

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

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


**Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної роботи  
магістр  
(ступінь вищої освіти)

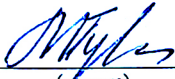
на тему: Обґрунтування ефективності підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах

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

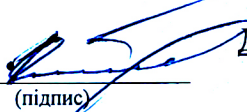
**Виконав:**

студент групи: КГ2321  
  
Владислав ЛОГВИНЮК  
(підпис студента) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

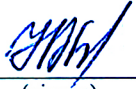
**Керівник:**

  
Доцент Марина ГУСАК  
(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

**Нормоконтролер:**


  
Доцент Сергій БАЙДАК  
(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

**Консультант:**

  
Асистент Неля ХМЕЛЕВСЬКА  
(підпис) (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент

  
(підпис)

Дніпро – 2025 рік

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

**Building, architecture and infrastructure**

(faculty)

**Transport infrastructure**

(department)

**Explanatory Note**

to Master's Thesis

magistr

(higher education degree)

**on the topic:** Justification of the effectiveness of increasing high-speed train traffic  
at separation points

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

**in the Speciality:** 273 «Rail transport»

**Done by the student** of the group: KG2321

/ Vladislav LOGVINYUK /

(name, surname)

**Scientific Supervisor:**

/ Associate professor Marina GUSAK/

(position, name, surname)

**Normative controller:**

/ Associate Professor Sergiy BAIDAK/

(position, name, surname)

**Supervisors:**

/ Assistant Nelya KHMELEVSKA/

(position, name, surname)

Dnipro – 2025

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

**Факультет:** *Будівництво, архітектура та інфраструктура*

**Кафедра:** *Транспортна інфраструктура*

**Рівень вищої освіти:** *Магістр*

**Освітня програма:** *Залізничні споруди та колійне господарство*

**Спеціальність:** *Залізничний транспорт*

**ЗАТВЕРДЖУЮ:**

Завідувач кафедри

Олексій ПЮТЬКІН

(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

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

студенту **Логвинюку Владиславу Михайловичу**

**Тема роботи:** Обґрунтування ефективності підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах

**Керівник роботи:** Гусак Марина Анатоліївна, кандидат технічних наук

Затверджена наказом від 16.02.2024 №157 ст.

**2. Строк подання** студентом роботи – 15 січня 2025 р.

**3. Вихідні дані:**

Район проектування – Дніпропетровська область	Довжина прийм.- 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 – ВЛ10, ЧС7, Hunday	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 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Актуальність дослідження.

1.2. Аналіз колійної інфраструктури, профілю і плану ділянки залізниці П'ятихатки – Верхівцеве.

**2 Основна частина**

2.1 Тягові розрахунки

2.2 Введення вихідних даних в програму MoveRW

2.3 Визначення допустимих швидкостей руху поїздів

2.3 Результати тягових розрахунків

<b>3 Економічна частина</b>			
3.1 Аналіз можливих варіантів підвищення швидкості на станціях			
3.2 Встановлення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці			
3.3. Обґрунтування ефективності підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах.			
<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 станцій			
<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: (підпис, дата)	Завдання прийняв: (підпис, дата)
1	Гусак М.А., доцент		
2.1	Гусак М.А., доцент		
2.2, 2.3	Хмелевська Н.П., асистент		
3, 4	Гусак М.А., доцент		

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відсотки
1	Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Актуальність дослідження.	02.10.2024	10
2	Аналіз колійної інфраструктури, профілю і плану ділянки залізниці П'ятихатки-Верхівцеве.	16.10.2024	10
3	Допустимі швидкості руху поїздів для існуючого технічного стану ділянки П'ятихатки-Верхівцеве	01.11.2024	15
4	Виконання тягових розрахунків.	20.11.2024	35
5	Аналіз можливих варіантів підвищення швидкості на станціях. Обґрунтування ефективності підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах.	11.12.2024	10
6	Заходи з охорони навколишнього середовища на етапі реконструкції станцій	25.12.2024	10
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2025	10
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	<b>За розкладом ЕК</b>	<b>100</b>

**Студент**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Владислав ЛОГВИНЮК

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Марина ГУСАК

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

51 с., 25 рис., 8 табл., 2 додатки, 15 джерел.

Найменування роботи: «Обґрунтування ефективності підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах»

Об'єкт досліджень – двоколійна ділянка залізниці з електричною тягою.

Предмет досліджень – Тягово-енергетичні показники при різних рівнях швидкості проїзду станцій на ділянці П'ятихатки – Верховцеве.

Мета роботи – розробка рекомендацій щодо економічно доцільної ліквідації бар'єрних місць, що перешкоджають реалізації високих швидкостей руху на ділянці П'ятихатки – Верховцеве, з метою досягнення максимальної швидкості руху при проїзду станцій.

Методи дослідження. Застосуванні розробленої математичної моделі, яка дозволяє оцінювати вплив максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції станцій. Розрахунки виконано на ЕОМ з застосуванням програм Microsoft Excel, MovRW.

Одержані результати. На основі результатів вітчизняних та зарубіжних наукових розробок намічено шляхи вирішення проблеми, що стосується впровадженню швидкісного руху поїздів з урахуванням існуючої інфраструктури роздільних пунктів, геополітичних, топографічних та інших умов.

Ключові слова: залізнична колія, реконструкція існуючих напрямків, план лінії, максимальна швидкість, роздільні пункти, пропускна спроможність.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>8</b>
1.1. Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Актуальність дослідження.....	8
1.2. Аналіз колійної інфраструктури, профілю і плану ділянки залізниці П'ятихатки – Верхівцеве.....	14
<b>2 ОСНОВНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>20</b>
2.1. Тягові розрахунки з використанням програми MoveRW.....	20
2.2. Введення вихідних даних в програму MoveRW .....	20
2.3. Визначення допустимих швидкостей руху поїздів.....	24
2.3. Результати тягових розрахунків .....	26
<b>3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....</b>	<b>32</b>
3.1. Аналіз можливих варіантів підвищення швидкості на станціях.....	32
3.2. Встановлення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці.....	35
3.3. Обґрунтування ефективності підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах.....	39
<b>4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА .....</b>	<b>41</b>
4.1. Вимоги безпеки праці під час реконструкції ділянки Пятихатки-Стикова – Верхівцевес Придніпровської залізниці.....	41
4.2. Дії працівників в нестандартних ситуаціях .....	45
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>48</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>49</b>

## ВСТУП

Розвиток залізничного транспорту є важливим елементом сталого економічного зростання країни. Залізниця забезпечує швидке, безпечне та економічно вигідне перевезення пасажирів і вантажів, що сприяє інтеграції регіонів та розвитку міжнародної торгівлі. В умовах сучасних викликів транспортна система повинна відповідати зростаючим вимогам щодо швидкості, безпеки, комфорту та ефективності перевезень.

Одним із ключових напрямів підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту є збільшення швидкості руху поїздів. Особливе значення це має на роздільних пунктах, які є важливими елементами інфраструктури, що визначають загальну пропускну здатність та якість обслуговування. Роздільні пункти забезпечують регулювання та організацію руху поїздів, виконують операції з пропуску, розподілу та маневрування, а також виступають вузловими точками у мережі залізничного сполучення. Оптимізація роботи цих пунктів дозволяє не лише скоротити час простою поїздів, але й підвищити ефективність використання залізничних колій, технічних засобів та людських ресурсів.

Підвищення швидкості руху поїздів вимагає комплексного підходу, що включає модернізацію інфраструктури, впровадження сучасних систем управління рухом, оновлення рухомого складу, а також удосконалення організаційних процесів. Особливу увагу необхідно приділити питанням забезпечення безпеки, адже збільшення швидкості супроводжується зростанням ризиків, які потребують належного управління.

Метою цієї роботи є обґрунтування доцільності підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах. У дослідженні розглянуто ключові технічні, організаційні та економічні аспекти цього процесу, а також їхній вплив на загальну ефективність функціонування залізничної системи.

## 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою.

#### Актуальність дослідження.

Проблема збільшення швидкості руху поїздів на роздільних пунктах охоплює два основних аспекти: наявність кривих на підходах до станцій і особливості станційних горловин. Важливу роль у прийнятті правильних рішень відіграють вихідні дані, що використовуються в розрахунках. Відхилення реальних характеристик плану лінії від проєктних параметрів може призводити до обмеження швидкості або перевищення нормативів, що, своєю чергою, знижує рівень безпеки та комфортності руху. Це також спричиняє збільшення сил взаємодії між колесами рухомого складу та елементами верхньої будови колії. Підвищення цих сил прискорює знос рейок, елементів верхньої будови колії, коліс і частин рухомого складу, що було підтверджено дослідженнями авторів цієї роботи. [1].

У роботі [2] детально аналізуються питання вибору радіуса та довжини перехідних кривих, а також надається аналіз діаграм кривизни та кутових діаграм. Розглядаються різні типи перехідних кривих з урахуванням наявності перешкод. У роботі показано, як нерівності колії впливають на оптимальну довжину перехідних кривих і максимальну швидкість руху.

У дисертації [3] розроблено науковий підхід, який враховує різницю у вартості будівництва нових трас і реконструкції існуючих залізниць з усуненням перешкод на ділянках «перехідна крива – кругова крива – перехідна крива». Використовуючи графіки кривизни та діаграми кутів повороту, визначено, коли слід замінювати поодинокі криві на складові. Запропоновано найбільш оптимальну довжину перехідних кривих, яка забезпечує реалізацію максимально допустимої швидкості руху.

У роботі [4] враховано вимоги міжнародного стандарту IRPWM 2020, що регламентує правила безпечного перевезення вантажів залізницею. Викладено теоретичні основи та технічні вимоги для забезпечення швидкості руху до 160 км/год і методологію пошуку рішень для подальшого підвищення швидкості.

Аналізуються різні типи кривих: прості, складові, S-подібні, а також мінімальна довжина прямих вставок, довжина перехідних кривих і величина зсувів при їх виправленні.

У статті [5] запропоновано методику розрахунку кривих на основі методу координат і методу найменших квадратів, яка спрямована на підвищення точності та швидкості виконання обчислень. Метод дозволяє мінімізувати зсуви під час виправлення кривих, визначати радіус кругової кривої, координати центру кола, довжини перехідних кривих і координати характерних точок кривої.

В роботі [6] розглядається питання визначення горизонтальної кривизни залізничної колії. Метод заснований на зміні кутів нахилу рухомої хорди в декартовій системі координат. Оцінюючи вплив довжини хорди на отримані значення кривизни, встановлено, що довжина хорди не відіграє суттєвої ролі у визначенні кривизни і не обмежує застосування цього методу. Водночас звертається увага на точність визначення кривизни та її відповідність на ділянках перехідних кривих.

Огляд наукових робіт показує, що запропоновані різними авторами методи є корисними для реконструкції існуючої залізниці, але вони можуть бути ефективними у визначених умовах експлуатації.

Відповідно до Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України [7], звертається увага на те, що при модернізації й посиленому капітальному ремонті колії крім заміни рейко-шпальної решітки на рейкові пліті безстикової колії довжиною в перегін (блок-ділянку) повинні виконуватись такі роботи:

- виправлення з постановкою колії у проектне положення в профілі;
- виправлення кривих в плані з відновленням проектних радіусів;
- збільшення радіусів кривих до передбачених проектом з відповідним перевлаштуванням земляного полотна та штучних споруд;
- приведення розмірів земляного полотна у відповідність до встановлених нормативів; зрізання узбіччя земляного полотна;

- ремонт водовідвідних і укріплювальних споруд;
- реконструкція горловин станцій.

Другу й останню роботу, з наведеного переліку, розглянемо більш докладно для оцінки впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції роздільних пунктів.

Перебудова кривих у плані для підвищення швидкості руху поїздів передбачає комплекс технічних та інженерних заходів, спрямованих на мінімізацію впливу кривизни на динаміку руху. Основні роботи поділяються на такі етапи:

#### 1. Підготовчі роботи.

Інженерно-геодезичні дослідження: виконання топографічних зйомок, аналіз існуючої геометрії колії, визначення параметрів кривих (радіусів, довжин перехідних кривих, ухилів на профілі).

Розробка проєктної документації: оптимізація радіусів кривих для досягнення заданої швидкості, вибір параметрів перехідних кривих, визначення підвищення зовнішньої рейки.

#### 2. Земляні роботи.

Розширення земляного полотна: укріплення насипів, створення додаткового дренажу для відведення води.

Зміна плану колії: зсув осі колії для досягнення необхідних проєктних параметрів.

#### 3. Роботи з верхньою будовою колії.

Заміна рейок і шпал: встановлення сучасних рейок (наприклад, типу UIC60) і залізобетонних шпал для підвищення стабільності та міцності.

Модернізація стрілочних переводів: установка переводів з підвищеним радіусом для руху без зниження швидкості.

Коригування підвищення зовнішньої рейки: забезпечення оптимального підвищення для зменшення впливу відцентрової сили.

#### 4. Перехідні криві.

Подовження перехідних кривих: збільшення їх довжини для плавного

переходу між прямою ділянкою та круговою кривою.

#### 5. Роботи з баластом.

Відновлення баластної призми: укладання нового щебеню високої якості, забезпечення належного дренажу та ущільнення баласту.

Реконструкція основи колії: застосування геотекстилю або інших сучасних технологій для стабілізації основи.

#### 6. Електрифікація та сигналізація.

Коригування контактної мережі: переустановка опор відповідно до змін у геометрії колії.

Адаптація систем сигналізації: модернізація світлофорів, датчиків та іншого обладнання для врахування оновленого плану.

#### 7. Контроль якості.

Виконання інструментального контролю геометричних параметрів кривих.

Перевірка плавності переходів та відповідності технічним стандартам.

#### 8. Заклучні роботи.

Благоустрій прилеглої території: відновлення узбіччя та облаштування місцевості.

Введення в експлуатацію: виконання тестових випробувань рухомого складу.

Здійснення цих заходів дозволяє знизити динамічні навантаження на колію, підвищити безпеку руху, забезпечити комфорт пасажиром та зменшити зношення рухомого складу й елементів інфраструктури.

Реконструкція залізничних станцій для впровадження швидкісного руху поїздів охоплює широкий спектр заходів, спрямованих на модернізацію інфраструктури, підвищення безпеки та забезпечення комфортного і швидкого перевезення. Основні аспекти реконструкції включають.

Перебудова колійного розвитку:

- виправлення основних колій для мінімізації радіусів кривих;
- заміна стрілочних переводів на варіанти з більшим радіусом

(наприклад, заміна марки 1/11 на 1/18);

- Скорочення кількості перехресть і стрілок на головних коліях.

Модернізація стрілочних переводів;

- установа високшвидкісних стрілочних переводів, що дозволяють рух зі швидкістю до 160 км/год і більше;

- застосування інноваційних матеріалів для зниження зношуваності та забезпечення плавності ходу.

Оновлення верхньої будови колії;

- заміна застарілих рейок на сучасні профілі типу UIC60, розраховані на високі навантаження;

- укладання щебеневого баласту з підвищеною несучою здатністю;

- впровадження безстикової колії за рахунок зварювання рейок.

Системи управління рухом:

- модернізація систем сигналізації та централізації, впровадження автоматичного контролю швидкості (ERTMS/ETCS);

- перехід на безсвітлофорну систему керування або встановлення сучасних світлофорів.

Реконструкція платформ:

- підвищення платформ до рівня підлоги вагонів для зручності пасажирів;

- подовження платформ для обслуговування довгих швидкісних поїздів;

- оснащення платформ навісами, ліфтами й ескалаторами.

Електрифікація:

- модернізація контактної мережі з використанням матеріалів, що витримують високі швидкості.

- збільшення потужності тягових підстанцій для підтримки швидкісного руху.

Модернізація інженерних споруд:

- реконструкція мостів, тунелів і шляхопроводів для відповідності сучасним вимогам.

- покращення систем водовідведення й гідроізоляції для продовження терміну служби споруд.

Оптимізація вантажних операцій:

- відокремлення вантажних колій від пасажирських.
- створення сучасних сортувальних гірок та майданчиків для маневрових робіт.

Усі ці заходи спрямовані на створення сучасної залізничної інфраструктури, яка відповідає стандартам швидкісного руху, забезпечуючи комфорт, ефективність і безпеку пасажирських і вантажних перевезень.

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту в умовах зростаючої конкуренції з іншими видами транспорту, такими як автомобільний і авіаційний. Крім того, реалізація заходів, спрямованих на підвищення швидкісного руху, сприятиме зменшенню витрат на перевезення, підвищенню енергоефективності та екологічності залізничного транспорту.

Завдання роботи включають:

- аналіз сучасного стану роботи роздільних пунктів;
- вивчення впливу швидкісного руху на ефективність перевезень;
- розробку пропозицій щодо модернізації інфраструктури та організації руху;
- оцінку економічної доцільності впровадження запропонованих заходів.

Основними методами дослідження є аналіз та синтез інформації, математичне моделювання, економічна оцінка, а також методи технічного аналізу, що дозволяють отримати обґрунтовані результати для досягнення поставленої мети.

У дослідженні зроблено акцент на практичному застосуванні отриманих результатів, які можуть бути використані для підвищення ефективності залізничного транспорту та розвитку транспортної інфраструктури країни.

Проблема підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах активно досліджується в контексті забезпечення ефективного функціонування залізничного транспорту. В сучасних умовах, коли конкуренція між різними видами транспорту постійно зростає, оптимізація роботи залізничної інфраструктури є необхідною умовою для покращення перевізного процесу, скорочення витрат та підвищення якості обслуговування.

## **1.2 Аналіз колійної інфраструктури, профілю і плану ділянки залізниці П'ятихатки – Верхівцеве**

Проблема підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах активно досліджується в контексті забезпечення ефективного функціонування залізничного транспорту. В сучасних умовах, коли конкуренція між різними видами транспорту постійно зростає, оптимізація роботи залізничної інфраструктури є необхідною умовою для покращення перевізного процесу, скорочення витрат та підвищення якості обслуговування.

Необхідно впроваджувати й більш дорогі заходи – реконструкцію залізниці, що включає заміну верхньої будови колії, штучних споруд та інших пристроїв залізниці, а також проведення реконструктивних робіт пов'язаних, перш за все, з перебудовою кривих і горловин станцій.

Район проектування Дніпропетровська область, Придніпровська залізниця. Кліматичні умови помірно-континентальні, ґрунти переважно суглинки. Ділянка П'ятихатки – Стикова – Верхівцеве, загальна протяжність колії 48971 м



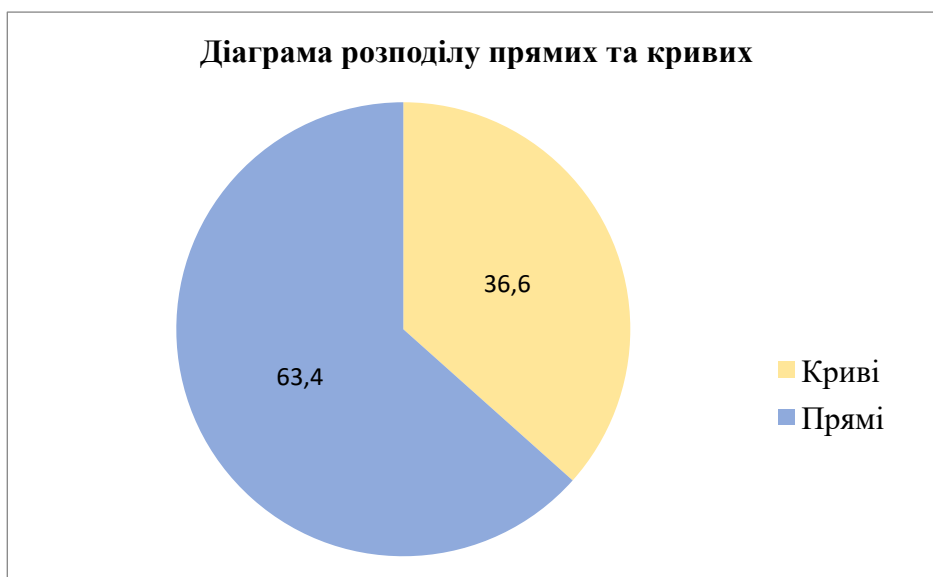


Рисунок 1.2 – Розподіл кривих та прямих

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

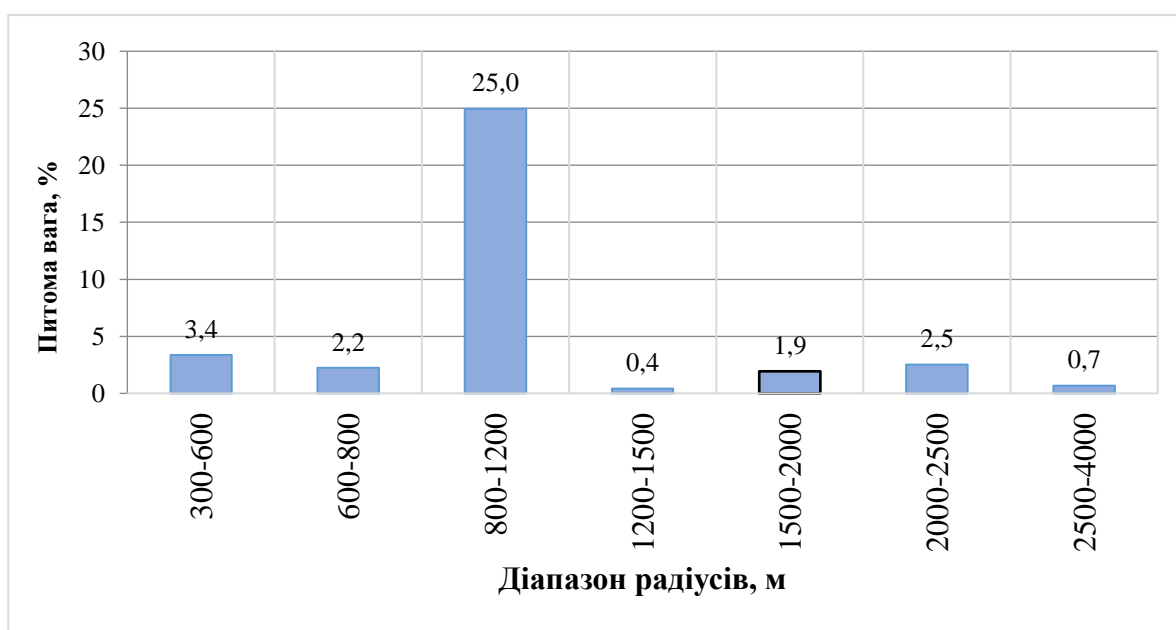


Рисунок 1.3 – Розподіл радіусів на ділянці

Проаналізувавши гістограму, можна зробити висновок, що план не 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.

*Характеристика профілю лінії.* Керівний ухил на ділянці 8‰. Максимальний ухил – 9,2‰. Розподіл ухилів наведено вище гістограми, рисунок 1.4.

Аналіз гістограми показав, що на ділянці переважають ухили з інтервалу 0...2‰ – приблизно 23% від загальної довжини, найбільші ухили 10,0‰. Розподіл ухилів на ділянці показав, що профіль є не складним.

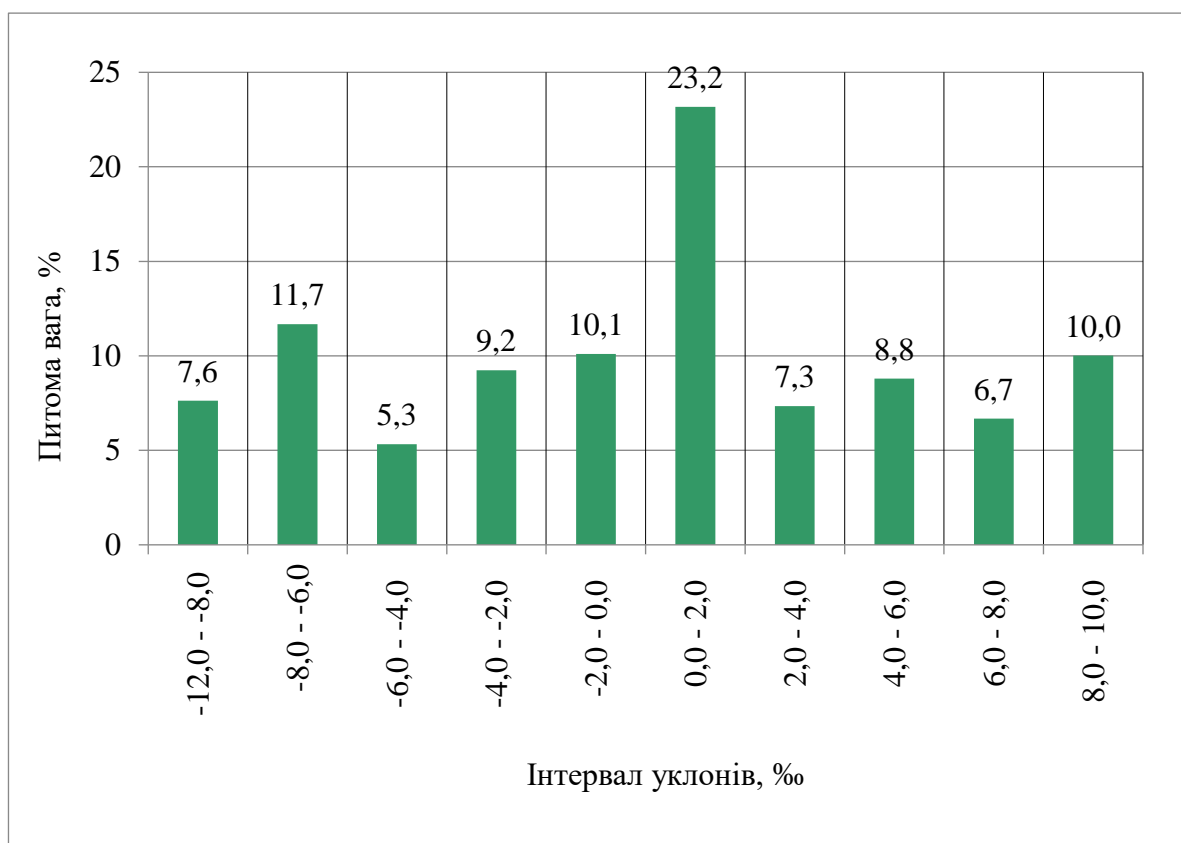


Рисунок 1.4 – Розподіл ухилів на ділянці

*Характеристика верхньої будови колії та земляного полотна.*

На головних коліях укладені рейки Р65 з залізобетонними шпалами на щебеновому баласті. Висота щебенового баласту складає 30 – 35 см, а піщаної подушки – 20 см.

Епюра шпал становить 1840 шт/км та 1600 шт/км.

Переважає частина земляного полотна – насипи, найбільший насип – 15 м

Ширина земляного полотна 11 м.

*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 на деяких перегонах та станціях діють такі обмеження швидкості (по головних коліях):

Таблиця 1.1 – 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

Аналіз показує, що перегін «П'ятихатки – Ерастівка» є одним із найскладніших з точки зору плану та профілю лінії. Основним елементом земляного полотна на цій ділянці є насип, для спорудження якого використовували ґрунти другої групи, отримані з розвіданих кар'єрів і виїмок. Максимальна висота насипу досягає близько 10 метрів.

На перегоні розташовано п'ять роздільних пунктів, три з яких є станціями, призначеними для прийому, обробки та відправлення поїздів. На трьох станціях обладнано острівні пасажирські платформи, які потребують реконструкції у разі збільшення швидкості руху понад 120 км/год.

Міжстанційні перегони оснащені автоматичним блокуванням. Для забезпечення ефективною експлуатації за умов підвищення швидкостей руху

необхідно розрахувати та скоригувати довжину блок-ділянок.

При підготовці лінії до впровадження швидкостей руху до 140 км/год у змішаних умовах пасажирського і вантажного руху необхідно вирішити дві основні задачі:

- визначити потрібне підвищення зовнішньої рейки в кривих заданого радіуса для забезпечення встановленої максимальної швидкості;
- визначити мінімальний радіус кривих, який слід прийняти під час реконструкції, якщо необхідне підвищення зовнішньої рейки не дозволяє досягти заданої швидкості.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Тягові розрахунки з використанням програми MoveRW

Програма «MoveRW» призначена для виконання тягових розрахунків, які дозволяють оцінити динамічні та енергетичні параметри руху поїздів. Вона 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;
- визначення сили тяги локомотива в залежності від маси складу, профілю колії, швидкості та інших параметрів;
- аналіз профілю та плану колії;
- визначення гальмівного шляху та можливості зупинки на заданій дистанції;
- аналіз впливу різних параметрів: Вплив ваги поїзда, кількості вагонів, типу локомотива та його потужності.

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.

Ця програма є важливим інструментом для досліджень і оптимізації роботи залізничного транспорту, особливо при впровадженні нових технологій і підвищенні швидкостей руху.

### 2.2 Введення вихідних даних в програму MoveRW

Для визначення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці були виконані тягові розрахунки за сертифікованою програмою «MoveRW», яка використовується на кафедрі

«Транспортна інфраструктура» УДУНТ [8]. Як вихідні дані задавалися параметри поздовжнього профілю та плану лінії, обмеження в кривих, на роздільних пунктах та інших бар'єрних місцях, а також дані про рухомий склад (рис. 2.1 – 2.7). Меню програми наведено на рис. 2.1.

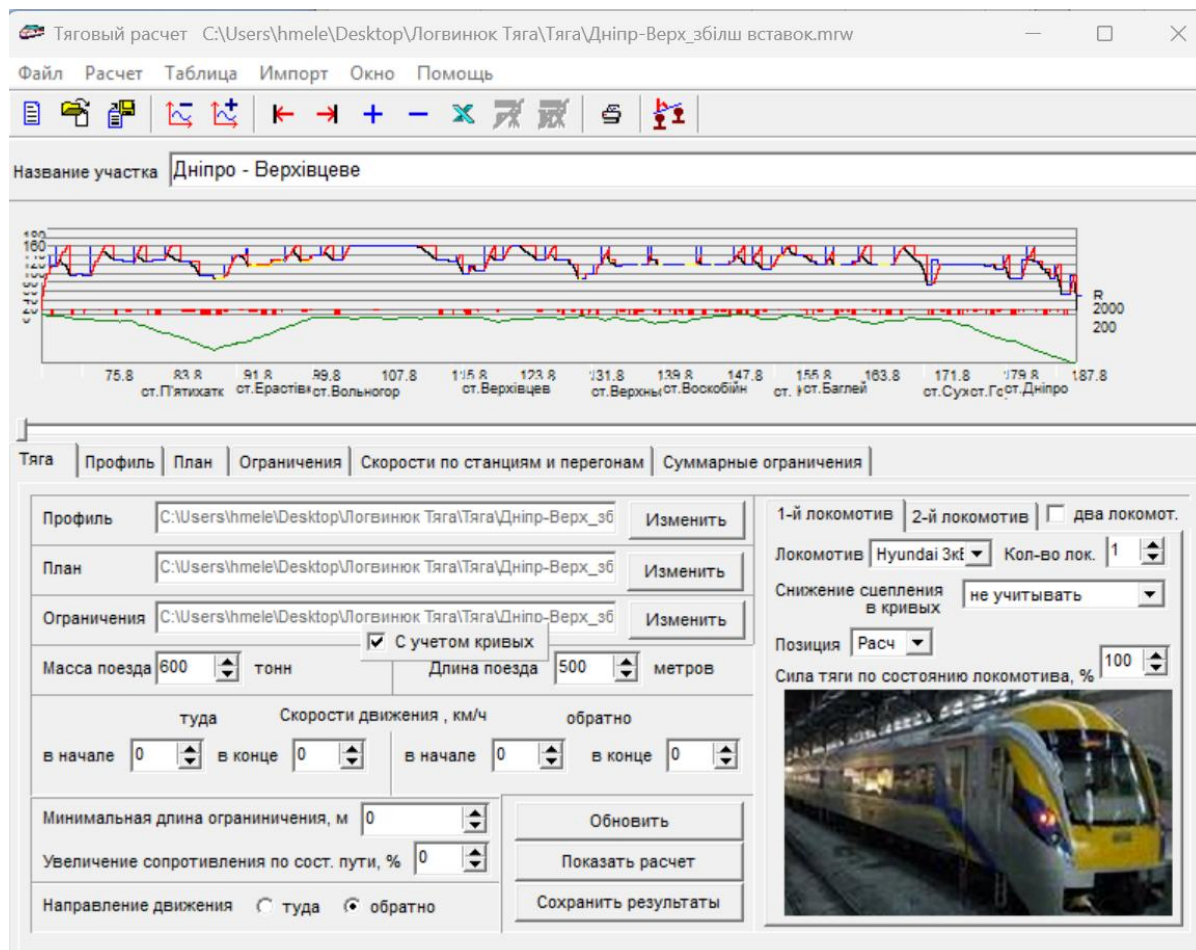


Рисунок 2.1 – Меню програми «MoveRW»

Вихідні дані про рухомий склад прийнято згідно з наказом від 23.11.2018 №628/Н. Керівний ухил на ділянці (непарний і парний напрямки) 8,8/8,3‰. Локомотиви: ВЛ8, ВЛ11у, ДЕ1. Уніфікована маса рухомого складу 5000/4600 тонн.

*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. 2.2). Тягові розрахунки виконуються від осі до осі станції.

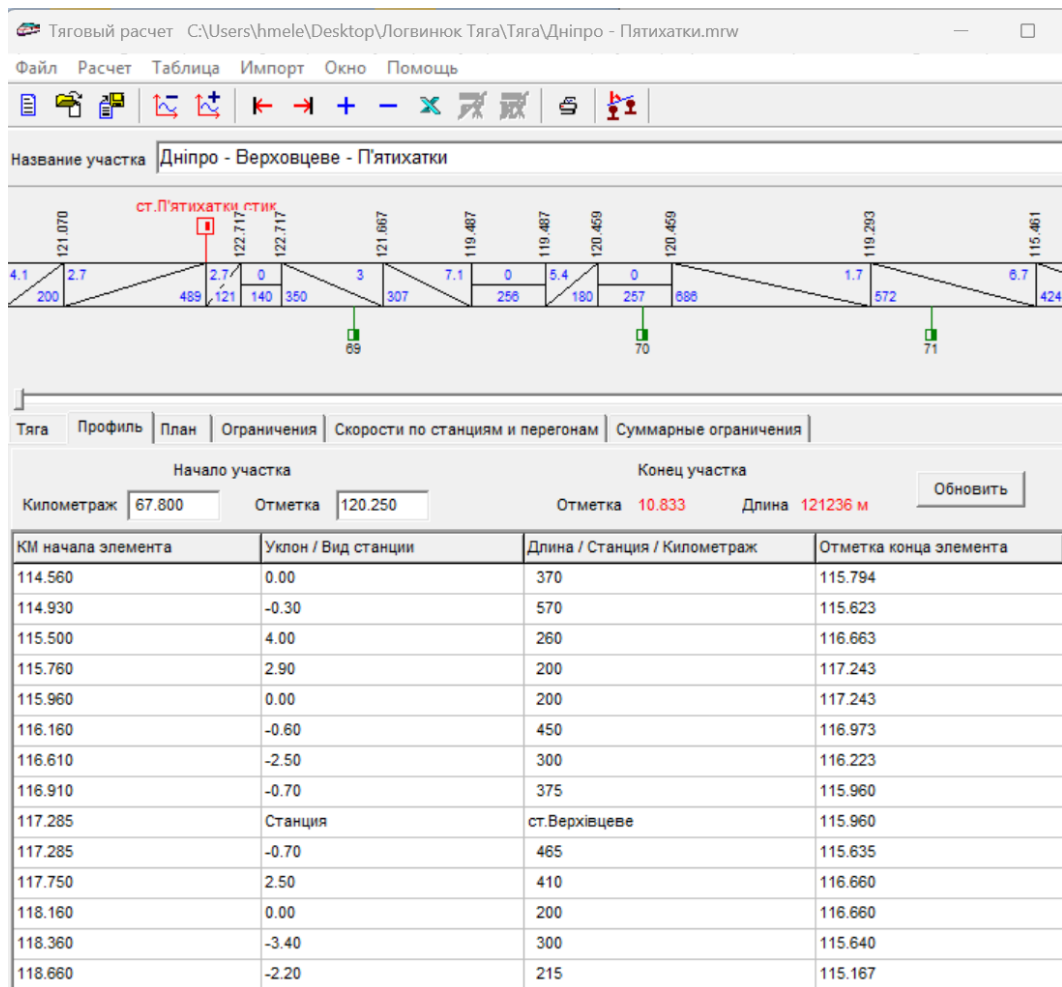


Рисунок 2.2 – Фрагмент поздовжнього профілю в електронному виді

*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. 2.3).

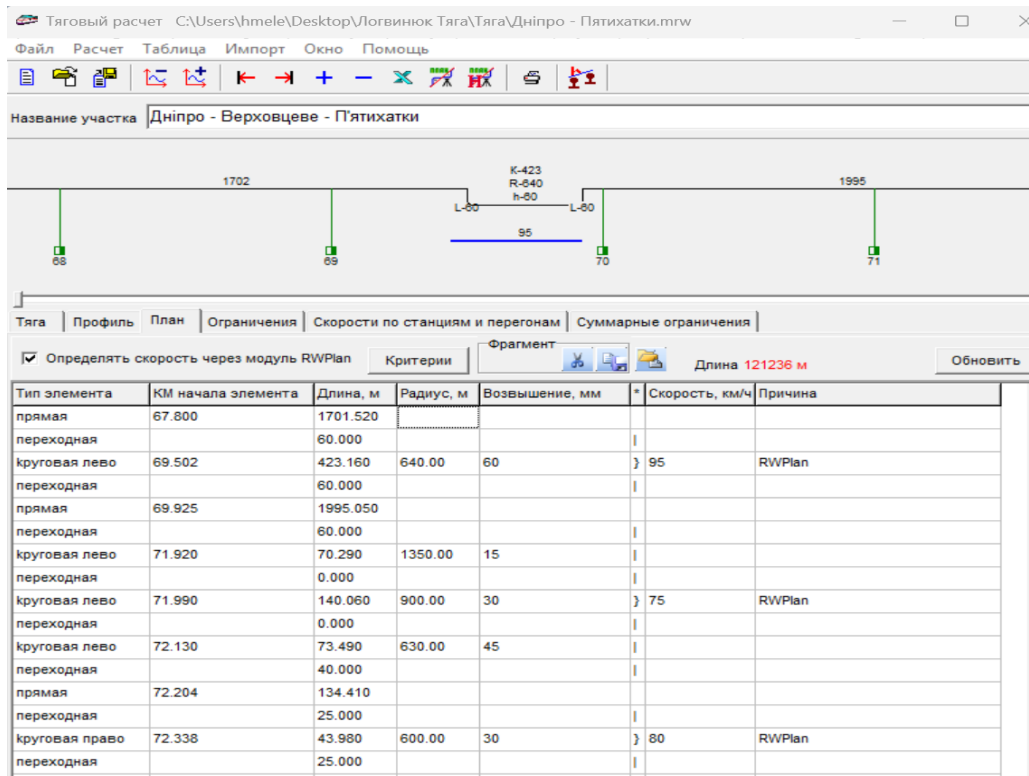


Рисунок 2.3 – Фрагмент плану ділянки

Для виконання тягових результатів необхідно ввести обмеження швидкості руху по станціям та перегонам (рис. 2.4).

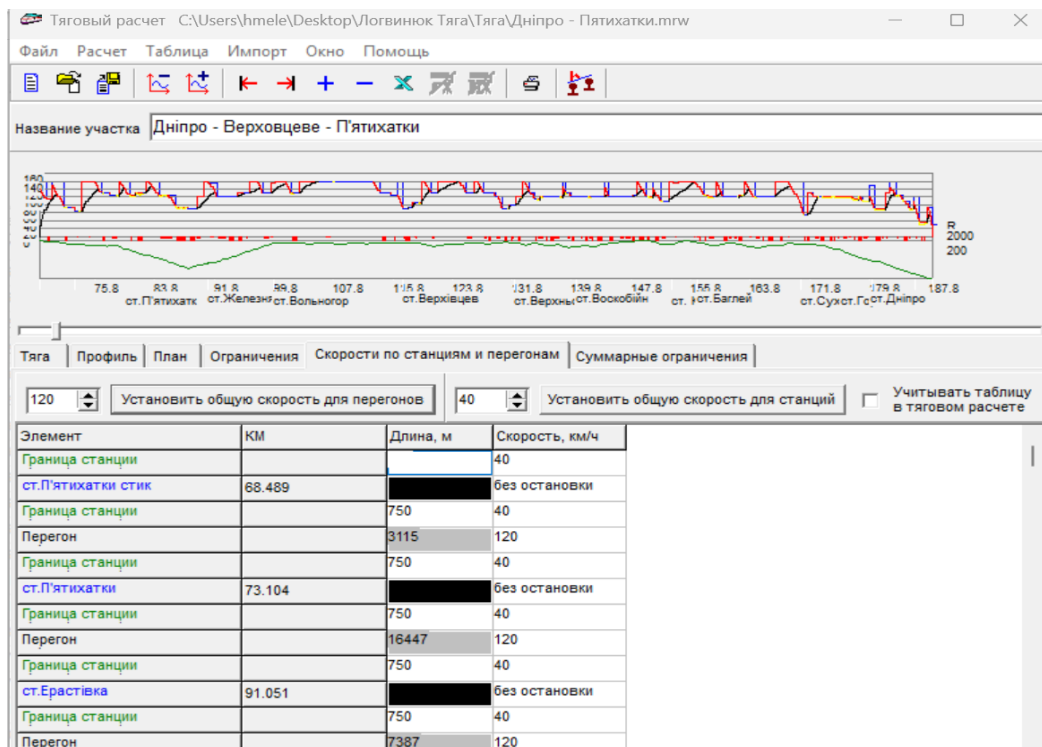


Рисунок 2.4 – Фрагмент обмеження швидкості руху по станціям та перегонам

### 2.3 Визначення допустимих швидкостей руху поїздів

Швидкість руху поїздів у поодиноких і сполучених кривих визначається відповідно до Правил ЦП-0236 [9]. Вона встановлюється з урахуванням забезпечення плавності руху, безпеки поїздок і комфорту пасажирів. За експлуатаційну допустиму швидкість приймається найменше значення, враховуючи параметри кривих, міцність колії та інші чинники (рис. 2.5).

Розглянемо приклад розрахунку допустимої швидкості руху поїздів у поодиноких і сполучених кривих на основі зазначених правил.

Швидкість у кривих ділянках колії визначається таким чином, щоб не перевищувати допустимі норми прискорень, і рекомендується розраховувати за формулою 2.1.

$$V = 3,6 \sqrt{R \left( [\alpha_{nn}] + \frac{g}{S} h \right)} \quad (2.1)$$

де  $R$  – радіус кривої, м;

$h$  – підвищення зовнішньої рейки, мм;

$[\alpha_{nn}]$  – допустиме значення прискорення,  $\text{м/с}^2$ .

За формулою 2.1 визначаємо допустиму швидкість в кривій, яка зображена на рисунку 2.5.

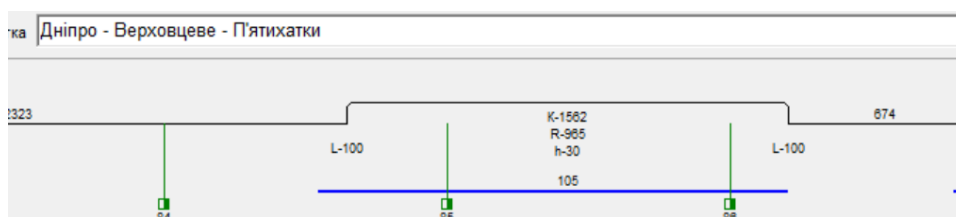


Рисунок 2.5 – Однорадіусна крива

$$V = 3,6 \sqrt{965([0,7] + 0,00613 \cdot 30) = 122 \approx 105 \text{ км/год}}$$

В залежності від крутизни відводу підвищення зовнішньої рейки в кривій допустима швидкість руху становить 160 км/год. Тому допустима швидкість в даній кривій становить 105 км/год.

Для трьохрадiусної кривої, яка зображена на рисунку 2.6 допустиму

швидкість визначаємо за допомогою графіків наведених у додатку Д [9]



Рисунок 2.6 – Трьохрадіусна крива

Визначити допустиму швидкість руху по трьохрадіусній складовій кривій, що має такі характеристики (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристика трьох радіусної кривої

$R_1 = 1350$ м	$L_0 = 60$ м	$L_1 = 0$	$h_1 = 15$ мм
$R_2 = 900$ м	$L_2 = 0$	$L_3 = 0$	$h_2 = 30$ мм
$R_3 = 630$ м	$L_4 = 0$	$L_5 = 40$ м	$h_3 = 45$ мм

$$V = 3,6\sqrt{1350([0,7] + 0,00613 \cdot 60)} = 118 \approx 120 \text{ км/год}$$

$$V = 3,6\sqrt{900([0,7] + 0,00613 \cdot 30)} = 102 \approx 100 \text{ км/год}$$

$$V = 3,6\sqrt{630([0,7] + 0,00613 \cdot 45)} = 89 \approx 90 \text{ км/год}$$

Прямі вставки і сполучаючи перехідні криві відсутні.

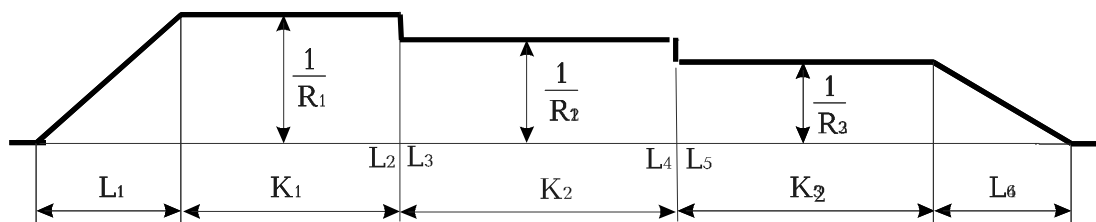


Рисунок 2.5 – Графік зміни кривизни на трьохрадіусній кривій

За методикою, викладеною в розділі 4 [9], визначаємо допустиму

швидкість руху, розглядаючи дані криві як одиночні. Одержимо  $V_{\text{доп}} = 80$  км/год (найменше обмеження для 1-ї кривої по  $[\alpha_{\text{нп пас}}] = 0,7$  м/с<sup>2</sup>).

Відповідно до табл. Д.1, формула (Д.7) [9] визначаємо різницю кривизни і різницю підвищення у точці сполучення кривих різних радіусів:

$$1\text{-а} - 2\text{-а криві: } \left( \frac{1}{1350} - \frac{1}{900} \right) = \frac{1}{2700}; (15 - 30) = -15 \text{ мм}$$

За графіком на рис. Д.4 [3] для  $[\psi] = 0,3$  м/с<sup>3</sup> (тому що  $\left( \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) > \frac{1}{3000}$ )

відповідно до отриманих значень встановлюємо  $V_{\text{доп}} = 83$  км/год,

$$2\text{-а} - 3\text{-я криві: } \left( \frac{1}{900} - \frac{1}{630} \right) = \frac{1}{2100}; (30 - 45) = -15 \text{ мм.}$$

За графіком на рис. Д.5 [9] для  $[\psi] = 0,6$  м/с<sup>3</sup> (тому що  $\left( \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) < \frac{1}{3000}$ )

відповідно до отриманих значень встановлюємо  $V_{\text{доп}} = 75$  км/год.

### 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 дільниці. Файли з результатами мають текстовий формат і можуть бути роздруковані будь-яким текстовим редактором, що працює в середовищі Windows.

Для вантажного руху прийнятий локомотив ВЛ10у з масою рухомого складу 4600/5000 т, для пасажирського руху – ЧС7 з масою состава 1000 т і Hyundai – 600 т. Результати тягових розрахунків наведено у таблиці 2.2.

Результати тягових розрахунків можуть бути сформовані в графічному вигляді поздовжній профіль і план ділянки з кривими швидкостей руху (рис. 2.6, 2.7).

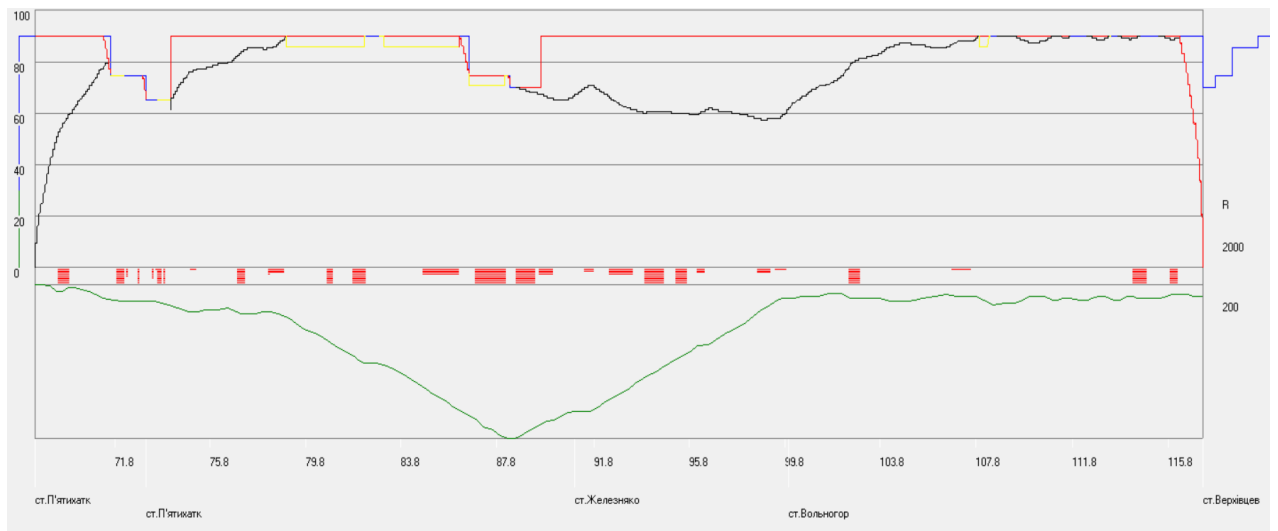


Рисунок 2.6 – Крива швидкості руху, план і поздовжній профіль  
(П'ятихатки – Верховівцеве, 4600 т)

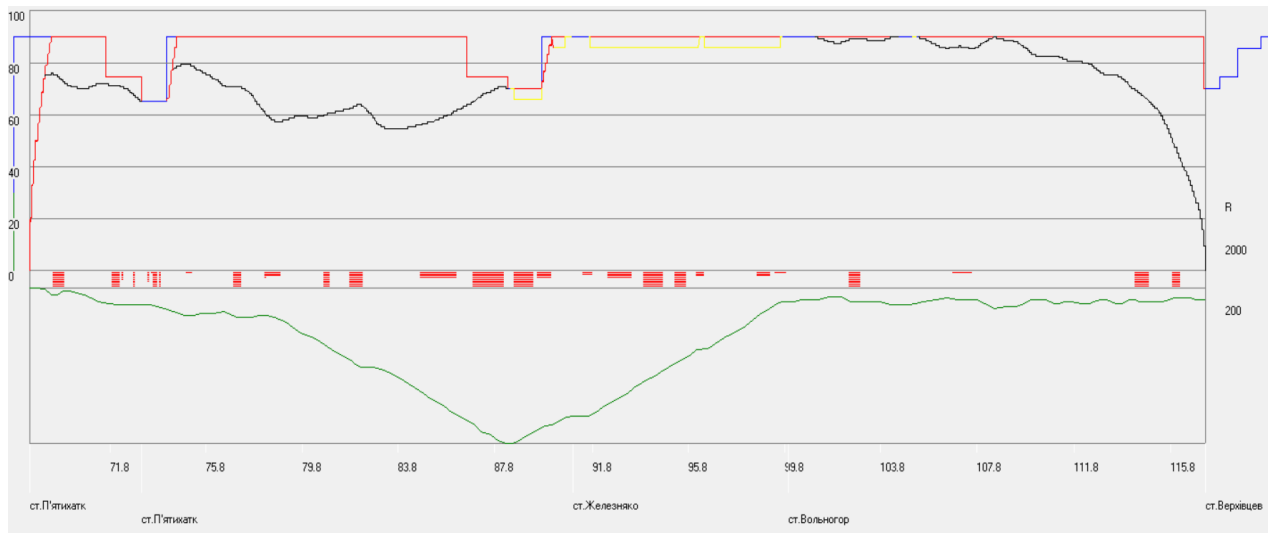


Рисунок 2.7 – Крива швидкості руху, план і поздовжній профіль  
(Верхівцеве – П'ятихатки, 5000 т)

Результати тягові розрахунки були виконані для пасажирського та вантажного рухомого складу наведені 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</b>					
Час руху, хв.	Парна	4,4	10,6	5,5	11,5
	Непарна	4,0	10,4	5,7	12,0
Витрати електроенергії, кВт·год	Парна	161,4	348,0	333,9	350,8
	Непарна	139,9	590,2	50,2	451,9
Середньоходова швидкість, км\год	Парна	62,0	101,0	96,0	92,0
	Непарна	69,0	103,0	94,0	88,0
<b>Вантажний</b>					
Час руху, хв.	Парна	6,2	14,9	10,1	16,1
	Непарна	5,2	17,2	6,9	16,4
Витрати електроенергії, кВт·год	Парна	236,6	378,3	985,3	673,8
	Непарна	176,3	1169,5	8,0	773,7
Середньоходова швидкість, км\год	Парна	45,0	72,0	53,0	66,0
	Непарна	53,0	63,0	77,0	64,0

Для подальшого аналізу на рисунках 2.8 – 2.13 наведені гістограми часу руху; витрат електроенергії та середньоходової швидкості на перегонах. Отримані результати тягових розрахунків дали можливість визначити відсоток використання швидкості на всій ділянці.

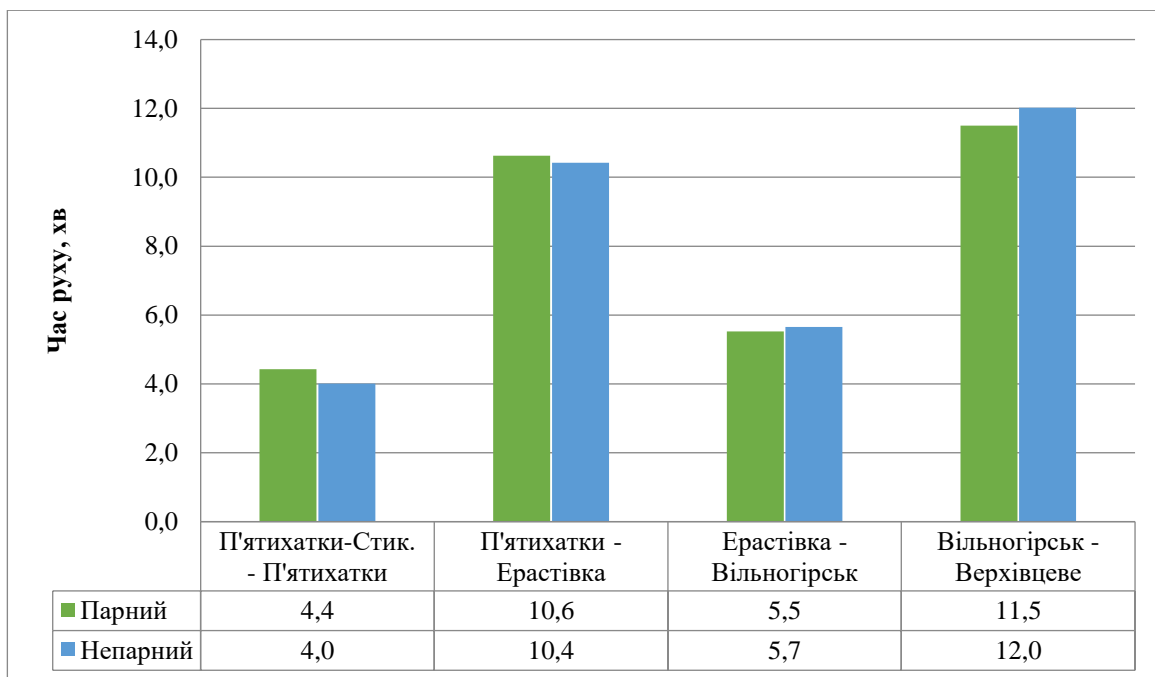


Рисунок 2.8 – Гістограма часу руху пасажирського поїзду

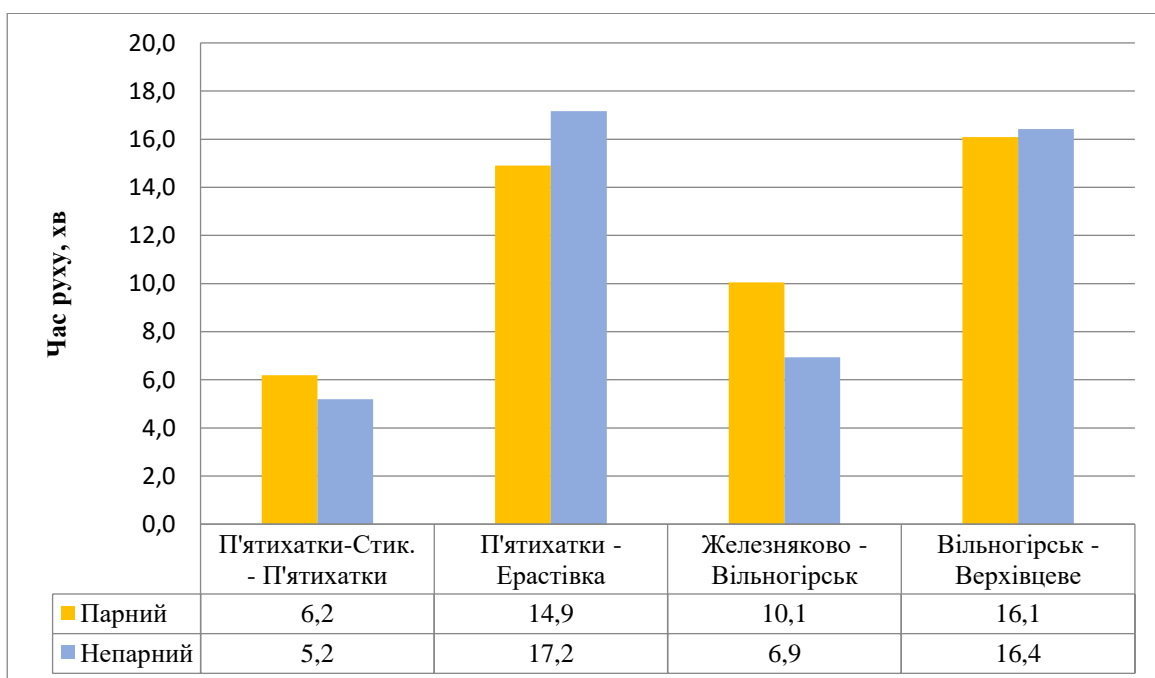


Рисунок 2.9 – Гістограма часу руху вантажного поїзду

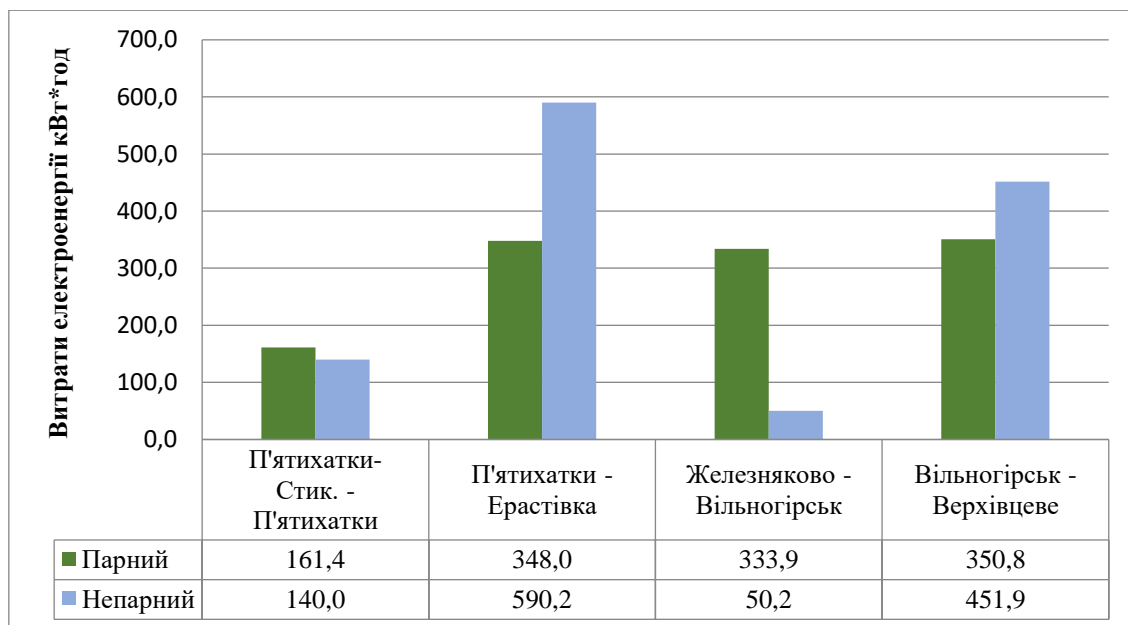


Рисунок 2.10 – Гістограма витрати електроенергії пасажирського поїзду

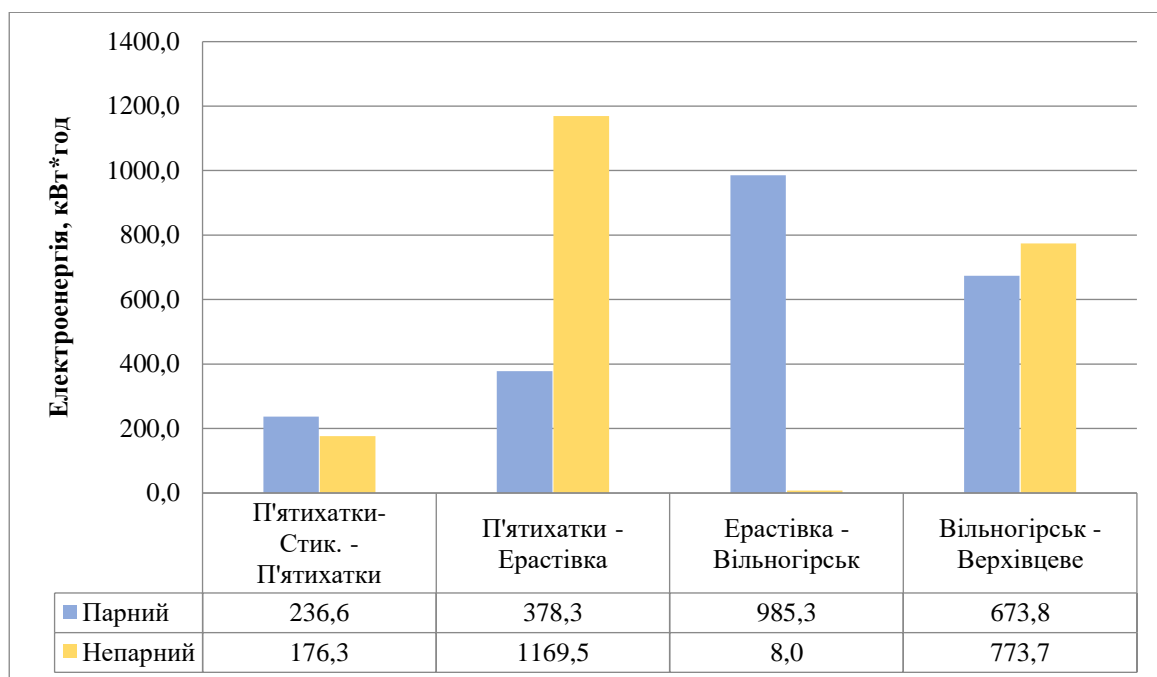


Рисунок 2.11 – Гістограма витрати електроенергії вантажного поїзду

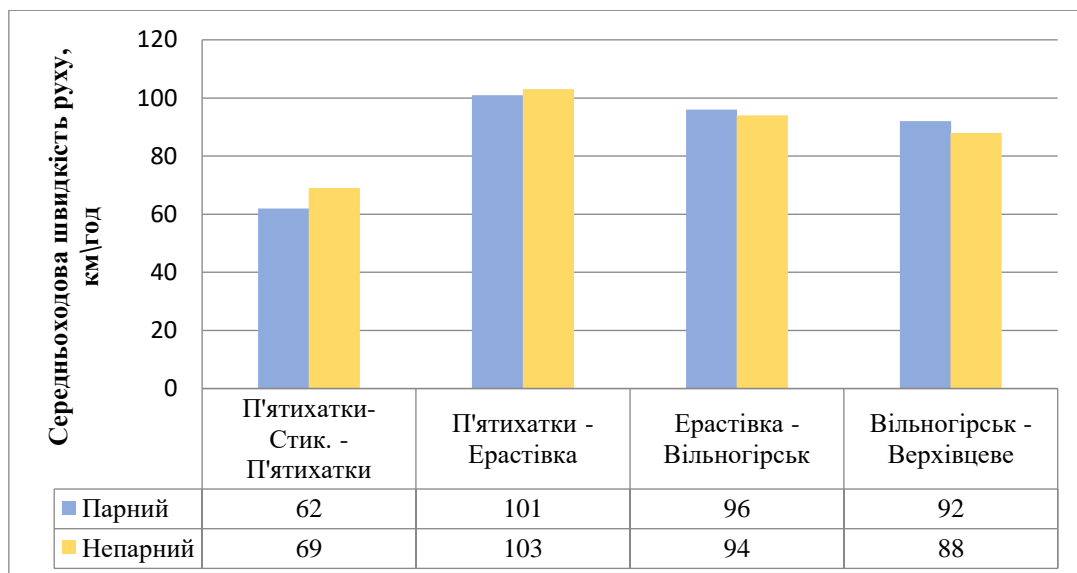


Рисунок 2.12 – Гістограма розподілу середньоходових швидкостей на ділянці пасажирських поїздів

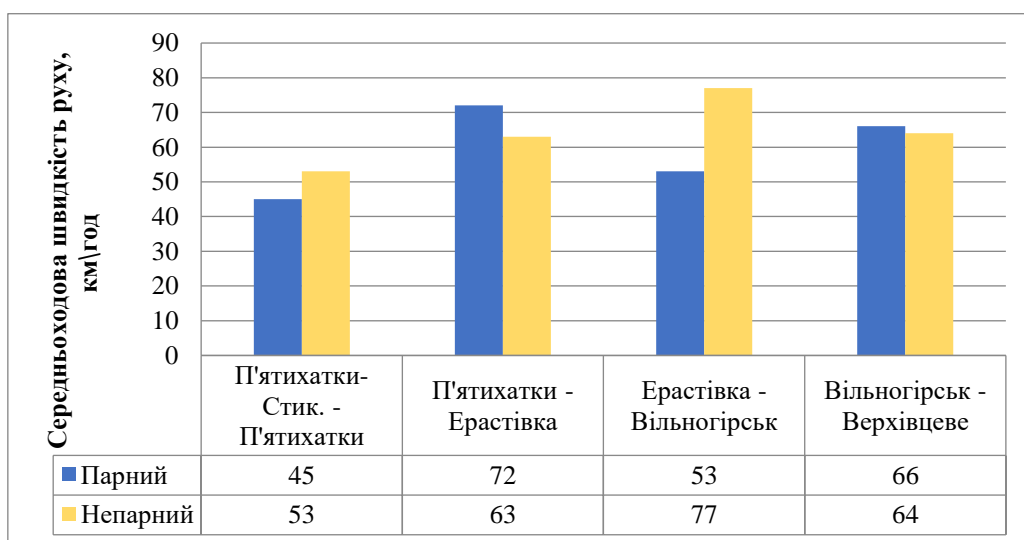


Рисунок 2.13 – Гістограма розподілу середньоходових швидкостей на ділянці вантажних поїздів

Аналіз гістограм показав що найбільший час руху та витрати електроенергії приходяться на перегін П'ятихатки – Ерастівка, це пояснюється тим що це найдовший перегін, а найменша середньоходова швидкість на перегоні – П'ятихатки-Стикова – П'ятихатки. З графіків середньо ходових швидкостей ми бачимо, що максимальна швидкість не використовується повною мірою на 25 % для вантажних, та на 27 % для пасажирських поїздів.

## 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Аналіз можливих варіантів підвищення швидкості на станціях

На напрямках прискореного руху, де ще не виконані роботи з відокремлення вантажного й пасажирського руху, мають місце й більш високі швидкості пасажирських поїздів. Тому в подальших розрахунках, для порівняння й виявлення негативних явищ такого суміщення, розглядаються максимальні швидкості до 160 км/год. При суміщеному русі максимальну швидкість 160 км/год можна реалізувати лише в кривих радіусів 1500 м і більше. Граничними значеннями для швидкості 140 км/год можна вважати радіуси кривих 1200-1400 м, а для швидкості 120 км/год – 1000-1200 м.

Підвищення швидкості при наявності кривих малого радіуса можливо лише при їх перебудові за рахунок збільшення радіуса або, частково, за рахунок встановлення збільшеного підвищення зовнішньої рейки, що можна забезпечити при переключенні частини вантажних перевезень на паралельний хід.

З роботи [10] випливає, що підвищити швидкість можна двома шляхами:

- збільшивши підвищення зовнішньої рейки  $h$  і, при необхідності, подовжити перехідні криві до величини  $l$ ;
- збільшивши радіус кругової кривої  $R$ .

Так як поставлене в магістерській роботі завдання передбачає підвищення швидкості руху поїздів через роздільні пункти, то виникає три варіанти: реконструкція горловин станцій і перебудова кривих на підходах до станцій або обидва варіанти одночасно.

Наприклад, швидкість  $V_{\max}=160$  км/год можна забезпечити при радіусі 1650 м і мінімальному підвищенні  $h=30$  мм, що відповідає мінімальній довжині перехідної кривої  $l=50$  м, або при мінімально допустимому радіусі  $R=1050$  м, що відповідає максимальному підвищенню 150 мм і довжині перехідної кривої  $l=220$  м.

Методика визначення мінімальних радіусів кривих за умов забезпечення міцності і стійкості колії і рухомого складу, безпеки руху і комфорту пасажирів

викладена в роботі [11].

Підвищення зовнішньої рейки в кривих визначається, в основному, з використанням двох формул:

$$h_{розр} = 12,5 \cdot \frac{V_{срзв}^2}{R}, \quad (3.1)$$

$$h_{min} = 12,5 \cdot \frac{V_{max\,nac}^2}{R} - 115. \quad (3.2)$$

Підвищення зовнішньої рейки, обчислене за першою формулою, мінімізує вплив поперечних сил на рейкові нитки, що створює сприятливі умови для роботи колії під навантаженням усіх поїздів, які проходять криву. Метод розрахунку середньозваженої швидкості з урахуванням тоннажу враховує, що по кривій рухаються поїзди різних категорій із різними швидкостями — від найнижчої до максимально допустимої.

При встановленні підвищення, визначеного другою формулою, беруть до уваги обмеження непогашених прискорень, спрямованих від центру, відповідно до норми для найшвидшого швидкого поїзда нормою  $[\alpha_{nn}]_{nac} = 0,7 \text{ м/с}^2$

У кривих із радіусами 1900–1700 м і 1400–1300 м підвищення зовнішньої рейки, необхідне для забезпечення швидкості 140 км/год, може бути надмірним для вантажних потягів, які рухаються з меншою, ніж середньозважена, швидкістю. Це може призвести до перевантаження внутрішньої рейкової нитки, збільшення поперечних сил, що розширюють колію, а також до прискореного зношування елементів колії та рухомого складу. Щоб уникнути таких наслідків, рекомендоване підвищення не повинно перевищувати значень, розрахованих за формулою:

$$h_{max} = 12,5 \cdot \frac{V_{min\,ван}^2}{R} + 50. \quad (3.3)$$

У формулі (3.3) значення 50 мм це надлишкове підвищення в порівнянні з підвищенням, отриманим за формулою (3.1), при якому забезпечується неперевищення непогашеного прискорення направлено у середину кривої  $[\alpha_{nn}]_{ван} = -0,3 \text{ м/с}^2$ . Рациональний рівень непогашених прискорень для вантажних

поїздів  $\pm 0,3 \text{ м/с}^2$  був прийнятий за умови мінімального зносу рейкової колії. Допустимим значенням щодо безпеки руху й комфортності для пасажирів є непогашені прискорення  $0,7 \text{ м/с}^2$ .

У кривих радіусами менше 1200 м при  $V_{\max} = 140 \text{ км/год}$ , як правило, настає обмеження підвищення за третім критерієм (формула 3.3). У цьому випадку потрібно виконувати перебудову кривих.

З формули (3.3) випливає, що для визначення  $R_{\min}$  необхідно знати значення ходових швидкостей поїздів усіх категорій.

На рис. 3.1 наведено зведені графіки, що враховують виконання декілька умов одночасно і виключають помилки при знаходженні  $R_{\min}^{\text{рек}}$  і  $R_{\min}^{\text{дон}}$ .

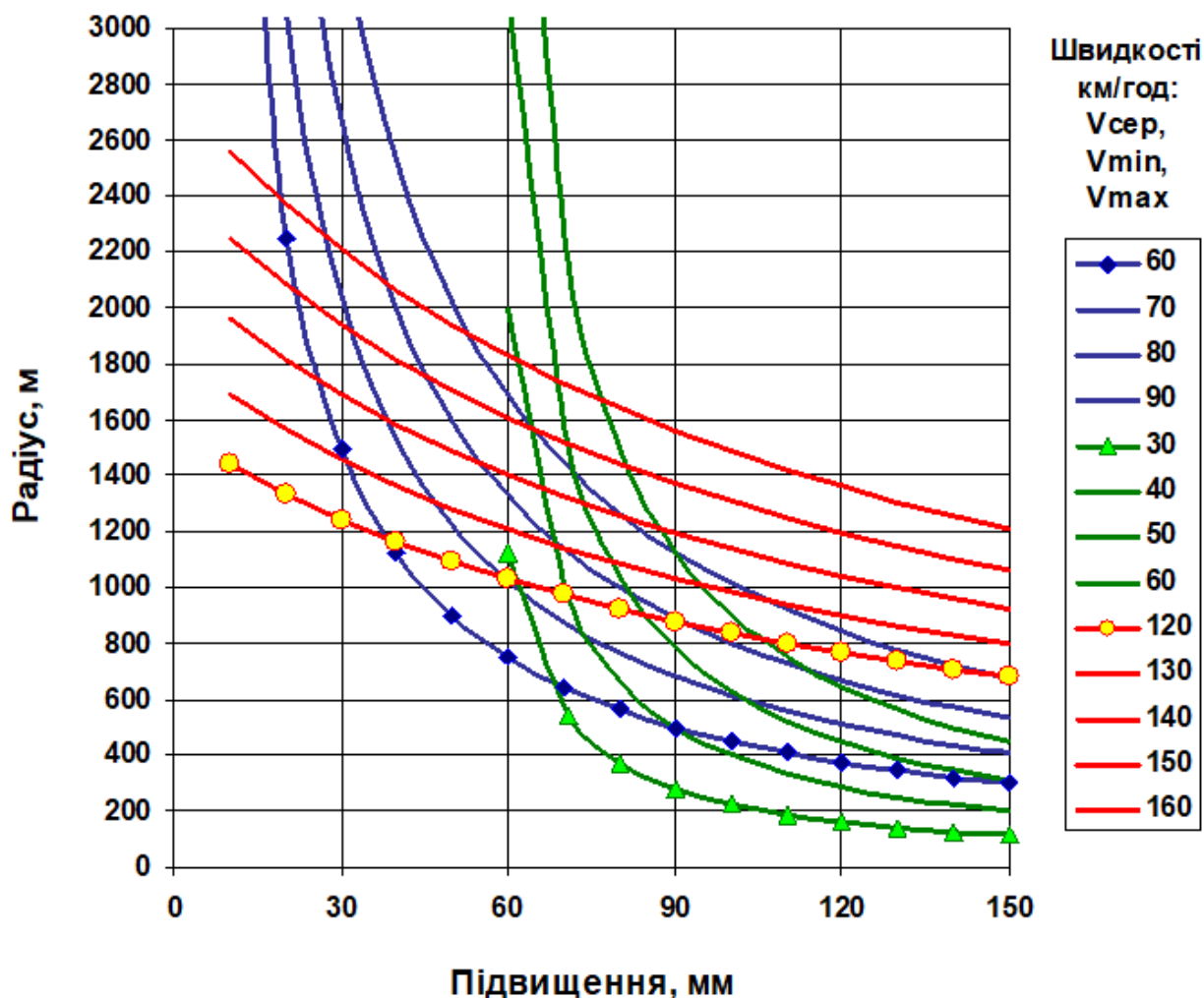


Рисунок 3.1 – Графіки залежності радіуса від та підвищення зовнішньої рейки в кривій [ЦП-0236, рис. А4]

Таблиця 3.1 – Параметри кривих до і після перебудови перехідних кривих

прямая	72.382	422.060							
переходная		0.000							
круговая лево	72.804	108.490	720.00	20				75	
переходная		0.000							
прямая	72.913	482.700							
переходная		0.000							
круговая право	73.395	77.960	500.00	25				65	
переходная		0.000							
прямая	73.473	92.390							
переходная		0.000							
круговая право	73.566	26.180	2000.00	15				105	
переходная		0.000							
прямая	73.592	54.100							

прямая	72.382	402.06							
переходная		40							
круговая лево	72.784	148.49	720.00	40				95	
переходная		40							
прямая	72.933	442.7							
переходная		40							
круговая право	73.375	130.46	500.00	40				75	
переходная		40							
прямая	73.506	59.89							
переходная		0.000							

прямая	117.551	115.550							
переходная		0.000							
круговая лево	117.667	233.940	790.00	20					
переходная		0.000							
круговая лево	117.901	110.390	1060.00	30				75	
переходная		0.000							
круговая лево	118.011	99.830	780.00	45					
переходная		0.000							
круговая лево	118.111	160.740	900.00	30					
переходная		30.000							
прямая	118.272	99.930							

прямая	117.571	75.55							
переходная		40							
круговая лево	117.647	273.94	790.00	40					
переходная		40							
круговая лево	117.921	105.39	1060.00	30				95	
переходная		30							
круговая лево	118.026	99.83	780.00	45					
переходная		30							
круговая лево	118.126	145.74	900.00	30					
переходная		30.000							
прямая	118.272	99.930							

Таблиця 3.2 – Параметри кривої до і після збільшення радіуса

Місце знаходження	До реконструкції				Після реконструкції			
	Параметри кривої			$V_{\text{доп}}$ , км/Год	Параметри кривої			$V_{\text{доп}}$ , км/год
	R, м	h, мм	l, м		R, м	h, мм	l, м	
км 76–77	1052	100	100	130	1200	90	120	140

Виходячи з попереднього матеріалу, в таблиці 3.1 наведено перелік кривих на ділянці «П'ятихатки – Верхівцеве», що потребують збільшенню підвищення зовнішньої рейки й подовженню перехідних кривих, а в табл. 3.2 – збільшення радіусу.

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

Для встановлення впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці були виконані тягові розрахунки за програмою «MoveRW» для вантажного й пасажирського руху.

Нижче наведені результати для поїзда Hyundai, масою 600 т, табл. 3.3 і вантажного поїзда, локомотив ВЛ10у, масою 4600/5000 т, табл. 3.4.

Таблиця 3.3 – Результати тягових розрахунків (Hyundai)

Характеристика руху	Напрямок руху	Відстань, м	V max, км/год	Vcp, км/год	Витрати, кВт-год	Мех робота, ткм	Робота гальм, ткм	Час руху, хв.
Hyundai, Q = 600 тонн								
Vстанц 80 км/год	на Дніпро	48796	140	97	1365,1	412,8	240,4	30,1
	на Верхівцеве	48796	140	97	1380,5	417,5	233,7	30,1
Vстанц 90 км/год	на Дніпро	48796	140	99	1364,0	412,6	237,4	29,6
	на Верхівцеве	48796	140	99	1370,2	414,5	229,2	29,6
Vстанц 100 км/год	на Дніпро	48796	140	100	1364,4	412,8	236,3	29,3
	на Верхівцеве	48796	140	100	1367,6	413,7	226,3	29,3
Vстанц 110 км/год	на Дніпро	48796	140	101	1376,0	416,5	238,2	29,0
	на Верхівцеве	48796	140	101	1375,0	416,01	226,7	29,0
Vстанц 120 км/год	на Дніпро	48796	140	101	1415,3	428,4	248,8	28,9
	на Верхівцеве	48796	140	101	1417,9	429,0	238,3	28,9

Таблиця 3.4 – Результати тягових розрахунків (ВЛ10у)

Характеристика руху	Напрямок руху	Відстань, м	V max, км/год	Vcp, км/год	Витрати, кВт-год	Мех робота, ткм	Робота гальм, ткм	Час руху, хв.
ВЛ10, Q = 4600/5000 тонн								
Vстанц 40 км/год	на Дніпро	48796	90	59	2925,7	966,5	568,2	49,5
	на Верхівцеве	48796	90	60	3060,9	1029,7	577,3	48,8
Vстанц 60 км/год	на Дніпро	48796	90	69	2725,5	923,2	494,7	42,4
	на Верхівцеве	48796	90	67	2880,3	977,4	503,7	43,6
Vстанц 80 км/год	на Дніпро	48796	90	71	2712,9	920,4	481,6	41,0
	на Верхівцеве	48796	90	70	2774,8	941,7	450,1	41,6

Доцільно порівняти витрати електроенергії й час руху швидкісного поїзда Hyundai при різних швидкостях проїзду станцій, табл. 3.3.

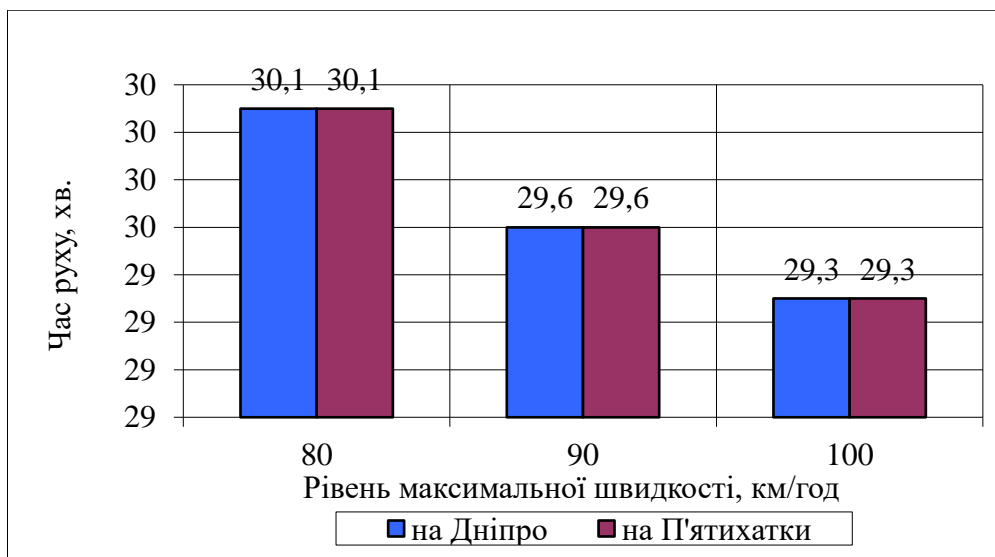


Рисунок 3.2 – Час руху поїзда Hyundai при швидкостях по станціям 80, 90 і 100 км/год

З аналізу гістограми (рис. 3.2) випливає, що при підвищенні швидкості по станціям з 80 до 100 км/год скорочуються витрати на гальмування й розгін поїзда, що призводить до скорочення часу руху до 2-3%.

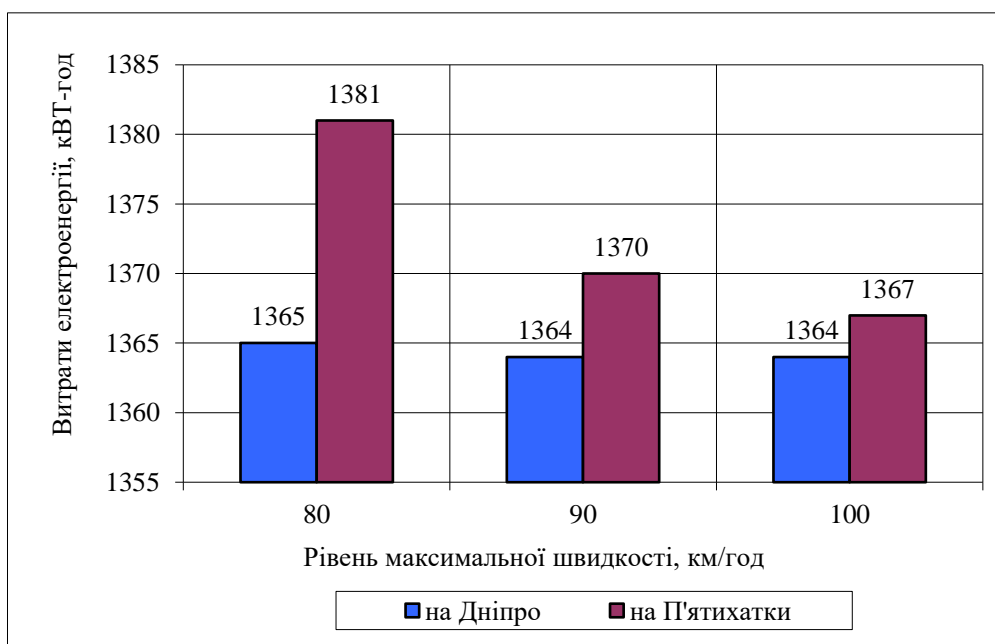


Рисунок 3.3 – Витрати електроенергії поїзда Hyundai при швидкостях по станціям 80, 90 і 100 км/год

З аналізу гістограми (рис. 3.3) випливає, що при підвищенні швидкості по станціям з 80 до 100 км/год скорочуються витрати на гальмування й розгін

поїзда, що призводить до скорочення витрат електроенергії до 1%.

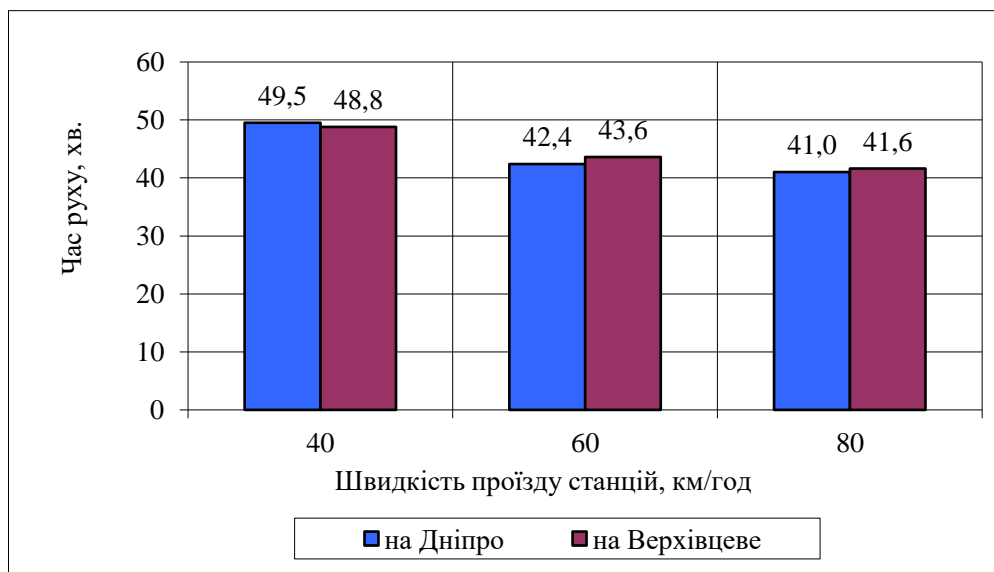


Рисунок 3.4 – Витрати часу руху поїзда з локомотивом ВЛ10у при швидкостях по станціям 40, 60 і 80 км/год

З аналізу гістограми (рис. 3.4) випливає, що при підвищенні швидкості по станціям з 40 до 80 км/год скорочуються витрати на гальмування й розгін поїзда, що призводить до скорочення часу руху на 5-7%.

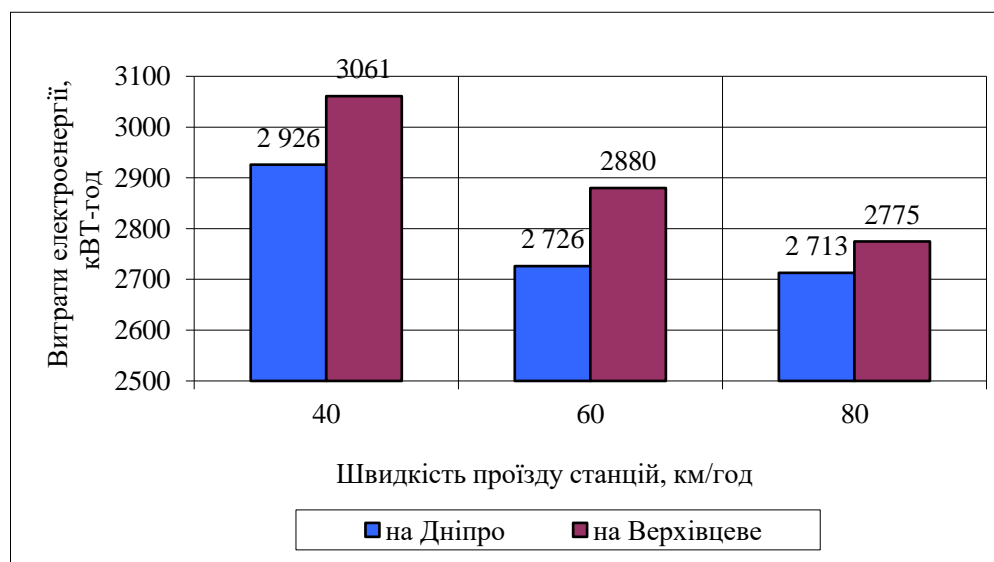


Рисунок 3.5 – Витрати електроенергії поїзда з локомотивом ВЛ10у при швидкостях по станціям 40, 60 і 80 км/год

З аналізу гістограми (рис. 3.5) випливає, що при підвищенні швидкості по станціям з 40 до 80 км/год скорочуються витрати на гальмування й розгін поїзда,

що призводить до скорочення витрат електроенергії у напрямку Верхівцеве на 9,3%, у зворотному – на 7,3%.

Наявність складного плану і великої кількості обмежень швидкості руху не дозволяють без перебудови кривих впроваджувати швидкісний рух поїздів. За таких умов слід обмежитися прискореним рухом поїздів.

### 3.3 Обґрунтування ефективності підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах.

Час руху пасажирського поїзда по ділянці П'ятихатки – Дніпро згідно зі службовим розкладом руху поїздів складає відповідно 46 і 34 хвилини для непарного і парного напрямків, табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Час руху і стоянки по перегонах і станціям за розкладом пасажирського поїзда

Станції	Час руху і стоянки поїзда, хв.	
	парний напрямок	непарний напрямок
П'ятихатки пас	44	32
Верхівцеве	2	2

Як основні причини, що впливають на час руху, можна виділити наступні:

- втрати часу на розгін і гальмування поїзда для зупинки на станції;
- обмеження швидкості руху за параметрами плану лінії;
- обмеження швидкості руху за станом верхньої будови колії.

Для швидкісного поїзда розглядається рух із зупинками тільки на початку і кінці ділянки – ст. Дніпро і ст. П'ятихатки-Стикова (технічна зупинка для зміни локомотива).

Таким чином, як початкові умови приймемо поточний стан ділянки (до реконструкції), і невинний рух. Для такого варіанта визначимо можливий час руху. Для цього виконані тягові розрахунки, що враховують поздовжній профіль ділянки, параметри плану й обмеження швидкості, викликані станом колії. Результати тягових розрахунків у табличному вигляді наведені у додатку А і Б. За їх результатами час руху прискореного поїзда складає 30 хвилини для

непарного і парного варіантів, а після реконструкції роздільних пунктів і корегування параметрів кривих – 29 хв. Для вантажного поїзда відповідно 49 і 41 хв.

Таблиця 3.4. – Рекомендовані швидкості пасажирського поїзда і послідовність робіт для реконструкції ділянки П'ятихатки – Верхівцево

Найменування об'єкта (станція, перегін)	Швидкість після реконструкції, км/год	
	непарна колія	парна колія
П'ятихатки Стикова	100	80
П'ятихатки Ст. – П'ятихатки	100	100
П'ятихатки	100	100
П'ятихатки – Ерастівка	120	120
Ерастівка	100	100
Ерастівка – Вільногірськ	120	120
Вільногірськ	100	100
Вільногірськ – Верхівцево	140	140
Верхівцево	80	80

На напрямку П'ятихатки – Верхівцево, враховуючи розгін і гальмування, швидкість руху 140 км/год може бути реалізована на ділянках 104 км – 112 км, швидкість 120 км/год на 76 км, 83 км, 90 км і 100 км102 км.

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

### **4.1 Вимоги безпеки праці під час реконструкції ділянки Пятихатки-Стикова – Верховцевес Придніпровської залізниці**

Усі перешкоди для руху, включаючи місця, які вимагають зупинки на перегоні та станції, а також зони виконання робіт, небезпечні для руху (з обов'язковим зменшенням швидкості або зупинкою), повинні бути захищені сигналами з обох боків незалежно від наявності очікуваних поїздів. Начальник залізниці визначає перелік перегонів із вказівкою відстані Б, на якій слід укласти петарди, та відстані А, на якій встановлюються сигнали зменшення швидкості, залежно від ухилу та максимальної допустимої швидкості на перегоні [12, 14].

Для зон виконання робіт, що вимагають зупинки поїздів, якщо фронт робіт не перевищує 200 м на одній чи обох коліях двоколійної ділянки, встановлюються сигнали зупинки. На відстані 50 м від межі робочої зони по обидва боки розміщуються переносні червоні сигнали, що знаходяться під наглядом керівника робіт. Від цих сигналів на відстані Б укладаються по три петарди. На 200 м далі від першої петарди, ближчої до місця робіт, встановлюються переносні сигнали зменшення швидкості. Усі сигнали зменшення швидкості та петарди мають бути під наглядом сигналістів, які знаходяться на 20 м від першої петарди в напрямку робочої зони. Сигналісти повинні мати ручні червоні сигнали: вдень — червоний прапорець, уночі – ліхтар із червоним світлом, спрямованим у бік очікуваного потяга [13].

Для виконання робіт на розгорнутому фронті (більше 200 м) огороження здійснюється так: переносні червоні сигнали встановлюються на відстані 50 м від межі робочої зони та перебувають під наглядом сигналістів. Якщо міжколійя має ширину менше 6 м, сигналісти перебувають на узбіччі та слідкують за підходом поїздів. При підході потяга крайньою колією, де знаходиться сигналіст, і відсутності перешкод на цій колії, поїзд зустрічають із жовтим прапорцем.

Якщо робоча зона на перегоні розташована поблизу станції й неможливо здійснити огороження стандартним порядком, її захищають із боку перегону,

як зазначено вище, а з боку станції встановлюють переносний червоний сигнал на осі колії проти вхідного сигналу (або сигнального знака «Межа станції») з укладанням трьох петард, які охороняє сигналіст (рисунок 4.1) [13]. Якщо зона робіт знаходиться ближче 60 м від вхідного сигналу, петарди з боку станції не встановлюються.



Рисунок 4.1 – Схема огороження місць виконання робіт, що вимагають зупинки поїздів, на перегоні поблизу станції при установці переносного червоного сигналу зупинки напроти знака «Межа станції»

Коли місце робіт перебуває поблизу станції, у «Журналі огляду шляхів», стрілочних переводів, пристроїв СЦБ, зв'язку й контактній мережі робиться запис про прийом поїздів із зупинкою на станції й про порядок їхнього відправлення [14].

Якщо по цьому місцю робіт після зняття сигналів зупинки поїзда повинні пропускатися зі зменшенням швидкості, то з боку перегону воно захищається встановленим порядком, а з боку станції проти гостряків вихідної стрілки й проти вхідного сигналу встановлюються переносні жовті сигнали й на відстані 50 м від місця робіт – сигнальні знаки «Початок небезпечного місця» і «Кінець небезпечного місця» (рисунок 4.2).

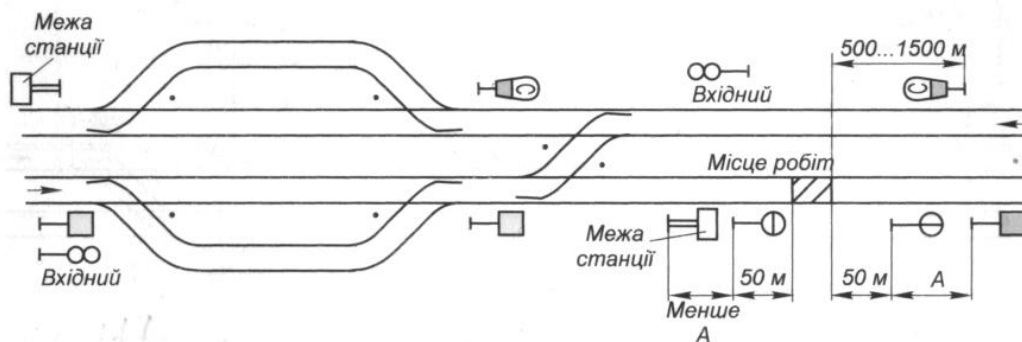


Рисунок 4.2 – Схема огородження місць виконання робіт, що вимагають прямування поїздів зі зменшеною швидкістю, на перегоні поблизу станції

При наближенні поїзда до переносного жовтого сигналу машиніст зобов'язаний подати один довгий звуковий сигнал локомотива (або моторвагонного поїзда). У разі наближення до сигналіста з ручним червоним сигналом машиніст має подати сигнал зупинки та вжити заходів для негайної зупинки поїзда, щоб уникнути проїзду переносного червоного сигналу.

Місця виконання робіт на перегонах, що вимагають руху поїздів із зменшеною швидкістю, огорожуються з обох боків на відстані 50 м від межі робочої зони. Для цього встановлюються переносні сигнальні знаки «Початок небезпечного місця» та «Кінець небезпечного місця». На відстані А від цих знаків розміщуються переносні сигнали зменшення швидкості.

Машиніст, під'їжджаючи до таких зон, має діяти відповідно до зазначених сигналів, щоб забезпечити безпечний рух та виконання робіт.

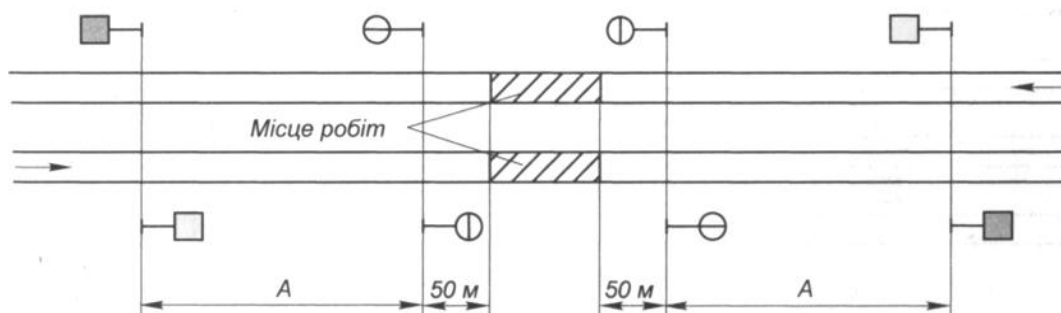


Рисунок 9.3 – Схема огородження місць виконання робіт, що вимагають прямування поїздів із зменшеною швидкістю, на перегоні на обох коліях двоколійної ділянки

### 1. Захист місць робіт поблизу станцій

Якщо місце роботи розташоване поблизу станції, то:

- з боку перегону воно огорожується за стандартними правилами.
- з боку станції сигнали зменшення швидкості встановлюються біля гостряків вихідної стрілки, біля вхідного сигналу, а за наявності маршрутних сигналів – біля них.

### 2. Дії машиніста при наближенні до сигналів

- при наближенні до жовтого сигналу подається один довгий свисток.
- швидкість на ділянці, огороженій знаками «Початок небезпечного місця» і «Кінець небезпечного місця», не повинна перевищувати вказану в попередженні, а за його відсутності – 25 км/год.

### 3. Переносні сигнальні знаки «С»

- встановлюються для попередження працюючих про наближення поїзда.
- розташовуються на відстані 500–1500 м від місця робіт (800–1500 м для швидкостей понад 120 км/год).
- при наближенні до знака «С» машиніст подає один довгий свисток.

### 4. Особливості робіт у тунелях і на мостах

- ділянка робіт охоплює всю довжину моста чи тунелю.
- сигнали та петарди розташовуються поза межами споруд (за порталом тунелю чи підвалиною моста).
- при складності передачі сигналів застосовується зв'язок або виставляються проміжні сигналісти.

### 5. Порядок встановлення сигналів і укладання петард

- спочатку встановлюються жовті сигнали та, за потреби, знаки «С».
- петарди розміщуються від жовтого сигналу в напрямку до місця робіт (20 м між петардами).
- сигналісти з червоними сигналами стоять на узбіччі полотна та охороняють сигнали.

### 6. Вимоги до сигналізації в умовах поганої видимості

- за потреби встановлюється сповіщальна сигналізація або сигналісти з

ріжками.

– відстань видимості має становити не менше 500 м (при швидкості до 120 км/год) або 800 м (при швидкості більше 120 км/год).

#### 7. Дії керівника робіт

– керівник робіт організовує зв'язок із сигналістами та контролює встановлення сигналів.

– дає дозвіл на початок робіт лише після перевірки правильності огороження.

– цей регламент забезпечує безпеку робіт і руху поїздів під час виконання робіт на коліях.

#### 4.2 Дії працівників в нестандартних ситуаціях

Аварійні ситуації залежать від умов і характеру виконуваних робіт. До таких ситуацій належать випадки виробничих аварій, пожеж, вибухів, стихійних лих, що призводять до значних порушень роботи залізничного транспорту, руйнування будівель чи споруд, а також до серйозного травмування людей.

При виявленні пошкоджень колії, споруд, пристроїв або рухомого складу, які становлять загрозу безпеці руху, довкіллю чи людям, працівник залізниці повинен негайно вжити заходів для захисту майна, життя та здоров'я людей, позначити небезпечне місце і терміново розпочати ліквідацію несправностей.

Якщо відбувся обрив проводів контактної мережі чи лінії електропередач, що перетинають залізничні колії або маршрути руху, необхідно негайно повідомити про це керівника робіт, чергового по станції, маневрового диспетчера, енергодиспетчера чи поїзного диспетчера. До прибуття аварійної бригади потрібно:

– огородити небезпечну зону та забезпечити охорону, не допускаючи людей ближче ніж на 10 метрів до обірваного проводу.

– якщо обірвані проводи або елементи контактної мережі заважають руху поїздів через порушення габаритів наближення будівель, небезпечну ділянку слід позначити сигналами зупинки.

У разі, якщо працівник опинився в зоні ураження електричним струмом і

не має засобів захисту, він повинен пересуватися лише, зсуваючи ступні ніг по землі без їх відриву, до виходу із небезпечної зони.

Згідно до «Порядку розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 р. №337 потерпілий або працівник, який виявив нещасний випадок, чи інша особа — свідок нещасного випадку повинні вжити всіх можливих заходів, необхідних для надання допомоги потерпілому та негайно повідомити про нещасний випадок безпосередньому керівнику робіт, службі охорони праці підприємства або іншій уповноваженій особі підприємства.

Безпосередній керівник робіт чи інша уповноважена особа підприємства (установи, організації) зобов'язані:

- терміново організувати надання першої домедичної допомоги потерпілому та забезпечити у разі потреби його направлення до закладу охорони здоров'я;

- негайно повідомити роботодавцеві про те, що сталося;

- зберегти до прибуття комісії з розслідування (спеціального розслідування) нещасного випадку, обстановку на робочому місці, машини, механізми, обладнання, устаткування у такому стані, в якому вони були на момент нещасного випадку, якщо це не загрожує життю та здоров'ю інших працівників і не призведе до більш тяжких наслідків або порушення виробничих процесів.

Заклад охорони здоров'я зобов'язаний невідкладно передати з використанням засобів зв'язку (за допомогою факсу, телефонограми, електронної пошти) та протягом доби на паперовому носії екстрене повідомлення про звернення потерпілого з посиланням на нещасний випадок на виробництві (у разі можливості з висновком про ступінь тяжкості травми).

Повідомлення про нещасний випадок надається за місцем настання нещасного випадку, а у разі настання нещасного випадку внаслідок події (аварії, катастрофи тощо) під час руху транспортних засобів усіх видів — за місцем

реєстрації підприємства (установи, організації):

- територіальному органу Держпраці;
- робочому органу Фонду;
- керівникові підприємства, на території якого сталися нещасний випадок, якщо потерпілий є працівником іншого підприємства (установи, організації);
- керівникові первинної організації профспілки незалежно від членства потерпілого в профспілці (у разі наявності на підприємстві (в установі, організації) кількох профспілок — керівникові профспілки, членом якої є потерпілий), а у разі відсутності профспілки — уповноваженій найманими працівниками особі з питань охорони праці;
- уповноваженому органу чи наглядовій раді підприємства (у разі її утворення);
- органу ДСНС у разі, коли нещасний випадок стався внаслідок пожежі.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз існуючого стану залізниці показав, що на ділянці частка кривих складає 36,6%, з них декілька обмежують швидкість та потребують перегляду параметрів перехідних кривих, підвищення зовнішньої рейки та радіусу.

Тягові розрахунки програмі MoveRW показали, що час руху вантажного поїзда в парному та непарному напрямках склав 48 хв., для пасажирського – 32 хв.

На напрямку П'ятихатки – Верхівцеве, враховуючи розгін і гальмування, швидкість руху 140 км/год може бути реалізована на ділянках 104 км – 112 км, швидкість 120 км/год на 76 км, 83 км, 90 км і 100 км-102 км.

Так як поставлене в магістерській роботі завдання передбачає підвищення швидкості руху поїздів через роздільні пункти, то виникає три варіанти: реконструкція горловин станцій і перебудова кривих на підходах до станцій або обидва варіанти одночасно.

Як показали результати отриманих розрахунків перебудова горловини станції без реконструкції плану лінії на підходах не дає суттєвого виграшу. Так проходження станцій прискореним поїздом зі швидкістю 100 км/год замість 80 км/год призводить до скорочення часу руху до 2-3%, а витрат електроенергії – до 1%.

Проходження станцій вантажним поїздом зі швидкістю 80 км/год (по головній колії), замість 40 км/год (по боковій) призводить до скорочення витрат на гальмування й розгін поїзда і, як результат, до зменшення часу руху на 5-7%, витрат електроенергії у напрямку Верхівцеве на 9,3%, у зворотному – на 7,3%.

Наявність складного плану і великої кількості обмежень швидкості руху не дозволяють без перебудови кривих впроваджувати швидкісний рух поїздів. За таких умов слід обмежитися прискореним рухом поїздів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kurhan, M., Kurhan, D., Novik, R., Baydak, S. & Hmelevska, N. (2020). Improvement of the railway track efficiency by minimizing the rail wear in curves. IOP Conf. Ser.: Materials Science and Engineering, 985, 165475. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/985/1/012001>
2. Bjorn Kufver, Mathematical description of railway alignments and some preliminary comparative studies, Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), rapport 420A, 1997, p. 95, <http://www.diva-portal.org › get › FULLTEXT01>
3. Kufver, B. (2000), *Optimisation of horizontal alignments for railways: Procedures involving evaluation of dynamic vehicle response*, Doctoral thesis, Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI särtryck 341
4. *RAILWAY CURVES*, Indian Railways Institute of Civil Engineering, Pune, March 2010 (Corrected & Reprinted: March 2022), p. 300, [https://www.iricen.gov.in › curves\\_4th\\_edition](https://www.iricen.gov.in › curves_4th_edition)
5. H. Li, Z. Chen, C. Xing, D. Chai, *Calculation method for curve re-surveying of the existing railway line*, March 2009, [https://www.researchgate.net/publication/294742262\\_Calculation\\_method\\_for\\_curve\\_re-surveying\\_of\\_the\\_existing\\_railway\\_line](https://www.researchgate.net/publication/294742262_Calculation_method_for_curve_re-surveying_of_the_existing_railway_line)
6. Analysis of the Effectiveness of Determining the Horizontal Curvature of a Track Axis Using a Moving Chord / Władysław КОС //Railway Reports – Issue 190 (March 2021). - s. 77-86
7. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України. ЦП–0287 / А. Бабенко, Г. Линник, К. Мойсеєнко, О. Патласов, В. Яковлев. – Київ, 2015. – 45 с.
8. 8
9. Правила визначення підвищення зовнішньої рейки і встановлення допустимих швидкостей в кривих ділянках колії: ЦП-0236: затв. наказом Укрзалізниці від 14.12.2010 №778-Ц. – Київ, 2010. 52 с.
10. Курган М. Б. Зниження інтенсивності розладів залізничної колії за

рахунок удосконалення параметрів плану лінії під час паспортизації кривих / М. Б. Курган, Д. М. Курган, С. Ю. Байдак, Н. П. Хмелевська, Р. Б. Новік // Наука та прогрес транспорту. 2021. 6(96), 53–64. <https://doi.org/10.15802/stp2021/257933>

11. Курган М. Б., Байдак С. Ю., Хмелевська Н. П. Методика визначення допустимих швидкостей руху поїздів на ділянках складного плану залізниці. Вісник Дніпропетр. нац-го ун-ту залізн. тр-ту ім.акад. В. Лазаряна «Наука та прогрес транспорту». 2014. № 2 (50). С. 83–94.

12. Закон України «Про охорону праці» [Текст]: Затверджено Верховною радою України від 14.12.1992 р. – К., 1992. – 102 с.

13. Правила безпеки праці під час виконання робіт у колійному господарстві [Текст]: НПАОП 63.21-1.25-07 / Затверджено: Державним комітетом України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 12.03.2007 № 43 – К., 2007. – 90 с.

14. Типова інструкція з безпечного ведення робіт при утриманні централізованих стрілочних переводів [Текст]: НПАОП 63.21-5.01-96 / затверджено наказом Держнаглядохоронпраці України від 25.12.96 № 229.

15. Положення про дії керівника в надзвичайних ситуаціях [Текст]: СНиП 2.04.05-91 / Затверджено: Державним комітетом України по справам містобудівництва та архітектури від 27.06.1996 №117 -. К., 1996. – 89 с.

