>зі спеціальності:</b>	<u>273</u> Залізничний транспорт (шифр і назва спеціальності)

**Виконав:**

студент групи: КГ 2111

Олександр МАР'ІН

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

**Керівник:**

Асистент Наталя ЛАПШЕВА

(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 a railway section with a study of the impact of maximum speed on traction and energy performance

**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

/ Oleksandr Mariin /

(name, surname)

**Scientific Supervisor:**

/ Natalia LAPSHEVA /

(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**

**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.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу \_\_\_\_\_ бакалавр

(ступінь вищої освіти)

студенту Мар'їну Олександрю Олександровичу

**Тема роботи:** Реконструкція ділянки залізниці з дослідженням впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники

**Керівник роботи:** Лапшева Наталя Миколаївна, асистент

Затверджена наказом від 03.03.2025 р. № 328 ст

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

**3. Вихідні дані:**

Район проектування – Дніпропетровська область	–	Довжина приймально-відправних колій – 850 м	
Початковий пункт – П'ятихатки		Система СЦБ - АБ	
Кінцевий пункт – Верхівцеве		Верхня будова колії:	
Довжина лінії, км – 49		Тип рейок – Р65	Баласт, см
Керівний ухил, ‰ – 9		Тип шпал – залізобет.	Щебінь/пісок – 35/20
Кількість головних колій – 2		Маса поїзда:	
Вид тяги – електрична		вантажного 5000/4600, швидкісного – 400 т	
Рухомий склад – ВЛ8, ДЕ1, ЧС7		Ширина земляного полотна – 11-12 м	

**4. Вантажонапруженість на 10-й рік експлуатації:** 10/10 млн ткм/км

**5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:**

**1 Аналітична частина**

1.1 Вимоги і норми проектування при реконструкції залізниці

1.2 Актуальність дослідження.

<b>2 Основна частина</b>			
2.1 Технічна характеристика ділянки П'ятихатки - Верхівцеве			
2.2 Виконання тягових розрахунків в програмі MoveRW			
2.3 Результати тягових розрахунків			
<b>3 Економічна частина</b>			
3.1 Встановлення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці			
3.2. Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками			
<b>4 Охорона праці та захист навколишнього середовища</b>			
4.1 Охорона праці під час виконання робіт з перебудови залізничної колії			
4.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на етапі реконструкції залізниці			
<b>5. Перелік графічного матеріалу:</b> Графіки залежності тягово-енергетичних показників від максимальної швидкості. Презентація на 12-15 слайдах			
<b>6. Консультанти розділів роботи:</b>			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав:	Завдання прийняв:
		(підпис, дата)	(підпис, дата)
1	Лапшева Н.М. асистент		
2	Хмелевська Н.П., асистент		
3, 4	Лапшева Н.М. асистент		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

1	Вимоги і норми проектування при реконструкції залізниці. Мета роботи	28.03.2025	20
2	Технічна характеристика ділянки П'ятихатки-Верхівцеве. Виконання тягових розрахунків. Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками	18.04.2025	20
3	Встановлення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці	16.05.2025	25
4	Охорона праці та захист навколишнього середовища на етапі реконструкції залізниці	06.06.2025	25
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	13.06.2025	10
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	<b>За графіком ЕК</b>	<b>100</b>

**Студент**

Олександр МАР'ІН

\_\_\_\_\_

(підпис)

**Керівник роботи**

Наталя ЛАПШЕВА

\_\_\_\_\_

(підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавр:

45 с., 17 рис., 6 табл., 2 додатки, 9 джерел.

**Метою роботи** є встановлення залежності між максимальною швидкістю руху поїздів і тягово-енергетичними показниками на реконструйованій ділянці залізниці.

**Об'єктом дослідження** є ділянка залізниці, що реконструюється.

**Предметом дослідження:** вплив максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники.

**Методи досліджень.** У роботі використовувались програмне модулювання тягових розрахунків з використанням програмою MoveRW та порівняльний аналіз отриманих результатів.

**Одержані результати.** Обґрунтування доцільного підвищення швидкості на конкретній ділянці та рекомендації щодо реконструкції колії з урахуванням тягово-енергетичних витрат.

**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. ....	11
<b>2 ОСНОВНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>14</b>
2.1 Технічна характеристика ділянки П'ятихатки – Верхівцеве .....	14
2.2 Виконання тягових розрахунків в програмі MoveRW .....	17
2.3 Результати тягових розрахунків.....	20
<b>3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>22</b>
3.1 Встановлення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці.....	22
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА</b> .....	<b>29</b>
4.1 Охорона праці під час виконання робіт з перебудови залізничної колії .....	29
4.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на етапі реконструкції залізниці .....	32
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>34</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b> .....	<b>35</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>36</b>

## ВСТУП

У сучасних умовах реформування та розвитку транспортної галузі України залізничний транспорт відіграє провідну роль у забезпеченні надійних та економічно вигідних перевезень вантажів і пасажирів. З огляду на це, питання підвищення ефективності залізничної інфраструктури набуває особливої актуальності, особливо в умовах обмежених ресурсів, необхідності відновлення пошкоджених ділянок та адаптації системи перевезень до нових викликів, зокрема у воєнний і післявоєнний періоди.

Одним із ефективних шляхів підвищення експлуатаційної ефективності є реконструкція окремих ділянок залізничної мережі з урахуванням зміни умов руху, передусім максимальної швидкості поїздів. Максимальна швидкість є важливим експлуатаційним параметром, що прямо впливає на час перевезення, витрати енергії, зношення інфраструктури та тягового рухомого складу.

Підвищення максимальної швидкості руху потребує комплексного аналізу: удосконалення плану і профілю колії, приведення кривих до нормативних значень, оцінки стану стрілочних переводів. У свою чергу, зміна режимів руху впливає на тягово-енергетичні показники локомотивів, такі як витрата пального або електроенергії, тривалість тягових і гальмівних режимів, коефіцієнт корисної дії тощо.

Таким чином, реконструкція ділянки залізниці з дослідженням впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники дозволяє не лише підвищити техніко-економічні показники перевезень, але й забезпечити раціональне використання енергоресурсів, зменшити знос інфраструктури та продовжити термін експлуатації рухомого складу. Отримані результати можуть бути використані при плануванні капітальних ремонтів, модернізації ділянок та впровадженні нових стандартів швидкісного руху.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Вимоги та норми проектування при реконструкції залізниць

Проектування реконструкції залізниць повинно нормуватись діючими документами. Основним документом, який регламентує перебудова плану та профілю залізниць, є «ДБН В.2.3-19-2018 Споруди транспорту. Залізничні колії 1520 мм» [1].

Ці норми поширюються на проектування залізниць колії 1520 мм нових залізничних ліній; додаткових головних колій; технічне переоснащення та реконструкцію існуючих; окремих споруд та пристроїв залізниць загальної мережі України.

Ділянка П'ятихатки-Стикова – Верхівцеве магістральна ділянка, тому проект реконструкції необхідно розробляти згідно з ДБН В.2.3-19-2018.

### 1.2.1 Визначення категорії лінії

Категорія залізничної лінії є ключовим показником, що характеризує її технічний рівень. Вона визначається з урахуванням таких факторів, як вантажонапруженість, інтенсивність руху поїздів та максимально допустима швидкість.

Від обраної категорії залежить конструкція верхньої будови колії, допустимі значення поздовжніх ухилів, радіусів кривих (кругових, вертикальних, перехідних), мінімальна довжина прямих вставок, а також розміщення роздільних пунктів – тобто всі ключові параметри інфраструктури сучасної залізниці.

На основі даних з таблиці 1 [1] можемо класифікувати лінію за кожним окремим критерієм:

- за максимальною швидкістю (120 км/год) лінія належить до III категорії;
- за вантажонапруженістю (63,5 млн ткм/км) – до II категорії;
- за кількістю поїздів на добу (46 пар) – також до III категорії;

Згідно з нормативними вимогами, остаточна категорія лінії визначається

за найвищим із показників, отже, лінія класифікується як II категорії.

### 1.2.2 Поздовжній профіль та план. Розташування роздільних пунктів

Поздовжній профіль залізниці – це графічне зображення вертикального розташування залізничної колії по всій її довжині, яке показує зміни висоти (відміток) полотна колії відносно умовного горизонту або рівня моря.

Відповідно до «ДБН В.2.3-19-2018 Споруди транспорту. Залізниці колії 1520 мм» [1] вимоги до поздовжнього профілю для II категорії наступні:

- максимальний ухил до 9 – 10‰;
- ухил при розвитку приймально-відправних колій на станціях не більше 2,5‰ (у виключних випадках — до 4‰, із заходами безпеки);
- довжина вертикальних кривих (габарит) – не менше 200–300 м;
- зміна ухилу (перепад між суміжними ухилами) – має бути плавною зі встановленням вертикальних кривих;
- розташування роздільних пунктів бажано на горизонтальних ділянках, або на ухилах не крутіше 1,5‰.

План залізниці — це горизонтальне зображення залізничної колії на місцевості у проекції зверху, яке відображає її траєкторію в плані, тобто повороти, прямі ділянки, розташування об'єктів інфраструктури та геометричні параметри траси.

Основні вимоги до плану залізниці: мінімальний радіус кривих на головних коліях від 600 м (у складних умовах – від 400 м); Мінімальна довжина прямої вставки між кривими не менше 50 м.

Значення найменшого радіуса кривих  $R_{min}$  при реконструкції головних колій, технічному переоснащенні існуючих залізниць необхідно встановлювати залежно від швидкостей руху, які передбачаються, пасажирських і вантажних поїздів і значень радіусів кривих існуючої колії.

У проектах реконструкції та технічного переоснащення залізничних ліній, де передбачається впровадження суміщений рух, визначення кількості роздільних пунктів із подовженими або додатковими коліями повинно

здійснюватися на основі техніко-економічних розрахунків. Це дозволяє забезпечити безпечне та ефективне пропускання поїздів збільшеної довжини та ваги, особливо в умовах інтенсивного руху та підвищеного вантажонапруження.

Розміщення роздільних пунктів, зокрема станцій, роз'їздів та обгінних пунктів, доцільно здійснювати на горизонтальних ділянках, що забезпечують сприятливі умови для маневрових і технічних операцій. У виняткових випадках, коли цього неможливо досягти через рельєф місцевості, допускається розміщення на ухилах не крутіших за 1,5‰, а в складних інженерно-геологічних умовах – до 2,5‰. В особливо важких випадках допускається розміщення роздільних пунктів на ухилах понад 2,5‰, за умови подовження колій на існуючих станціях та впровадження спеціальних заходів безпеки, спрямованих на запобігання мимовільному руху вагонів або составів без локомотива (наприклад, використання башмаків, стоянкових гальм тощо).

У будь-якому випадку, розташування роздільних пунктів на ухилах має відповідати умовам забезпечення надійного утримання поїздів розрахункової та перспективної маси за допомогою допоміжних гальм локомотива. Крім того, необхідно гарантувати можливість зрушення таких поїздів з місця без додаткової допомоги, що є критично важливим з точки зору як безпеки руху, так і енергоефективності роботи локомотивного парку.

### **1.2.3 Верхня будова колії**

Верхня будова колії для залізниць другої категорії, до яких належить розглянута в даному дипломному проєкті ділянка, підбирається з урахуванням перспективного розвитку перевезень, пропускнуої спроможності, категорії рухомого складу та умов експлуатації. Основні конструктивні елементи повинні відповідати таким вимогам.

Тип колії: безстикова колія або колія зі зварними ланками на рейках типу Р65 або UIC60, I групи, 2 класу. Допускається застосування рейок, що були у використанні, за умови відповідного технічного стану.

Шпали та скріплення: нові або ті, що були у використанні, але відповідають технічним вимогам. Епюра шпал – 1600-1840 шт/км залежно від кривизни ділянки. У кривих з радіусом  $R < 600$  м — збільшення кількості шпал до 2000 шт/км.

Баласт: щебеневий, гравійний або гравійно-піщаний. Застосовується одношарова баластна призма. На приймально-відправних та станційних коліях допускається фракція 5-25 мм.

Товщина баластного шару: під шпалами – не менше 30 см на земляному полотні з глинистих або пилюватих пісків; при влаштуванні піщаної подушки під щебеним шаром – не менше 20 см щебеню та 15 см піску.

Баластна подушка: пісок товщиною не менше 15–20 см в залежності від типу ґрунту.

Крутизна укосів баластної призми: для щебеню: 1:1,5; для піщаної подушки: 1:2.

Розширення баластної призми: у кривих радіусом менше 600 м – з зовнішнього боку на 0,1 м; на двоколійних ділянках – ширина призми зверху збільшується на ширину міжколійя.

Земляне полотно при індивідуальному проектуванні земляного полотна для другої категорії слід: враховувати навантаження від рухомого складу та конструкцій верхньої будови з урахуванням перспективного зростання навантажень;

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

Тягово-енергетичні показники – це сукупність технічних і експлуатаційних характеристик, які відображають ефективність використання тягового рухомого складу (локомотивів, моторвагонних поїздів) під час руху залізничного транспорту з точки зору витрати енергії, сили тяги та інших параметрів, що впливають на економіку перевезень і технічний стан обладнання .

Організація руху поїздів з раціональними для конкретних умов

експлуатації швидкостями має важливе значення для зниження експлуатаційних витрат. Раціональною вважається така швидкість, за якої окупаються витрати на її реалізацію [2].

До основних тягово-енергетичних показників належать:

- сила тяги локомотива – величина зусилля, що розвивається локомотивом для приведення поїзда в рух та подолання опору руху;
- питома витрата енергії (або пального) – кількість енергії, що витрачається на переміщення 1 тонни вантажу на 1 км шляху (наприклад, кВт·год/ткм або кг дизпального/ткм);
- ККД (коефіцієнт корисної дії) тягової установки – співвідношення між корисною потужністю та загальною спожитою енергією;
- час проходження ділянки – впливає на загальні витрати пального чи електроенергії (коротший час – менші втрати при раціональному режимі руху);
- питома витрата енергії на склад поїзда – розраховується з урахуванням маси поїзда, маршруту, ухилів, кривизни колії, режиму роботи локомотива;
- рівень рекуперації енергії (для електровозів з рекуперативним гальмуванням) – частка поверненої в мережу електроенергії;
- швидкість руху в режимах тяги/гальмування – впливає на розподіл енерговитрат у часі.

Ці показники використовуються для:

- порівняння ефективності різних типів локомотивів;
- оцінки впливу змін у профілі колії (наприклад, ухилів, кривих) на витрати енергії;
- техніко-економічного обґрунтування реконструкції інфраструктури;
- оптимізації режимів ведення поїздів (швидкості, потужності, тривалості тягових режимів тощо).

В умовах зростання потреб у швидкісних, енергоефективних та безпечних перевезеннях особливої актуальності набуває реконструкція існуючих залізничних ділянок з урахуванням оптимізації швидкісного режиму руху поїздів. Підвищення максимальної швидкості дозволяє скоротити час у дорозі, підвищити пропускну спроможність лінії та конкурентоспроможність залізничного транспорту. Проте такі зміни мають значний вплив на тягово-енергетичні характеристики локомотивів, що, в свою чергу, позначається на економічності перевезень, технічному стані інфраструктури та ефективності експлуатації рухомого складу.

Особливої актуальності дослідження набуває в умовах воєнного стану, коли потреба в надійних, швидких та енергоефективних перевезеннях зростає, а ресурси для повноцінного відновлення та будівництва – обмежені. Реконструкція вже існуючих ділянок, а не будівництво нових, дозволяє швидше досягти підвищення ефективності перевезень з меншими витратами, за умови ґрунтового технічного аналізу та точного прогнозування результатів впроваджених змін.

Таким чином, дослідження впливу зміни максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники в контексті реконструкції є важливим як з практичної, так і з науково-методичної точки зору.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Технічна характеристика ділянки П'ятихатки – Верхівцеве

Ділянка залізниці П'ятихатки – Верхівцеве входить до складу Придніпровської залізниці та має важливе транспортно-логістичне значення. Вона забезпечує зв'язок між індустріальними центрами Дніпропетровської області, обслуговуючи як вантажні, так і пасажирські перевезення.

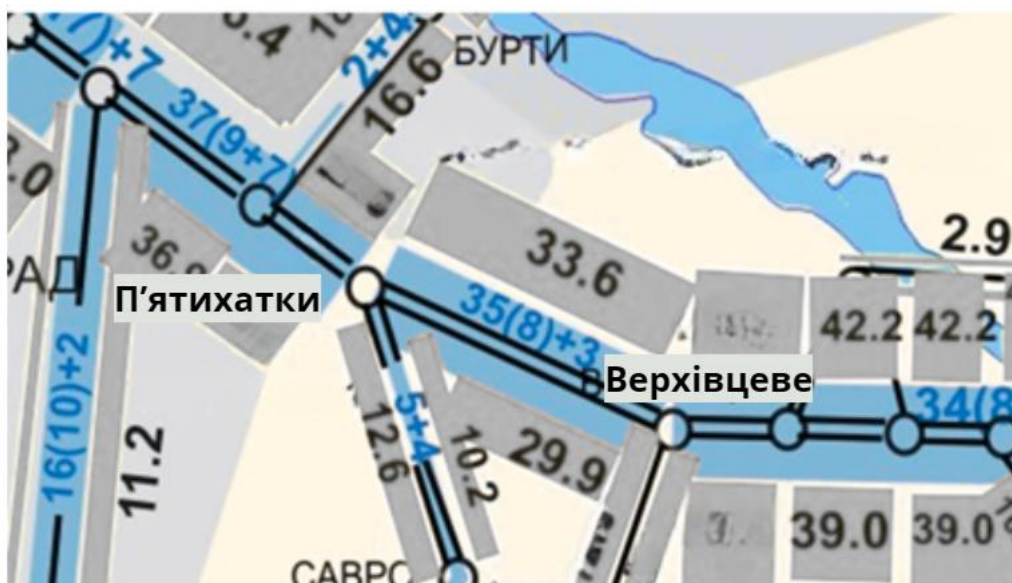


Рисунок 2.1 – Карта району проектування

Загальні характеристики:

- довжина ділянки:  $\approx 44$  км;
- кількість колій: двоколійна;
- тип тяги: електрична;
- система електропостачання: змінний струм, напруга 25 кВ
- тип руху: змішаний (вантажний та пасажирський)
- обслуговувані поїзди: вантажні, пасажирські далекого сполучення, приміські електропоїзди

Основні станції. Станція П'ятихатки: велика вузлова станція, розташована в однойменному місті. Має розвинену колійну інфраструктуру, локомотивне та вагонне депо, пристрої сигналізації та зв'язку. Станція Верхівцеве: проміжна, також вузлова станція, яка виконує сортувальні,

вантажні та пасажирські операції.

Вантажонапруженість ділянки складає 29,9 млн ткм/км у парному напрямку та 33,6 млн ткм/км у непарному напрямку. Кількість пасажирських поїздів 35 пар, збірних 8, вантажних 3. Тяга електрична, локомотиви для пасажирських перевезень ЧС2, для вантажних ВЛ8, вагони чотиривісні.

Маса поїздів складає 4600/4000 т та 1000 т для вантажних та пасажирських відповідно. Система СЦБ автоблокування.

План ділянки П'ятихатки – Верхівцеве досить різноманітний і складається з багаторадіусних, S – подібних кривих і прямих ділянок колії.

На ділянці криві різних радіусів становлять 36,6%. Розподіл кривих різних радіусів відносно довжини кожної з ділянок, які досліджуються наведені на рисунку 2.2



Рисунок 2.2 – Розподіл кривих та прямих

Загальна довжина прямих становить 30438 м прямих ділянки (63,4% від загальної довжини) та 16498 м криві (36,6% від загальної довжини). Мінімальний радіус кривих становить 300 м, максимальний 7018 м.

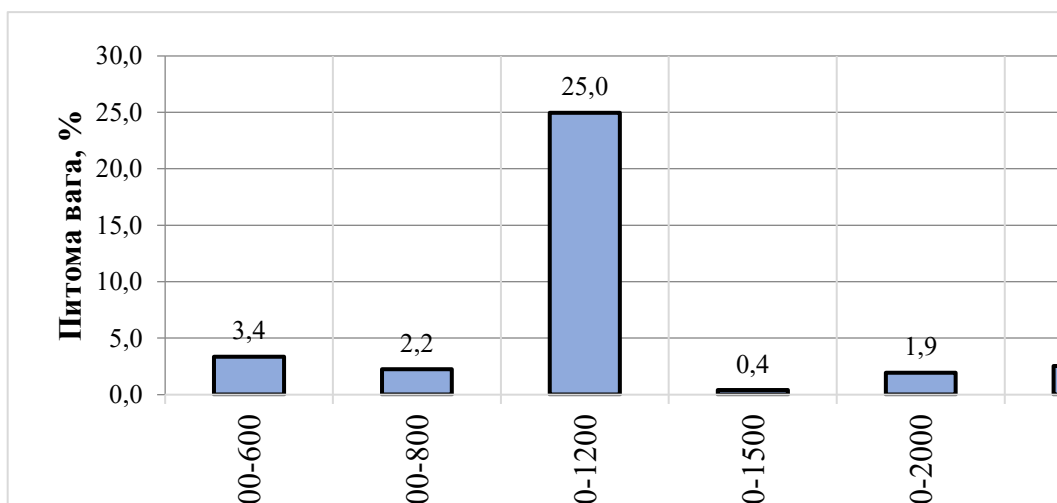


Рисунок 2.3 – Розподіл радіусів на ділянці

Проаналізувавши гістограму, можна зробити висновок, що план не дуже складний, тому що переважають криві з радіусом менше, ніж 1200 м вони складають 30% від довжини ділянки, а це значить, що для підвищення швидкості руху на ділянці є необхідність розглянути параметри кривих.

### 2.1.2 Характеристика профілю лінії

Керівний ухил на ділянці 8‰. Максимальний ухил – 9,2 ‰. Розподіл ухилів наведено на рисунку 2.4.

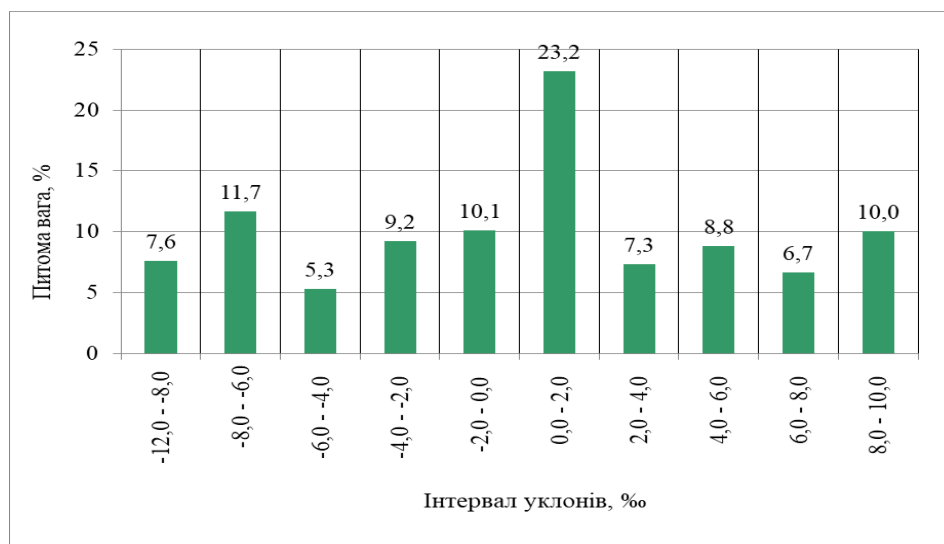


Рисунок 2.4 – Розподіл ухилів на ділянці

Аналіз гістограми показав, що на ділянці переважають ухили з інтервалу 0..2‰ – приблизно 33,1% від загальної довжини, найбільші ухили 11,8‰.

Розподіл ухилів на ділянці показав, що профіль є не складним.

### 2.1.3 Аналіз існуючих швидкостей

Максимально допустима швидкість на ділянці становить 120 км/год для пасажирських та 80 км/год для вантажних поїздів.

Але, згідно з наказом начальника залізниці [3] на деяких перегонах та станціях діють такі обмеження швидкості (по головних коліях):

Таблиця 2.1 – Обмеження швидкостей на ділянці П'ятихатки-Стикова –  
Верхівцеве

Станції\перегони	Пасажирський рух, км/год	Вантажний рух, км/год
Станція П'ятихатки – Стикова	100	80
Перегін П'ятихатки-Стикова – П'ятихатки	100	80
Станція П'ятихатки	80	60
Перегін П'ятихатки – Ерастівка	120	80
Станція Ерастівка	100	80
Перегін Ерастівка – Вільногірськ	100	80
Станція Вільногірськ	100	80
Перегін Вільногірськ – Верхівцеве	120	80
Станція Верхівцеве	60	60

### 2.2 Виконання тягових розрахунків в програмі MoveRW

MoveRW – це спеціалізоване програмне забезпечення, яке використовується для виконання тягових розрахунків і моделювання режимів руху поїздів. Програма «MoveRW» призначена для виконання тягових розрахунків, які дозволяють оцінити тягово-енергетичні показники. Ця програма широко застосовується для аналізу й оптимізації руху залізничного транспорту, зокрема в умовах підвищених швидкостей і змішаного пасажирсько-вантажного руху. Основні функції програми включають: розрахунок тягово-енергетичних характеристик: оцінка споживання енергії для

різних режимів руху поїздів; аналіз впливу різних параметрів; вплив маси поїзда, кількості вагонів, типу локомотива та його потужності [4, 5].

Переваги використання програмного комплексу «MoveRW»:

- моделювання реальних умов: дозволяє враховувати всі ключові фактори впливу на рух поїздів;
- швидкість розрахунків: забезпечує точні результати за короткий час;
- універсальність: підходить для аналізу як вантажних, так і пасажирських поїздів на різних ділянках залізничної мережі.

Для визначення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці була використана програма «MoveRW» [4].

*Параметри поздовжнього профілю.* Параметрами поздовжнього профілю є ухил (у %) і довжина елемента (у метрах), що задаються в табличному вигляді. Крім цього вказується відмітка рівня головки рейки на початку ділянки (рис. 2.5). Тягові розрахунки виконуються від осі до осі станції.

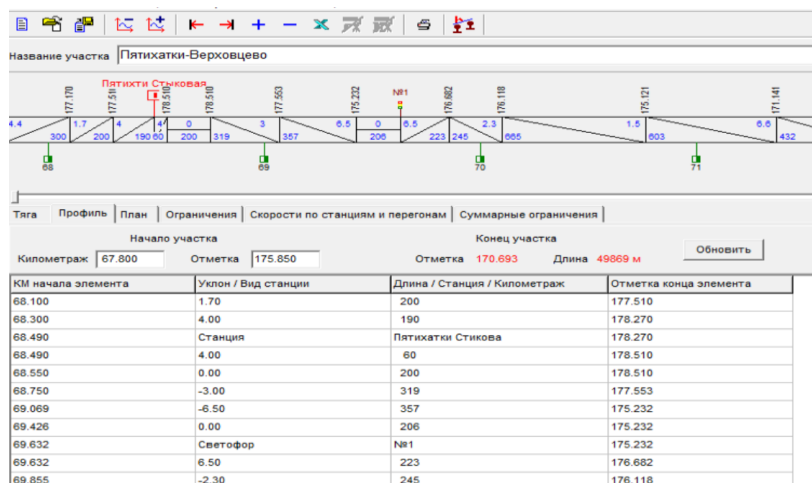


Рисунок 2.5 – Фрагмент поздовжнього профілю

*Параметри плану.* Для виконання тягових розрахунків необхідно ввести параметри плану, а саме: пряма, перехідна крива, кругова крива поворот право, кругова крива поворот уліво. Для всіх типів елементів повинна бути введена довжина (у метрах), для кругової кривої – радіус (у метрах) і підвищення (у

міліметрах). Для першого елемента повинна бути введена кілометрова відмітка його початку (рис. 2.6). Розрахунки допустимої швидкості руху в кривих виконуються за методикою «Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей у кривих ділянках колії» [6].

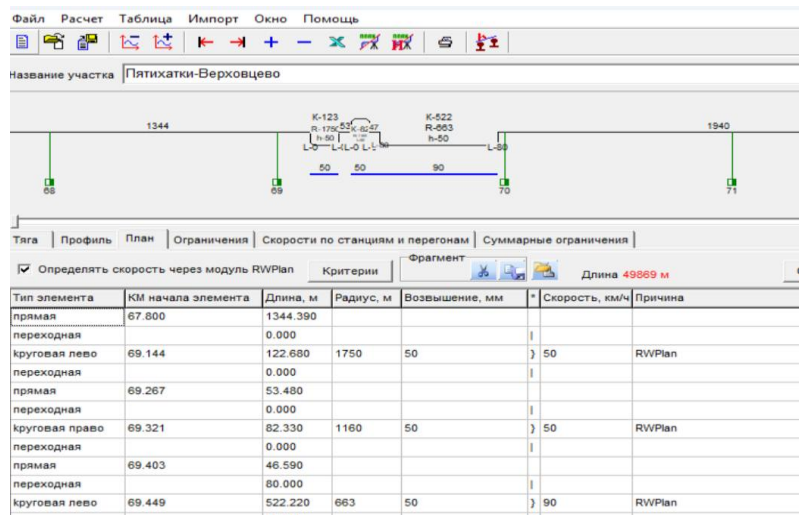


Рисунок 2.6 – Фрагмент плану ділянки

Для виконання тягових результатів необхідно ввести обмеження швидкості руху по станціям та перегонам (рис. 2.7). В таблиці 2.1 наведені допустимі швидкості руху по станціям та перегонам для вантажного та пасажирського руху.

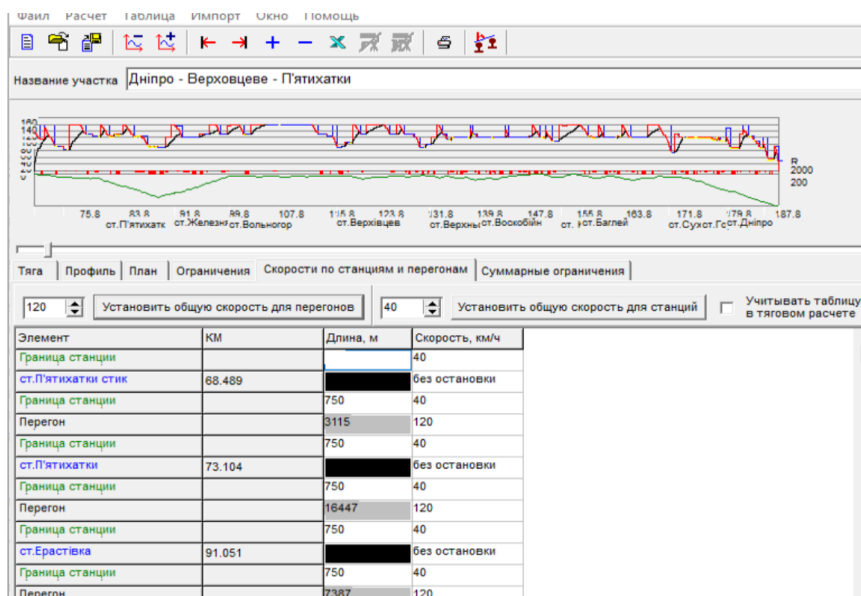


Рисунок 2.7 – Фрагмент обмеження швидкості руху по станціям та перегонам

Ділянка обслуговується у вантажному русі локомотивом ВЛ8 масою 5000/4600 т в парному та непарному напрямках. У пасажирському русі – ЧС7 масою 1000 т. На рисунку 2.8 показані тягові характеристики локомотивів.

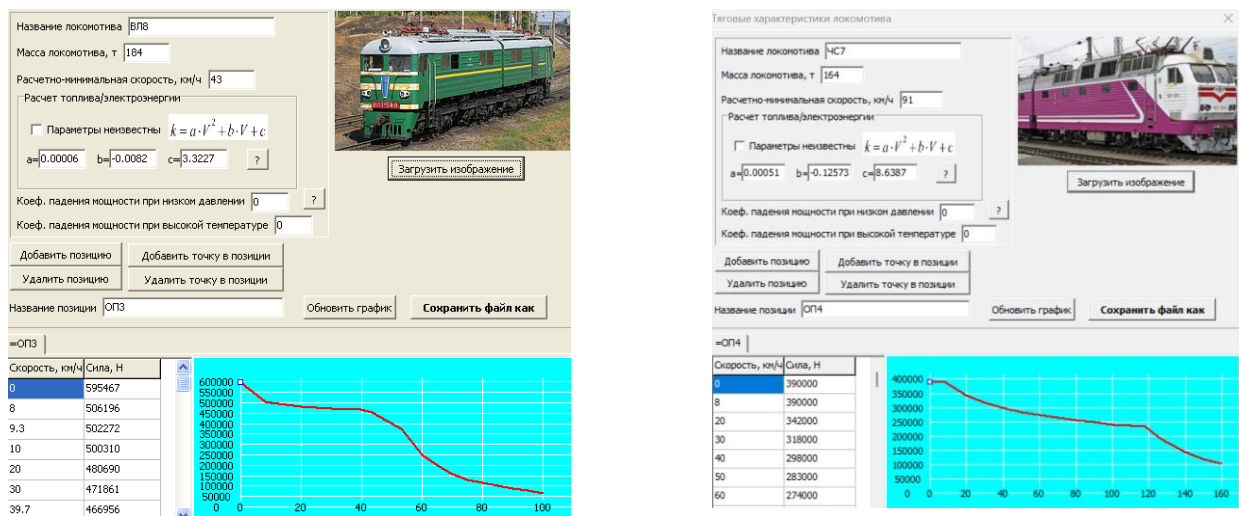


Рисунок 2.8 – Тягові характеристики локомотива ВЛ8, ЧС7

### 2.3 Результати тягових розрахунків

Результати тягових розрахунків є значення швидкості руху, часу ходу, механічної роботи і режиму руху, отримані з заданим кроком по довжині ділянки. Файли з результатами мають текстовий формат і можуть бути роздруковані будь-яким текстовим редактором, що працює в середовищі Windows.

Для вантажного руху прийнятий локомотив ВЛ8 з масою рухомого складу 4600/5000 т, для пасажирського руху – ЧС7 з масою состава 1000 т. Результати тягових розрахунків наведено у таблиці 2.9.

Результати тягові розрахунки були виконані для пасажирського та вантажного рухомого складу наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Тягові розрахунки по перегонам

Назва перегонів		П'ятихатки – Стикова – П'ятихатки	П'ятихатки – Ерастівка	Ерастівка – Вільногірськ	Вільногірськ – Верхівцеве
<b>Пасажирський рух</b>					
Час руху, хв.	Парна	4,4	10,6	5,5	11,5
	Непарна	4,1	10,4	5,7	12,0
Витрати електроенергії, кВт·год	Парна	161,4	349,0	332,9	352,8
	Непарна	140,0	591,2	51,2	452,9
Середньоходова швидкість, км/год	Парна	62	100	95	91
	Непарна	62	102	94	87
<b>Вантажний рух</b>					
Час руху, хв.	Парна	6,3	14,8	10,1	16,1
	Непарна	5,3	16,6	6,6	16,4
Витрати електроенергії, кВт·год	Парна	246,6	378,3	985,3	683,0
	Непарна	196,3	1170,5	8,4	783,0
Середньоходова швидкість, км/год	Парна	46	71	54	65
	Непарна	52	62	75	66

Отже, результати розрахунків показали, що найбільший час руху та витрати електроенергії приходяться на перегін П'ятихатки – Ерастівка, це пояснюється тим що це найдовший перегін. Середньоходова швидкість для вантажного руху на ділянці становить 59/61 км/год для парного та непарного напрямків.

## 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Встановлення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці

Вплив максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці – один із ключових аспектів при обґрунтуванні ефективності інвестицій у інфраструктуру.

Збільшення максимальної швидкості призводить до підвищення середньої швидкості руху, скорочення часу руху, що важливо для пропускної та провізної спроможності [2].

При наявності перешкод, наприклад, обмеження швидкості руху по станції до 120 км/год, чи на переїздах – до 140 км/год, для розгону поїзда до 160 км/год потрібна ділянка, довжина якої залежить від крутизни підйому і маси поїзда. Щоб дослідити вплив маси поїзда на величину максимальної швидкості були виконані розрахунки для маси  $Q=600\dots 1200$  тонн і результати представлені у вигляді графіків на рисунку 3.1



Рисунок 3.1 – Довжина ділянки розгону пасажирського поїзда від 120 до 160 км/год

З рисунків 3.1 видно, що реалізація швидкісного руху можлива на перегонах довжиною 18-22 км при ухилах від 0...6 ‰ і масі рухомого складу

1000 тонн (18 вагонів). При інших умовах слід зменшити масу поїзда, або збільшити швидкість прослідування станцій.

З метою визначення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні характеристики під час реконструкції залізничної ділянки було проведено тягові розрахунки із використанням програмного комплексу «MoveRW» для вантажних і пасажирських поїздів.

Отримані результати можуть бути представлені у графічній формі у вигляді поздовжнього профілю та плану ділянки із нанесеними кривими швидкості руху (рис. 3.1, 3.2).

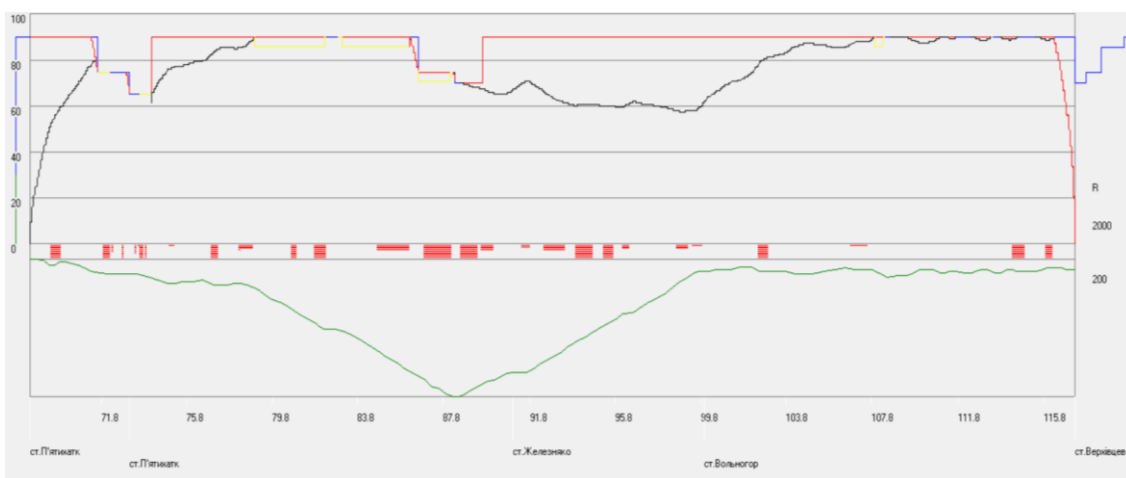


Рисунок 3.1 – Крива швидкості руху на ділянці (П'ятихатки – Верхівцеве, 4600 т)

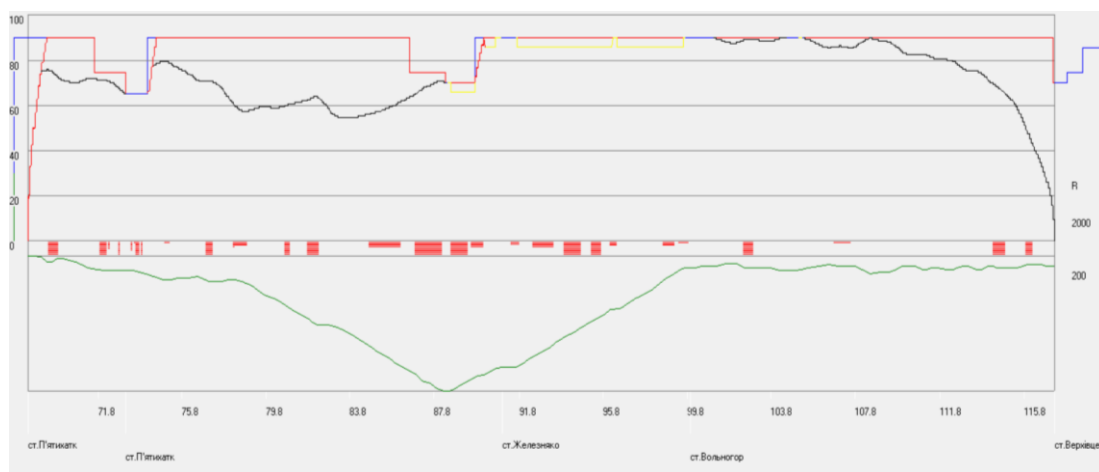


Рисунок 3.2 – Крива швидкості руху, план і поздовжній профіль (Верхівцеве – П'ятихатки, 4000 т)

Нижче наведені результати тягових розрахунків для пасажирського поїзду, локомотив ЧС7 табл. 3.1 і вантажного поїзда, локомотив ВЛ8, масою 4600/4000 т, табл. 3.2. для різних рівнів швидкостей по станціям та перегонам. Варіантні тягові розрахунки наведені у додатках А, Б.

Таблиця 3.1 – Результати тягових розрахунків для вантажного руху  
(ВЛ8, Q=4600/4000 т)

Варіанти ст./пр	Середньоходова швидкість, км/год.		Витрати електроенергії, кВт-г.		Час руху, хв.	
	парна	непарна	парна	непарна	парна	непарна
80/90	67	65	2114,7	2301,7	44,2	45,0
80/100	67	66	2145,8	2317,7	43,6	44,4
90/90	67	65	2118,7	2278,7	43,5	45,1
90/100	69	67	2090,5	2227,3	42,74	44,0
100/100	69	67	2059,5	2220,2	42,51	43,9

На основі результатів тягових розрахунків побудовано гістограми, представлені на рисунках 3.3–3.5.

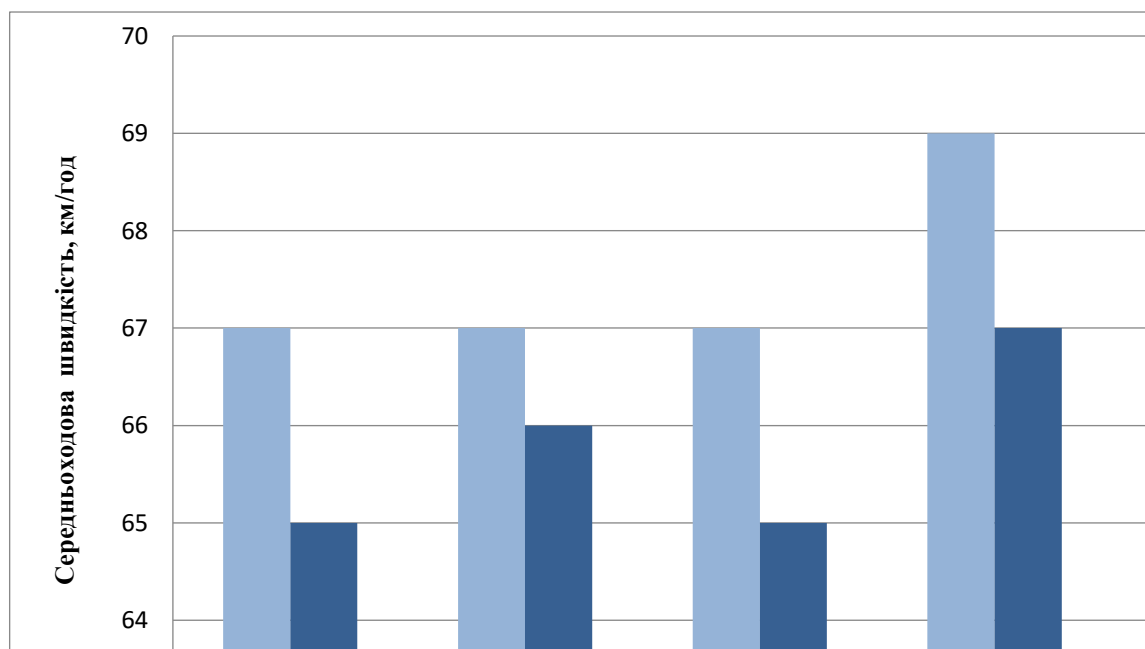


Рисунок 3.3 – Середньоходова швидкість вантажного поїзда по варіантам (ВЛ8, Q=4600/4000 т)

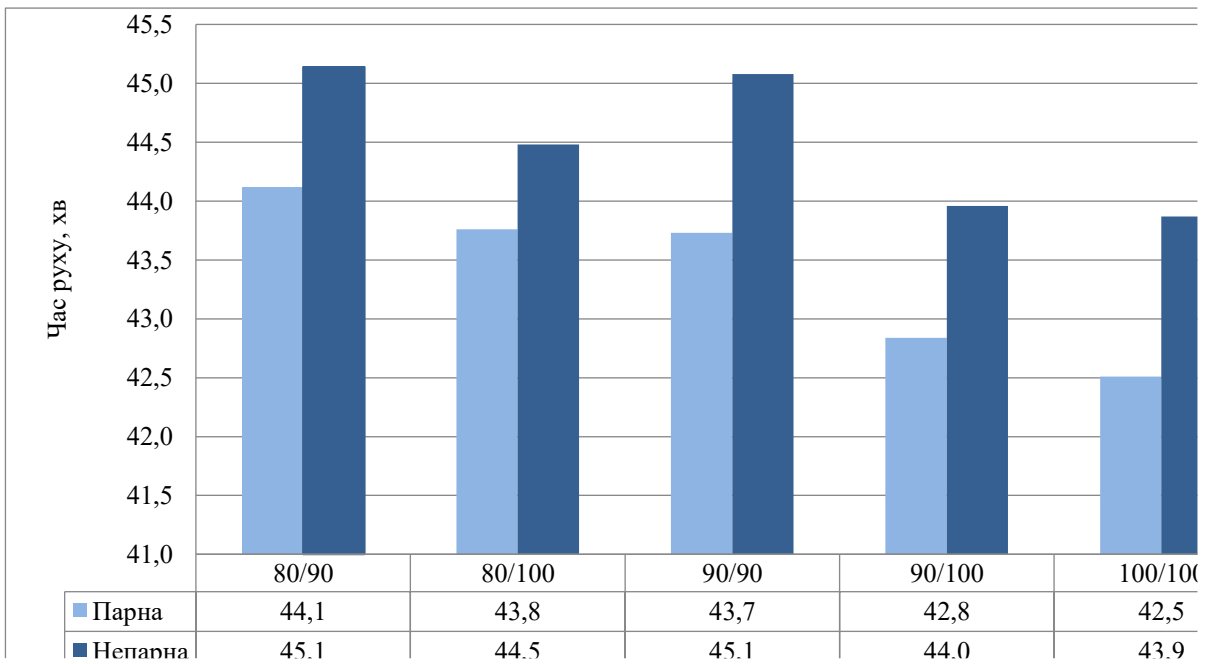


Рисунок 3.4 – Час руху вантажного поїзду по варіантам  
(ВЛ8, Q=4600/4000 т)

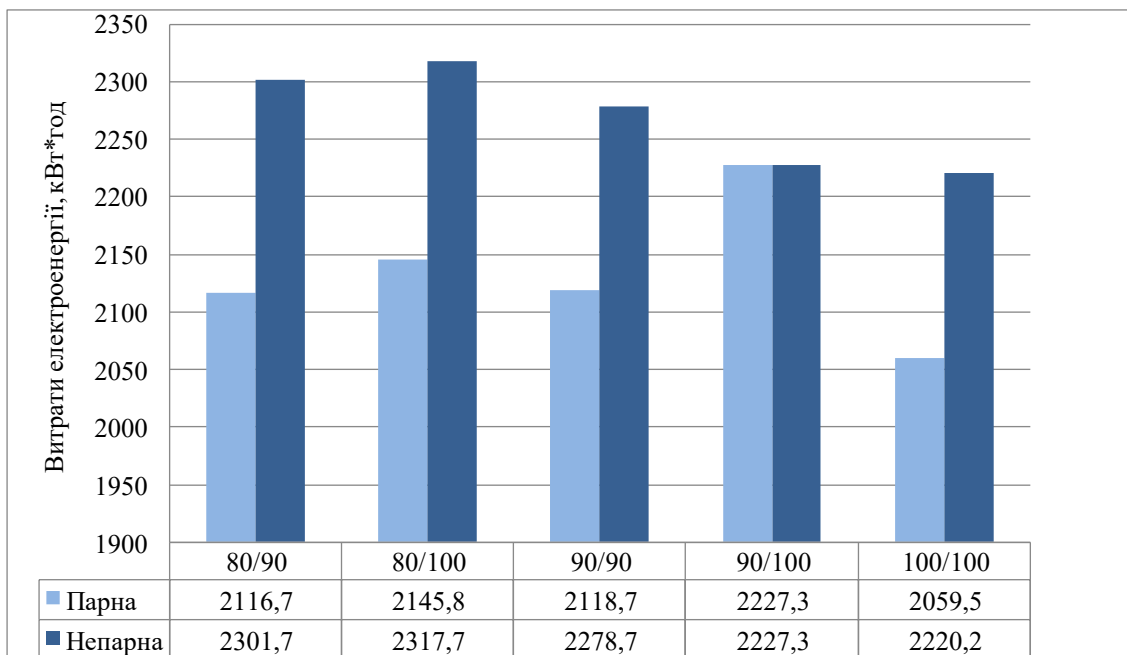


Рисунок 3.5 – Витрати електроенергії вантажного поїзду по варіантам  
(ВЛ8, Q=4600/4000 т)

Таблиця 3.3 – Результати тягових розрахунків для пасажирського руху  
(ЧС2, Q=1000 т)

Варіанти ст./пр	Середньохорова швидкість, км/год.		Витрати електроенергії, кВт*год		Час руху, хв.	
	парна	непарна	парна	непарна	парна	непарна
100/120	98	98	1282,4	1282,5	29,5	30,1
100/130	99	99	1415,4	1401,8	29,6	29,4
100/140	100	100	1457,5	1477,5	29,5	29,2
100/150	100	100	1485,2	1509,4	29,4	29,1
100/160	100	100	1485,4	1507,6	29,4	29,1
120/120	100	100	1213,5	1229,2	29,5	29,1
120/130	101	102	1358,2	1351,0	29,2	28,3
120/140	102	102	1408,4	1427,3	28,7	28,3
120/150	102	103	1437,5	1459,5	28,5	28,6

За результатами тягових розрахунків на рисунках 3.6 – 3.8 зображені гістограми.



Рисунок 3.6 – Середня швидкість пасажирського поїзду по варіантам  
(ЧС2, Q=1000 т)

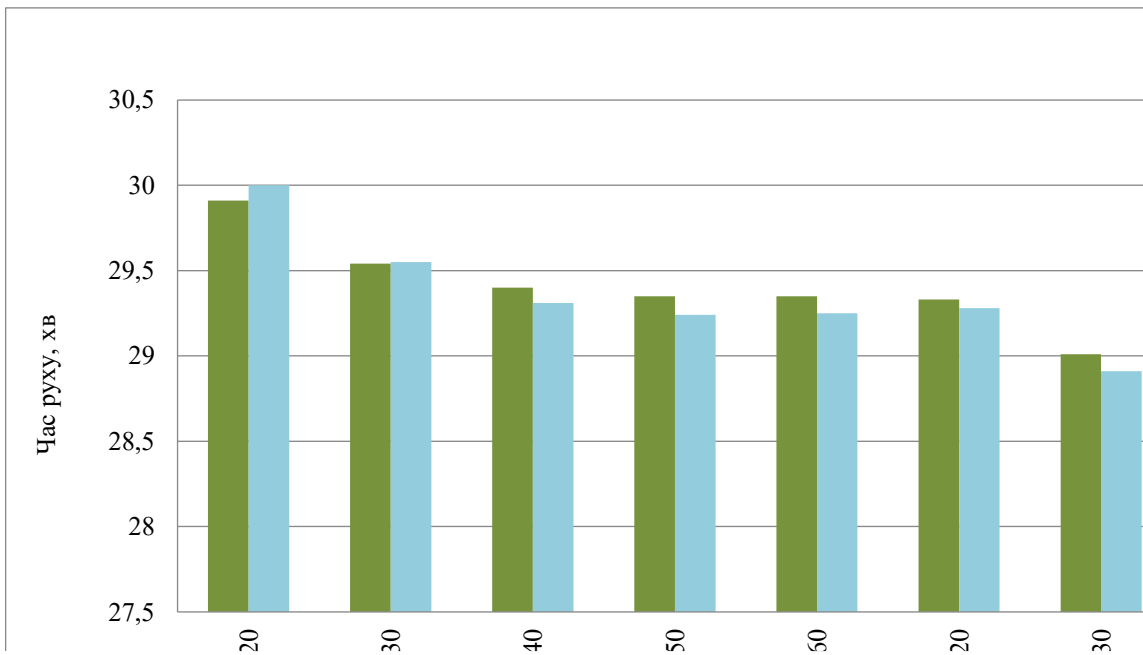


Рисунок 3.7 – Час руху пасажирського поїзду по варіантам (ЧС2, Q=1000 т)

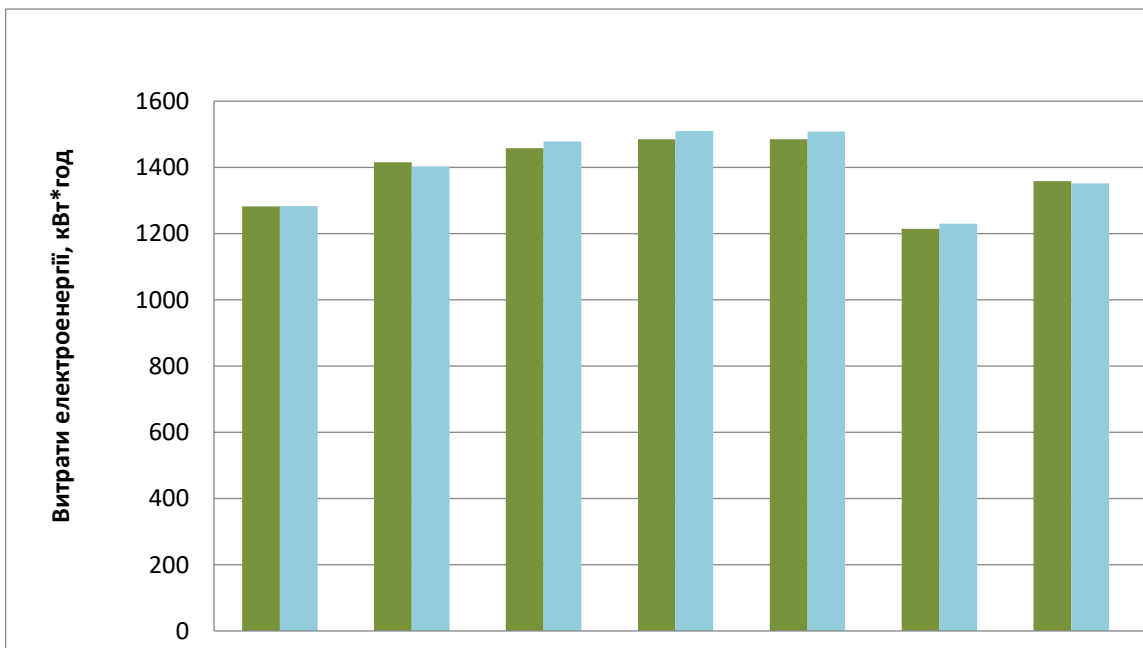


Рисунок 3.8 – Витрати електроенергії пасажирського поїзду по варіантам (ЧС2, Q=1000 т)

Аналіз порівняльних результатів тягових розрахунків показав, що для пасажирського поїзда найбільший позитивний ефект досягнуто при обмеженні швидкості до рівня 120км/год, тоді як для вантажного поїзда найбільш суттєве

покращення спостерігалось при підвищенні допустимої швидкості до 100 км/год.

Водночас, згідно з результатами моделювання, реальна максимальна швидкість вантажного поїзда за умови існуючої маси складу та обмежень швидкості до 100 км/год становила 69 км/год у парному напрямку та 67 км/год у непарному. Для пасажирського поїзда максимальна швидкість досягала 100 км/год в обох напрямках, що свідчить про ефективне використання потенціалу підвищених швидкостей у пасажирському русі.

Ці результати дозволяють зробити висновок про доцільність реконструкції елементів залізничної інфраструктури з урахуванням технічних характеристик рухомого складу та специфіки експлуатаційного режиму на напрямку.

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

### **4.1 Охорона праці під час виконання робіт з перебудови залізничної колії**

Перебудова залізничної колії належить до робіт підвищеної небезпеки, що виконуються в умовах дії рухомого складу, підвищеного шуму, пилу, вібрацій і постійної взаємодії з важкою технікою. Головною метою охорони праці є створення безпечних умов для працівників і запобігання виробничому травматизму.

Усі заходи мають відповідати чинному законодавству України, зокрема: Закону України "Про охорону праці"; Правилам охорони праці на залізничному транспорті; Правилам технічної експлуатації залізниць України (ПТЕ); ДСН 3.3.6.042-99, ДБН А.3.2-2-2009 тощо.

До початку виконання робіт усі працівники повинні пройти:

- вступний інструктаж з охорони праці;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- повторний, позаплановий або цільовий інструктаж (залежно від ситуації);
- медичний огляд згідно з посадовими вимогами;
- перевірку знань правил охорони праці та пожежної безпеки.

Виконавці робіт забезпечуються засобами індивідуального захисту: сигнальними жилетами, касками, рукавицями, окулярами, протипиловими респіраторами, спецодягом і спецвзуттям.

Роботи на колії мають виконуватись за погодженим графіком і в присутності відповідального за безпечне ведення робіт. Перед початком робіт обов'язково визначаються:

- межі ділянки, що реконструюється;
- способи і засоби сигналізації та огороження;
- порядок дій при наближенні поїзда;

- маршрути евакуації персоналу;
- інструктаж із використання машин та механізмів.

Всі працівники, задіяні на об'єкті, повинні мати допуск до роботи, пройти медичний огляд та бути ознайомлені з умовами дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Технічні заходи безпеки

Під час робіт на діючих коліях обов'язковим є:

- Установка сигналів зупинки потяга на підходах до зони робіт;
- Встановлення чергових працівників з прапорцями та ліхтарями (залежно від часу доби);
- Організація наглядового поста безпеки з переносною радіозв'язкою;
- Виведення контактної мережі з-під напруги з обов'язковим заземленням;
- Використання спецтехніки з ізольованими платформами, підйомниками, крановими установками з обмежувачами габариту.
- Індивідуальні засоби захисту (ЗІЗ)

Усі працівники зобов'язані використовувати відповідні ЗІЗ:

- Захисна каска з ременем кріплення;
- Сигнальний жилет із світловідбиваючими елементами (2 клас безпеки за EN ISO 20471);
- Високі захисні черевики з металевим носком;
- Діелектричні рукавички (при роботах в контактній мережі);

Особливості охорони праці у воєнний час

В умовах воєнного стану та в прикордонних регіонах до заходів охорони праці додаються:

- Обов'язкове інформування працівників про сигнали повітряної тривоги;
- Наявність захищених укриттів або схем евакуації з будівельного

майданчика;

- Проведення інструктажів із цивільного захисту;

Таблиця 4.1 – Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів на колійних роботах

№	Небезпечний/ шкідливий фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Засоби захисту / запобіжні заходи
1	Рух поїздів	Ділянка, що не закрита для руху	Травмування, наїзд на працівника	Організація вікон, сигнальні прапорці, спостерігачі
2	Електричний струм (до 27,5 кВ у контактній мережі)	Електрифіковані ділянки	Ураження струмом	Вимкнення напруги, заземлення, діелектрозахист
3	Робота будівельної техніки	Колійні машини, крани, платформи	Травмування, здавлення	Інструктаж, обмеження доступу, сигнальні жилети
4	Падіння на рейки або шпали	Нерівна поверхня колії	Травми кінцівок, забої	Робоче взуття з фіксацією гомілковостопу
5	Високий рівень шуму	Машини, відбійні молотки	Погіршення слуху, стрес	Протишумові навушники, регламент тривалості робіт
6	Погодні умови (дощ, ожеледь, спека)	Відкритий майданчик	Переохолодження, тепловий удар	Перерви, спецодяг, тентовані укриття
7	Пил, бруд, металева стружка	Роботи з різання, зварювання	Ураження очей, органів дихання	Захисні окуляри, респіратори, рукавички
8	Стрес та втома працівників	Інтенсивний режим роботи	Зниження уважності, помилки	Психологічна підтримка, зміна графіка, перерви
9	Загроза обстрілів/воєнна небезпека	Робота в зоні бойових дій	Ризик поранення, евакуації	Вказівки ВЦА/ДСНС, наявність укриттів, система оповіщення

Контроль за дотриманням правил охорони праці здійснює інженер з охорони праці, який веде постійний нагляд за безпекою на об'єкті. Усі випадки порушень мають бути зафіксовані, а винні – притягнені до відповідальності згідно з внутрішнім розпорядком і чинним законодавством.

## 4.2 Заходи з охорони навколишнього середовища на етапі реконструкції залізниці

Реконструкція залізничної інфраструктури, зокрема колії, є потенційно екологічно навантаженим процесом, що може впливати на ґрунтові, водні ресурси, атмосферне повітря, біоту та ландшафт. З метою мінімізації негативного впливу на довкілля необхідно впроваджувати систему екологічного контролю, оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) та екологічно безпечних технологій.

На етапі підготовки до реконструкції проводиться екологічне зонування території з метою виявлення природоохоронних зон, водозаборів, заболочених ділянок та територій зі зниженим рівнем стійкості до антропогенного впливу. Результати цих досліджень враховуються при формуванні технічного завдання та виборі проектних рішень. Основні потенційні екологічні ризики:

Серед основних напрямів впливу можна виділити:

- забруднення повітря викидами від дизельної техніки та утворенням будівельного пилу;
- порушення гідрологічного режиму внаслідок зміни природного дренажу та ущільнення ґрунтів;
- накопичення відходів будівництва, включаючи шпали, рейки, баластні матеріали;
- руйнування біотопів та зменшення біорізноманіття через вирубку зелених насаджень та втручання в природні середовища існування тварин.
- Для зменшення навантаження на навколишнє середовище застосовуються такі комплексні заходи:
  - використання малошумної та екологічно сертифікованої техніки, що відповідає нормам ЄС з викидів шкідливих речовин;
  - організація місць зберігання будівельних матеріалів із водонепроникним покриттям для запобігання фільтрації в ґрунтові води;
  - впровадження технологій замкненого водопостачання на

будівельних майданчиках для зменшення споживання води;

– реалізація рекультиваційних заходів після завершення робіт, у тому числі відновлення рослинного покриву та заліснення прилеглих зон;

– постійний моніторинг рівня шуму, вібрацій і концентрації шкідливих речовин під час будівництва.

Таблиця 4.1 – Екологічні заходи, що впроваджуються під час реконструкції:

Напрямок	Заходи
Охорона атмосферного повітря	Зрошення колійного полотна під час різання та демонтажу; Своєчасне техобслуговування двигунів техніки; Використання сучасних малошумних машин з еко-фільтрами
Охорона ґрунтів	Зняття родючого шару ґрунту з подальшим поверненням; Організація тимчасових майданчиків для зберігання будматеріалів із герметичним покриттям; Засипка технічного шару щебеню із вологозахисним шаром
Охорона водних ресурсів	Організація уловлювачів зливових стоків; Використання екобіотуалетів для робітників; Заборона мийки техніки на відкритій місцевості
Шумозахист	Робота тільки вдень у населених пунктах; Використання шумозахисних екранів або тимчасових щитів; Обмеження швидкості руху будівельної техніки
Біоохорона	Вивчення фауни перед початком робіт (за необхідності – тимчасове переселення); Мінімізація втручання в прибережні або лісові зони; Висадка зелених насаджень після завершення робіт

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз технічного стану залізничної ділянки П'ятихатки – Верхівцеве, що дозволив встановити наявність факторів, які обмежують швидкість руху поїздів та впливають на ефективність експлуатації.
2. Встановлено, що криві ділянки становлять 36,6% загальної довжини, при цьому деякі з них потребують реконструкції через невідповідність параметрів перехідних кривих, недостатнє підвищення зовнішньої рейки та малий радіус. Це обґрунтовує необхідність технічного удосконалення плану лінії.
3. На основі геометричних параметрів поздовжнього профілю, плану та характеристик наявного рухомого складу виконано тягові розрахунки за допомогою програмного комплексу MoveRW. Це дозволило оцінити вплив профілю та плану ділянки на тягово-енергетичні показники поїздів.
4. Розрахунки показали, що час руху вантажного поїзда становить 42 хв в парному напрямку та 44 хв в непарному, тоді як для пасажирського поїзда – відповідно 30 та 29 хвилин. Це свідчить про вплив напрямку руху на енерговитрати і тривалість поїздки.
5. З метою оцінки впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні характеристики були змодельовані сценарії руху для різних швидкостей на перегонах і станціях як для вантажних, так і пасажирських поїздів.
6. Аналіз результатів довів, що завдяки підвищенню максимальної швидкості руху час перевезення пасажирів може бути зменшено до 13%, що має істотне значення для ефективності транспортного процесу.
7. Запропоновані технічні рішення щодо модернізації плану і профілю колії на ділянці П'ятихатки-Стикова –дадуть змогу підвищити експлуатаційну швидкість, покращити плавність руху, скоротити час перевезень та підвищити рівень конкурентоспроможності залізничного транспорту.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. Норми проектування. ДБН В.2.3-19:2018. – К.: Мінрегіон, 2018. - 126 с.
2. МБ Курган, ДМ Корженевич, ДМ Курган, ЮС Бараш Вплив підвищення швидкості поїздів на витрати енергоресурсів - Вісник Дніпр. націон. ун-ту , 2008. С 233-239
3. Наказ «Про встановлення максимально допустимих швидкостей руху поїздів на ділянках колії «Придніпро залізниця» від 02.09.2023 № 188/Н: / затв. начальник залізничі / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – О., 2022. – 32 с.
4. Курган М.Б. Хмелевська Н.П. Дистанційний курс. Дисципліна «Проектування залізниць», I рівень ОС <https://lider.diit.edu.ua/course/view.php?id=487>
5. Хмелевська Н.П. Дистанцій курс «Системи автоматизованого проектування доріг»<https://lider.ust.edu.ua/course/view.php?id=485>
6. 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.
7. 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.
8. ДСТУ EN 50126, EN 50128, EN 50129 — щодо безпеки систем залізничної інфраструктури;
9. **ОВНС** (Оцінка впливу на навколишнє середовище) відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» (№2059-VIII);

## **ДОДАТКИ**

