

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:

(підпис студента)

студент групи: КГ 2127

Любов АЖНОВА  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

Доцент Марина ГУСАК  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:

(підпис)

Доцент Сергій БАЙДАК  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультант:

(підпис)

Асистент Неля ХМЕЛЕВСЬКА  
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент

(підпис)

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: КГ 2127

Любов АЖНОВА  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_  
(підпис студента)

**Керівник:**

Доцент Марина ГУСАК  
(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 – 2024 рік

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

Faculty of «Construction, Architecture and Infrastructure»

---

(faculty)

Department of Transport Infrastructure

---

(department)

Explanatory Note  
to Master's Thesis

---

magistr

(higher education degree)

Justification of the effectiveness of increasing the train speed at the separation  
points

according to educational curriculum: Railway constructions and track  
management

in the Speciality: 273 Railway Transport

Done by the student of the group: KG 2127  
/ Liubov AZHNOVA/

---

(name, surname)

Scientific Supervisor:

---

/ Associate Professor Maryna Husak /  
(position, name, surname)

Normative controller:

---

/ Associate Professor Sergiy Baidak /  
(position, name, surname)

Supervisors:

---

/ Assistant Nelia Khmelevska /  
(position, name, surname)

---

**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 ПЮТКІН

(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу \_\_\_\_\_ магістр

(ступінь вищої освіти)

студентці Ажновій Любові Андріївні

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

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

Затверджена наказом від 01.03. 2023 р. № 196 ст

**2. Строк подання** студентом роботи – 15 січня 2024 р.

**3. Вихідні дані до роботи:**

Район проектування – Волинська та Рівненська області	Довжина приймально-відправних колій – 850 м
Початковий пункт – Сарни	Система СЦБ - АБ
Кінцевий пункт – Ковель	Верхня будова колії (існуюча/проектна):
Довжина лінії, км – 135	Тип рейок – Р65, безстикова колія
Керівний ухил, % – за розрахунком	Тип шпал – залізобетонні
Кількість головних колій – 1	Маса поїзда, тонн:
Вид тяги – тепловозна	Вантажного 3600/2800, пасажирського – 800
Рухомий склад – 2М62	Ширина земляного полотна – 7 м
Перспективні розміри перевезень:	10/8 млн ткм/км

**4. Зміст пояснювальної записки:**

**1 Аналітична частина**

1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою.

1.2 Норми проектування плану і поздовжнього профілю при реконструкції залізниці

**2 Основна частина**

2.1. Технічна характеристика ділянка Ковель-Сарни

2.2 Виконання тягових розрахунків для пасажирського й вантажного руху

2.3. Перевлаштування плану лінії

<b>3 Економічна частина</b>			
3.1 Заходи з підвищення швидкості			
3.2 Дослідження ефективності підвищення швидкості руху поїздів			
3.3 Дослідження впливу підвищення швидкості на знос колії			
<b>4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</b>			
<b>5. Перелік графічного матеріалу:</b> Криві швидкості руху пасажирських і вантажних поїздів на ділянці			
<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		
п. 2.1, 2.3 п. 2.2	Гусак М.А., доцент, 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	02.10.2023	10
2	Норми проектування плану і поздовжнього профілю при реконструкції залізниці.	16.10.2023	10
3	Технічна характеристика ділянки Виконання тягових розрахунків	01.11.2023	15
4	Перевлаштування плану лінії. Заходи з підвищення швидкості	20.11.2023	25
5	Дослідження ефективності підвищення швидкості руху поїздів. Дослідження впливу підвищення швидкості на знос колії	11.12.2023	20
6	Охорона праці	25.12.2023	10
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	10
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	<b>25.01.2024</b>	100

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Любов АЖНОВА

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Марина ГУСАК

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

(рівень освіти)

70 с., 54 рис., 7 табл., 4 додатки, 30 джерел.

**Об'єкт дослідження** – Оцінка ефективності підвищення швидкісного руху поїздів на роздільних пунктах

**Мета роботи** – Порівняння варіантів за техніко-економічними показниками. з метою обґрунтування найбільш раціонального варіанту.

**Методи дослідження** – У роботі використовувались статистичний аналіз та натурні спостереження для визначення параметрів плану, поздовжнього профілю і технічного стану залізничної колії.

Обробка даних виконувалась із застосуванням програми Microsoft Excel, а тягові розрахунки за програмою MoveRW, перевлаштування плану за допомогою RWPlan, які були розроблені на кафедрі «Транспортна інфраструктура» УДУНТ.

**Одержані результати.** Досягнення поставленої мети було здійснено шляхом врахування досвіду європейських залізниць у вдосконаленні існуючої системи транспортування вантажів та пасажирів та застосування результатів наукових досліджень і матеріалів Міжнародних конференцій, які містять ключові принципи щодо підвищення швидкості руху поїздів. Аналіз базувався на результатах техніко-економічних розрахунків, що дозволило висунути найбільш оптимальний варіант.

**Ключові слова:** ПОЗДОВЖНІЙ ПРОФІЛЬ, ПЛАН ЛІНІЇ, РОЗДІЛЬНІ ПУНКТИ, ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ, ШВИДКІСТЬ РУХУ ПОЇЗДА

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою.....	8
1.2 Вимоги і норми проектування .....	10
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА .....	17
2.1. Характеристика технічного стану ділянки Сарни – Ковель.....	17
2.2 Тягові розрахунки.....	26
2.3 Перевлаштування плану лінії.....	33
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	37
3.1 Заходи з підвищення швидкості руху.....	37
3.2 Дослідження ефективності підвищення швидкості руху поїздів.....	42
3.3 Дослідження впливу підвищення швидкості на знос колії.....	47
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
4.1 Вимоги безпеки праці під час реконструкції ділянки колії Сарни – Ковель .....	58
4.2 Дії керівника під час виникнення нещасного випадку.....	62
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	67
ДОДАТОК А.....	71
ДОДАТОК Б .....	79
ДОДАТОК В.....	87
ДОДАТОК Д.....	90

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## ВСТУП

Транспорт є однією з базових галузей національної економіки, ефективне функціонування якої є необхідною умовою для забезпечення обороноздатності, захисту економічних інтересів держави, підвищення рівня життя населення. В Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року [1] визначені основні напрямки переоснащення залізниць, а саме:

- розвиток транспортної інфраструктури;
- оновлення рухомого складу транспорту;
- поліпшення інвестиційного клімату;
- забезпечення доступності та підвищення якості транспортних послуг;
- інтеграція вітчизняної транспортної системи до європейської та міжнародної транспортних систем;
- підвищення ефективності державного управління у галузі транспорту;
- забезпечення безпеки транспортних процесів;
- підвищення екологічності транспортних засобів.

Ділянка Сарни – Ковель є частиною напрямку, для якого виконуються роботи з реконструкції для підвищення швидкості руху вантажних та пасажирських поїздів.

Для вирішення поставленої в дипломному проекті задачі виконаний аналіз інфраструктури, параметрів плану і поздовжнього профілю. На підставі аналізу надані відповідні рекомендації щодо уведення тих чи інших реконструктивних заходів.

Для виконання розрахунків застосований пакет програм, розроблених кафедрою «Проектування і будівництво доріг».

Підвищення швидкості руху запропоновано здійснювати поетапно: водіння пасажирських поїздів планується здійснювати електровозами ЧС-8 змінного струму, вантажних поїздів – електровозами ВЛ-80.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		7

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою

Питання збільшення швидкостей на залізницях України стало актуальним з моменту прийняття Транспортної стратегії України на період до 2030 року [1]. Ця стратегія визначає ключові завдання, такі як інтеграція до європейської транспортної мережі, модернізація міжнародних транспортних коридорів та впровадження швидкісного руху поїздів.

Однак параметри та умови експлуатації європейських та українських залізниць істотно відрізняються, вимагаючи додаткових досліджень та змін у відповідних нормативах і підходах до програмного втілення [2]. Зокрема, проблема розмежування напрямків залізниць за їх функціональним призначенням виступає ключовою. Розуміння необхідності встановлення різних норм утримання колії та максимальних швидкостей руху для вантажного та пасажирського руху стає важливим кроком для досягнення високих результатів у пасажирському сполученні, забезпеченні безпеки вантажного руху та ефективного використання існуючої інфраструктури.

Питання підвищення швидкостей руху є давнім, але залишається складним і багатогранним. Науково-дослідні та вищі навчальні заклади в Україні та за кордоном проводять комплексні дослідження технічних, економічних та соціальних аспектів підвищення швидкостей поїздів. Для підготовки існуючих залізниць до збільшення обсягів перевезень та впровадження підвищених швидкостей руху, одним із важливих заходів є пом'якшення кривих. Учені вказують на необхідність виконання робіт зі збільшення радіусів кривих та поліпшення поздовжнього профілю й плану ліній для ефективного впровадження змін.

На залізницях за кордоном приділяють значну увагу питанню необхідності збільшення радіусів кривих. Багато дослідників висловлюють думку, що у сучасних умовах конструкції колії та рухомого складу, параметри кривих стають основним фактором, який обмежує швидкість руху. Тому важливо приділити більше уваги перебудові кривих, що сприятиме покращенню умов експлуатації та забезпечить

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		8

можливість організації руху швидкісних поїздів. Професор Кінг Е. Е. з Іллінойського університету, враховуючи умови руху по кривих і їх вплив на верхню будову колії і рухомий склад, приводить розрахунок щорічної економії від перебудови кривих та обговорює обсяг капітальних вкладень, які доцільно витратити на збільшення радіусів для усунення обмежень швидкості [3].

Інший цікавий аспект – це досвід реконструкції ліній на зарубіжних залізницях, зокрема, в США, де особлива увага приділяється вирішенню проблеми поліпшення плану та профілю. Ще в 40-х роках минулого століття в США були проведені масштабні роботи зі зміни траси окремих ділянок існуючих залізниць. Приблизно 75% доріг у США мають проекти реконструкції плану, розпочинаючи від невеликих робіт і закінчуючи більш складними, які мають на меті скорочення довжини лінії та збільшення радіусів кривих.

У багатьох фахівців в Україні привертала увагу питання удосконалення траси існуючих залізниць. Робота В. І. Євграфова, яка стосується впровадження швидкісного руху поїздів, розглядає техніко-економічне обґрунтування збільшення радіусів кривих на кримському напрямку. Згідно з результатами дванадцяти реальних проектів перебудови плану лінії в різних регіонах (Крим, Молдова, Центральна Україна, Південний Урал і інші), встановлено, що вартість таких робіт може коливатися в п'ять разів в залежності від топографічних умов і параметрів кривих, які підлягали перебудові.

У дослідженні [4] М. Б. Кургана була вивчена техніко-економічна ефективність удосконалення плану існуючих залізниць за допомогою спрямлення траси. На прикладі ділянок Донецької залізниці запропоновано зміни в плані лінії і надані рекомендації щодо оптимального розподілення капітальних вкладень при перебудові кривих.

В Україні вчені під керівництвом професора Є. І. Даніленка розробили сучасні «Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість» ЦП-0117 [5], які на даний момент є чинним офіційним документом. Основні концепції теорії взаємодії залізничної колії та рухомого складу, а також питання надійності роботи залізничної колії під час експлуатації висвітлені в підручнику для вищих навчальних закладів під назвою «Залізнична колія» (2010 р.), який представляє

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		9

собою перше фундаментальне видання в Україні і є творінням професора Е. І. Даніленка [6]. В даному підручнику викладено сучасні методики проектування інженерних розрахунків рейкової колії як на прямих, так і на кривих ділянках, включаючи ділянки для швидкісного руху поїздів зі швидкістю від 161 до 200 км/год [7].

Професор В. В. Косарчук займається розробкою сучасних методів зміцнення та підвищення зносостійкості пар тертя [8]. Професор В. Г. Вербицький проводить дослідження стосовно впливу поверхні кочення на коливання та стійкість динамічної системи колесо-рейка [9].

Професор В. Д. Петренко та д.т.н. О. Л. Тютюкін присвятили свої роботи аналізу напружено-деформованого стану земляного полотна [10, 11].

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) протягом майже півстоліття займається проблемою створення швидкісного транспорту. Науковці ДНУЗТ захистили дисертації, опублікували монографії та наукові статті з питань визначення параметрів та обґрунтування окремих проектних рішень при впровадженні високих швидкостей [12–14, 15 – 18].

Серед зарубіжних вчених, які значно внесли свій вклад у теорію і експериментальне вивчення питань взаємодії колії та рухомого складу, слід згадати німецьких вчених Є. Вінклера, Г. Циммермана, Г. Герца, Ф. Бірмана, Е. Фраймана, французьких вчених Сен-Венана і Марьє, а також американців Тальбота і Мітчела, японських вчених К. Мацубару і А. Тіля, поляків Н. Балуха і М. Балуха та ін. [19, 20].

## 1.2 Вимоги і норми проектування

Об'єкти залізничного господарства та їхнє інженерне обладнання повинні відповідати вимогам відповідних будівельних норм і державних стандартів. При проведенні реконструкції або будівництві нової залізниці, а також переобладнанні ділянок, необхідно керуватися чинними нормативними документами у цій сфері. Ключовим документом для проектування та реконструкції залізниці є «ДБН В.2.3-19-2018 Споруди транспорту. Залізниці колії 1520 мм» [21].

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		10

У визначенні параметрів швидкості руху поїздів ці норми встановлюють наступні максимальні значення:

- пасажирські швидкісні – до 200 км/год;
- пасажирські прискорені – до 160 км/год;
- пасажирські – до 140 км/год;
- вантажні прискорені і рефрижераторні – до 140 км/год;
- вантажні – до 120 км/год.

Основним показником лінії є категорія, яка визначається за вантажонапруженістю, кількістю поїздів на добу та максимальною швидкістю пасажирських поїздів. Згідно з цими показниками ділянка колії Сарни – Ковель відноситься до V категорії.

Залізничні лінії з тепловозною тягою, які планується перевести на електричну тягу протягом наступних 10-15 років, повинні бути проєктовані відповідно до норм для електричної тяги, з урахуванням поздовжнього профілю, плану лінії, розташування роздільних пунктів, депо та інших постійних пристроїв.

При проєктуванні поздовжнього профілю колії слід намагатися зберегти якнайбільшу довжину елементів при мінімальній алгебраїчній різниці ухилів між ними. Довжина елементів профілю зазвичай повинна складати не менше половини корисної довжини приймально-відправних колій, прийнятої на перспективу, і на внутрішньостанційних з'єднувальних і під'їзних коліях VI, VII категорій – не менше половини довжини поїзда або складу поїзда, що передається маневровим порядком, але не менше 100 м.

Алгебраїчна різниця ухилів між суміжними елементами не повинна перевищувати значень, вказаних у таблиці 1.1. У випадку більшої різниці ухилів, суміжні елементи слід з'єднувати за допомогою поділяючих площадок і елементів перехідної крутизни. Довжина цих елементів повинна відповідати значенням, вказаним у таблиці 1.1.

						051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата			11

Таблиця 1.1 – Норми проектування поздовжнього профілю

Категорія залізниці	Найбільша алгебраїчна різниця ухилів суміжних елементів профілю, $\Delta i_n$ , ‰ (чисельник) і найменша довжина поділяючих площадок і елементів перехідної крутизни, $L_n$ , м (знаменник) при корисній довжині приймально-відправних колій, м	
	850	1050
Рекомендовані норми		
V	13/200	7/200
Допустимі норми		
V	13/200	10/200

При алгебраїчній різниці ухилів, менших за  $\Delta i_n$ , довжину елементів допускається зменшувати, але не менше, ніж до 25 м. Зменшена довжина елементів визначається за формулою 1.1:

$$L = L_n \cdot \frac{\Delta i_1 + \Delta i_2}{2\Delta i_n}, \quad (1.1)$$

де  $\Delta i_1, \Delta i_2$  – алгебраїчній різниці ухилів, ‰, по кінцях елемента профілю, причому  $\Delta i_1, \Delta i_2 \leq \Delta i_n$

Суміжні елементи поздовжнього профілю слід сполучати у вертикальній площині кривими радіусом  $R_v=10$  км – на лініях IV, V категорій. При проектуванні додаткових головних колій і реконструкції, технічному переоснащенні існуючих залізниць у важких умовах, а також під'їзних колій допускається зменшувати радіуси вертикальних кривих до 5 км – на лініях IV, V категорій.

При алгебраїчній різниці ухилів суміжних елементів менше 2,8‰ при  $R_v=10$  км вертикальні криві допускається не передбачати. Вертикальні криві повинні бути розташовані за межами перехідних кривих, а також за межами прогонових споруд мостів і шляхопроводів. Найменша відстань (тангенс вертикальної кривої  $T_v$ , м) від переломів поздовжнього профілю до перехідних кривих і кінців прогонових споруд визначається за формулою 1.2:

Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.080750.ДП.2024.000	Аржун
						12

$$T_B = R_B \cdot \frac{\Delta i}{2000}, \quad (1.2)$$

де  $\Delta i$  – алгебраїчна різниця ухилів на переломі профілю, ‰.

Поздовжній профіль у виїмках довжиною більше 400 м необхідно проектувати ухилами не менше 2‰.

На переїздах, що влаштовуються на прямій ділянці колії, різниця рівнів головок рейок не допускається.

Значення найменшого радіусу кривих необхідно встановлювати залежно від швидкостей руху, які передбачаються і значень радіусів кривих існуючої колії.

Доцільність перебудови кривих, які обмежують швидкості руху, повинна бути техніко-економічно обґрунтована.

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

$$h_{розр} = 12,5 \cdot \frac{V_{срзе}^2}{R}, \quad (1.3)$$

$$h_{min} = 12,5 \cdot \frac{V_{max\,нас}^2}{R} - 115. \quad (1.4)$$

Підвищення, яке розраховується за першою формулою, забезпечує мінімальний силовий вплив поперечних сил на рейкові нитки, від всіх поїздів, що проходять по кривій.

При встановленні підвищення за формулою (1.4) виходять із умови обмеження непогашених прискорень, що направлені назовні кривої при проходженні найбільш швидкого поїзда ( $[\alpha_{nn}]_{нас} = 0,7 \text{ м/с}^2$ ).

При деяких радіусах кривих підвищення зовнішньої рейки може виявитися надлишковим для вантажних поїздів, що рухаються з швидкостями меншими середньозваженої. Це може призвести до перевантаження внутрішньої нитки і розпиранню колію. Для запобігання цього рекомендоване підвищення, не повинне перевищувати значень, що розраховуються за формулою 1.5:

$$h_{max} = 12,5 \cdot \frac{V_{min\,ван}^2}{R} + 50. \quad (1.5)$$

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Найбільше значення підвищення зовнішньої рейки не повинно перевищувати 150 мм.

Мінімально рекомендований радіус із спільного вирішення (1.3) і (1.4) визначається:

$$R_{\min \text{ рек}} = \frac{(V_{\max \text{ пас}}^2 - V_{\text{серзв}}^2)}{3,6^2 [\alpha_{\text{ин}}]_{\text{пас}}}, \quad (1.6)$$

де  $V_{\text{серзв}}$  – середньозважена швидкість поїздопотоків.

Недоліком формули (1.6) є те, що вона не враховує динаміку перевезень. При збільшенні на швидкісних залізницях питомої ваги пасажирського руху зростає середньозважена швидкість  $V_{\text{серзв}}$ , а величина  $R_{\min \text{ рек}}$  за формулою (1.6) зменшується.

При перебудові плану лінії у важких умовах можна мінімальний радіус визначати як мінімально допустимий:

$$R_{\min \text{ доп}} = \frac{V_{\max \text{ пас}}^2 - V_{\min \text{ ван}}^2}{3,6^2 ([\alpha_{\text{ин}}]_{\text{пас}} - [\alpha_{\text{ин}}]_{\text{ван}})}. \quad (1.7)$$

Кругові криві з прямими ділянками необхідно сполучати перехідними кривими. На лініях IV - VII категорій довжину перехідних кривих слід встановлювати згідно до норм, наведених у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Довжини перехідних кривих

Радіус кривої, м	Довжина перехідних кривих на залізничних лініях V категорії, м		
	Зони швидкостей руху		
	1	2	3
4000	30	20	20
3000	40-30	30-20	20
2500	60-40	40-30	20
2000	60-50	50-30	20
1800	80-60	50-40	30-20
1500	80-60	60-50	40-30
1200	100-80	80-60	40-30

Продовження таблиці 1.2

1000	120-100	80-60	50-40
800	140-100	100-80	50-40
700	160-120	110-90	60-50
600	160-120	120-100	60-50
500	160-120	130-100	80-60
400	140-100	140-100	80-60
350	140-100	130-100	100-60
300	140-100	120-100	120-80
250	120-80	120-80	120-80
200	-	-	-
180	-	-	-
150	-	-	-

Довжина перехідної кривої повинна бути не менше значення, що розраховане за формулою (1.8):

$$l = \frac{V h}{3,6 f_v}, \quad (1.8)$$

де  $h$  – підвищення зовнішньої рейки, мм;

Довжину перехідної кривої, що сполучає кругові криві, спрямованих в один бік, слід визначати в залежності від різниці підвищення зовнішньої рейки. Довжина перехідної кривої при цьому повинна бути не менше 20 м. В деяких випадках складові криві можуть сполучатися без улаштування перехідної кривої, якщо різниця в кривизні не перевищує 1/4000 при швидкості 120 км/год, 1/6000 при швидкості 140 км/год і 1/8000 при швидкості 160 км/год.

Прямі вставки між перехідними кривими слід приймати якомога більшої довжини, але не менше зазначеної у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Довжини прямих вставок

Категорія залізничної лінії	Довжина прямої вставки, м			
	В нормальних умовах між кривими, які направлені:		У важких умовах між кривими, які направлені:	
	в різні сторони	в одну сторону	в різні сторони	в одну сторону
V категорія	75	100	50	50

При спорудженні земляного полотна рекомендується використовувати місцеві ґрунти, включаючи штучні (відходи виробництва, придатні для використання).

Конструкції земляного полотна та захисних споруд повинні відповідати наступним експлуатаційним вимогам:

- забезпечувати довготривалу експлуатацію колії з мінімальними відмовами при пропуску різних типів рухомого складу, при максимальних швидкостях руху поїздів і розрахунковій вантажонапруженості проектної залізниці;

- бути ремонтпридатними;

- гарантувати надійність на всій довжині незалежно від застосованих ґрунтів і стану природної основи;

- бути взаємопов'язаними з конструктивними особливостями притрасової автомобільної дороги.

## 2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика технічного стану ділянки Сарни – Ковель

Львівська державна залізниця розташована у південно-західній частині України, на території чарівних областей Карпат, Прикарпаття та Волині, які відомі своїми курортами та туристичними маршрутами. Ця магістраль є однією з найстаріших залізниць в Україні.

Львівська державна залізниця відіграє ключову роль у системі залізниць України. Завдяки своєму географічному положенню, магістраль забезпечує транспортування пасажирів та експортно-імпортних вантажів між Сходом і Заходом, Північчю і Півднем, що привело до її визнання як головних воріт України до Європи. Залізничні з'єднання з країнами СНД та Балтії обслуговують 19 прикордонних переходів, оснащених необхідною технікою для перевантаження та переформування вагонів. Залізниця має сучасну технічну базу і може виконувати різноманітні завдання, такі як будівництво та ремонт колії, електрифікація, а також капітальний ремонт тепловозів різних типів.

Наразі триває реалізація Державної програми електрифікації залізниць України. У минулому році був завершений перший етап електрифікації ділянки Здолбунів – Рівне, яка є першою частиною переходу на електротягу на напрямку Рівне – Ковель – Ягодин – Ізов. Роботи з електрифікації цього напрямку тривають.

Однією з головних завдань та функцій служби колії є забезпечення в межах своїх повноважень виконання законодавчих актів України, вказівок та розпоряджень Президента України, постанов та розпоряджень Кабінету міністрів України, а також регулятив Укрзалізниці та начальника залізниці з питань ремонту та утримання колійного господарства у справному стані, забезпечення безпеки руху поїздів з установленими швидкостями та здоров'я праці в господарстві.

Організаційна структура служби колії включає такі підрозділи:

- Керівництво служби;
- Технічний відділ;

						051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата			17

- Відділ експлуатації;
- Відділ капітального ремонту;
- Відділ механізації;
- Відділ інженерних споруд;
- Відділ промислових підприємств;
- Фінансово-економічний відділ;
- Сектор охорони праці.

Для здійснення контролю за технічним станом колійного господарства створені належні підрозділи, такі як геологічна база, дорожня геофізична станція, мостова виробнича станція, дефектоскопічна вагон-лабораторія, колієвимірювальні та дефектоскопічні вагони, а також вагон мостовипробувальної станції.

Діяльність служби колії охоплює ряд аспектів, зокрема, забезпечення безпеки руху поїздів та автотранспорту, охорону праці та техніки безпеки під час виконання різних видів робіт, захист навколишнього середовища, впровадження передових технологій, вивчення та впровадження досягнень науки та техніки для зміцнення колійного господарства. Також служба відповідає за обробку звернень громадян та організацій, розробку та виконання річних і перспективних планів капітального ремонту, модернізації та технічного переозброєння колії, ведення бухгалтерського та статистичного обліку, організацію робіт з ремонту та технічного обслуговування систем протипожежного захисту, а також збирання та реалізацію відходів брухту чорних металів, що утворюються внаслідок господарської діяльності служби та її підрозділів.

У 1885 році на перетині залізниць Рівне – Луїнець і Ковель – Коростень був встановлений полустанок з невеликим дерев'яним приміщенням. Так на карті з'явилася станція “Сарни”. З часом для працівників станції почали будувати житло, і населення міста стало зростати. У 1902 році була введена гілка Київ – Сарни – Ковель, що призвело до будівництва паровозного депо та вагонної дільниці в місті.

						051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата			18

Ділянка лінії Сарни – Ковель, що розглядається у дипломній роботі, розташована в Північно-західній частині України в межах Рівненської та Волинської областей. Експлуатаційна довжина цієї ділянки становить 135 км, а схема лінії наведена на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Схема ділянки

Ділянка залізниці є одноколійною, де середня швидкість пасажирських поїздів становить до 100 км/год, а вантажних – до 80 км/год (точні значення встановлених швидкостей на цій ділянці представлені на рисунку 2.2, відповідно до вказівок у наказі “Про встановлення допустимих швидкостей руху поїздів на Львівській залізниці” [22]). Категорія колії – V. Використовується серія ведучого локомотиву 2М62 для пасажирських та вантажних поїздів, з основними тяговими характеристиками, які подані на рисунку 2.3. Вантажонапруженість ділянки складає 5 міл.т. кілометрів бруто/кілометр на рік. Маса вантажного поїзду в парних та непарних напрямках становить відповідно 3600 та 2800 т. Маса пасажирського поїзда в парних та непарних напрямках становить 1000 тонн. На ділянці Сарни – Ковель розташовано 8 станцій: Сарни, Антонівка, Рафалівка, Чарторийськ, Маневичі, Троянівка, Повурськ, Ковель.

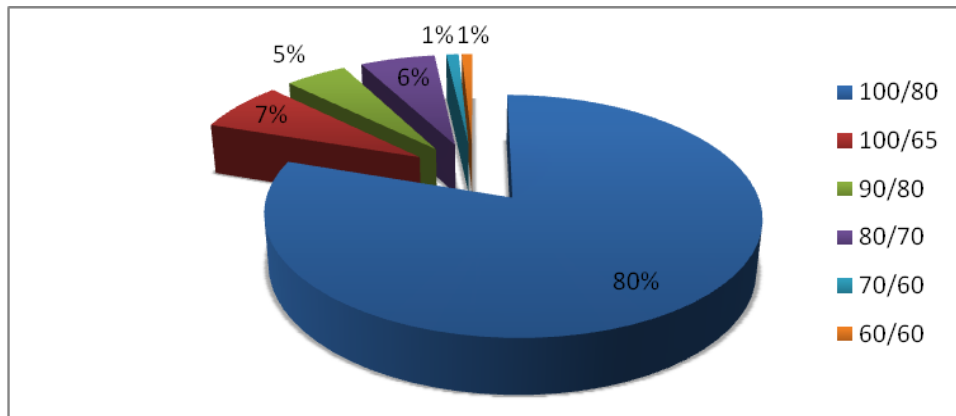


Рисунок 2.2 – Встановлені швидкості руху пасажирських та вантажних поїздів

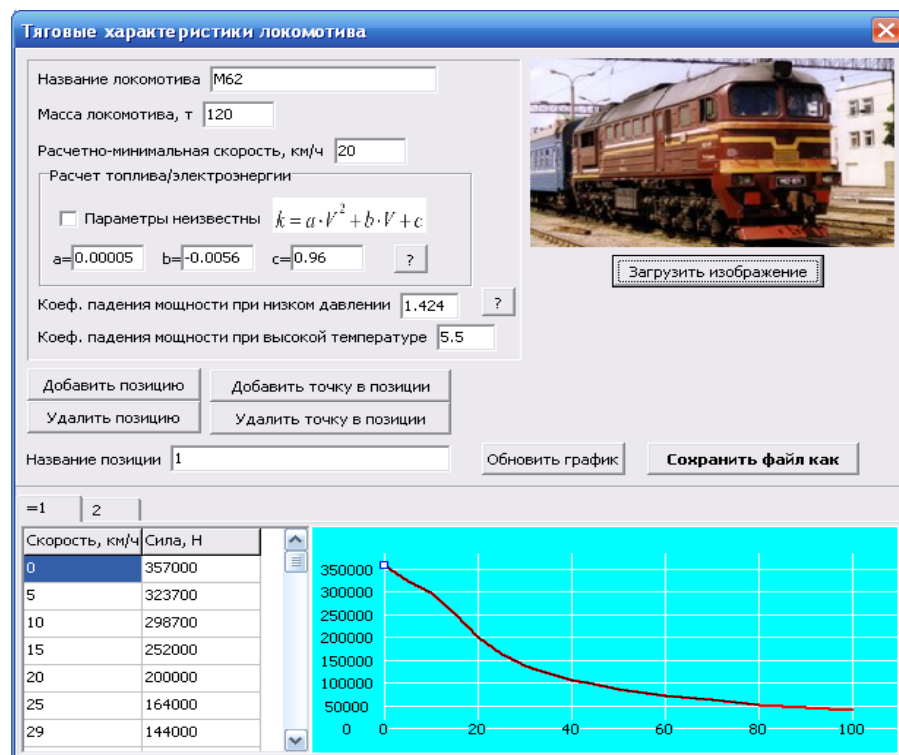


Рисунок 2.3 – Тягові характеристики локомотиву

Досягнення більшої швидкості виключно за допомогою організаційно-технологічних заходів (перерозподіл поїздопотоків в мережі, оптимізація графіку руху поїздів, раціональне використання наявних технічних засобів) є неможливим. Таким чином, необхідно вжити більш коштовних заходів, таких як модернізація залізниці, що включає заміну верхньої будови колії, штучних споруд та інших пристроїв на залізниці, а також проведення реконструктивних робіт, основними з яких є перебудова кривих.

На ділянці Сарни–Ковель використовуються рейки типу Р65, ланкова колія, залізобетонні шпали (в основному 1840 шт./км), щебеневий баласт, скріплення – КБ, на станції Сарни – КПП-5. Баластна призма утримується відповідно до типових поперечних профілів. Матеріал, товщина баластного шару та розміри баластної призми на головних коліях на перегонах та станціях встановлені згідно з нормами. Стрілочні переводи на головних коліях станцій є звичайними, типу Р65, марки 1/9 та 1/11. Знос рейок в основному не перевищує 6 мм, за винятком окремих ділянок, де він становить до 9 мм.

Основним елементом земляного полотна є насип, який становить приблизно 95%. Для формування насипу використовувалися ґрунти другої групи з розвіданих кар'єрів та із виїмок. Максимальна висота насипу приблизно 9 метрів, а виїмки – 6 метрів. Ширина основної площадки земляного полотна складає 7 метрів. Для формування насипу використовувалися ґрунти із виїмок, резервів та кар'єрів.

На розглядуваній ділянці використовуються великі та малі штучні споруди, які можна поділити на три типи: металеві та залізобетонні мости, залізобетонні труби круглої та прямокутної форми. Загальна кількість штучних споруд становить 51 одиницю: 25 залізобетонних мостів, 17 металевих мостів (включаючи 3 великі), 9 залізобетонних труб. Наразі вони всі є в експлуатаційно нормальному стані. Таким чином, штучні споруди не впливають на швидкість руху поїздів, що підтверджено відомістю про штучні споруди на всій ділянці колії Сарни – Ковель в таблиці 2.2.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 2.2 – Відомість штучних споруд

	Місце розташування		Тип споруди	Отвір, м
	ПК	+		
1	3123	68,2	Прямокутна залізобетонна труба	8,4
2	3124	02,2	Кругла залізобетонна труба	1,0
3	3137	64,5	Металевий міст	15,8
4	3145	55,9	Прямокутна залізобетонна труба	6,2
5	3194	42,8	Металевий міст	20,5
6	3322	59,6	Металевий міст	86×3
7	3347	12,2	Залізобетонний міст	6,4
8	3385	78,0	Кругла залізобетонна труба	2×0,5
9	3412	76,6	Залізобетонний міст	12,6
10	3428	93,2	Залізобетонний міст	4,2
11	3439	14,0	Залізобетонний міст	8,3
12	3451	55,3	Металевий міст	25,3
13	3468	31,8	Залізобетонний міст	8,6
14	3502	20,7	Залізобетонний міст	4,2
15	3518	21,3	Залізобетонний міст	4,4
16	3541	47,6	Залізобетонний міст	4,2
17	3567	08,5	Залізобетонний міст	6,0
18	3583	00,3	Кругла залізобетонна труба	1,5
19	3589	91,2	Залізобетонний міст	4,0
20	3626	84,2	Прямокутна залізобетонна труба	1,6
21	3640	74,4	Металевий міст	4,0
22	3662	23,4	Металевий міст	87,2+88,8+87,5
23	3683	96,6	Залізобетонний міст	4,3
24	3706	96,0	Металевий міст	2,0
25	3711	81,1	Залізобетонний міст	2,1

					051.080750.ДП.2024.000		Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата			22

Продовження таблиці 2.2

26	3716	45,9	Залізобетонний міст	2,0
27	3728	29,1	Залізобетонний міст	4,0
28	3736	08,3	Металевий міст	4,2
29	3762	82,1	Металевий міст	6,4
30	3805	33,5	Металевий міст	2,0
31	3821	66,9	Залізобетонний міст	4,0
32	3870	63,7	Залізобетонний міст	6,0
33	3895	81,6	Залізобетонний міст	6,0
34	3983	73,8	Металевий міст	6,4
35	4048	51,5	Залізобетонний міст	4,0
36	4094	43,4	Металевий міст	8,4
37	4109	05,8	Залізобетонний міст	2×9,7
38	4145	50,7	Металевий міст	85,3
39	4176	36,7	Залізобетонний міст	8,2
40	4202	36,0	Залізобетонний міст	4,1
41	4234	83,8	Металевий міст	8,4
42	4247	10,2	Кругла залізобетонна труба	0,7
43	4254	18,3	Кругла залізобетонна труба	1,0
44	4264	77,1	Металевий міст	2,0
45	4292	33,3	Залізобетонний міст	3,2
46	4306	92,4	Кругла залізобетонна труба	2×0,7+1×0,95
47	4336	69,7	Залізобетонний міст	2,0
48	4372	45,1	Залізобетонний міст	6,2
49	4387	77,7	Металевий міст	4,3

Профіль ділянки 309,6 км – 444,6 км ПЧ Сарни не являється складним. Максимальний ухил ділянки складає  $i = 9\%$ . Мають місце елементи ухилу з великою довжиною, яка в середньому складає 1000 м. Гістограма розподілення ухилів показана на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Гістограма розподілення ухилів

План ділянки Сарни – Ковель досить різноманітний і складається з багаторадіусних, однорадіусних кривих і прямих ділянок колії. Мінімальний радіус кривої для існуючої ділянки  $R_{\min} = 470$  м, а максимальний становить  $R_{\max} = 2300$  м. Найбільша довжина прямої ділянки складає 13464,03 м. Криві ділянки займають приблизно 11% від загальної довжини, що проектується (співвідношення прямих та кривих ділянок відображене на круговій діаграмі рисунку 2.5).

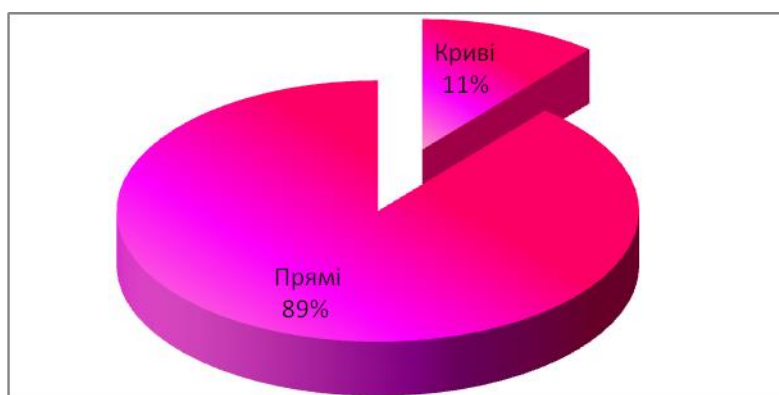


Рисунок 2.5 – Розподіл прямих та кривих

На даній трасі багато кривих радіусами 470...800 м, які впливають на швидкість руху і в свою чергу на час перебування в дорозі. Ділянка має значну кількість місць в яких прямі вставки між кривими дуже малі. Результати аналізу розподілення діапазонів радіусів приведено на рисунку 2.6

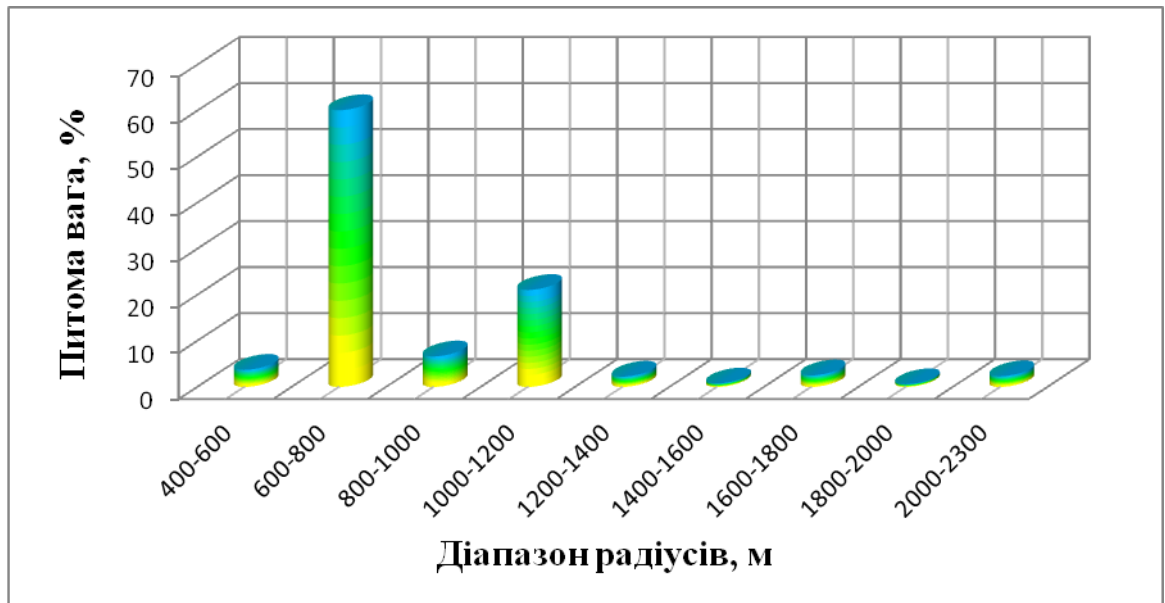


Рисунок 2.6 – Гістограма розподілення радіусів

## 2.2 Тягові розрахунки

При підготовці вихідної інформації використовується докладний поздовжній профіль ділянки Сарни – Ковель і наказ про встановлення допустимих швидкостей руху поїздів на Львівській залізниці. В програму заносяться дані по профілю, плану та обмеженням швидкості. Вигляд екрану розрахунку зображений на рисунку 2.7.

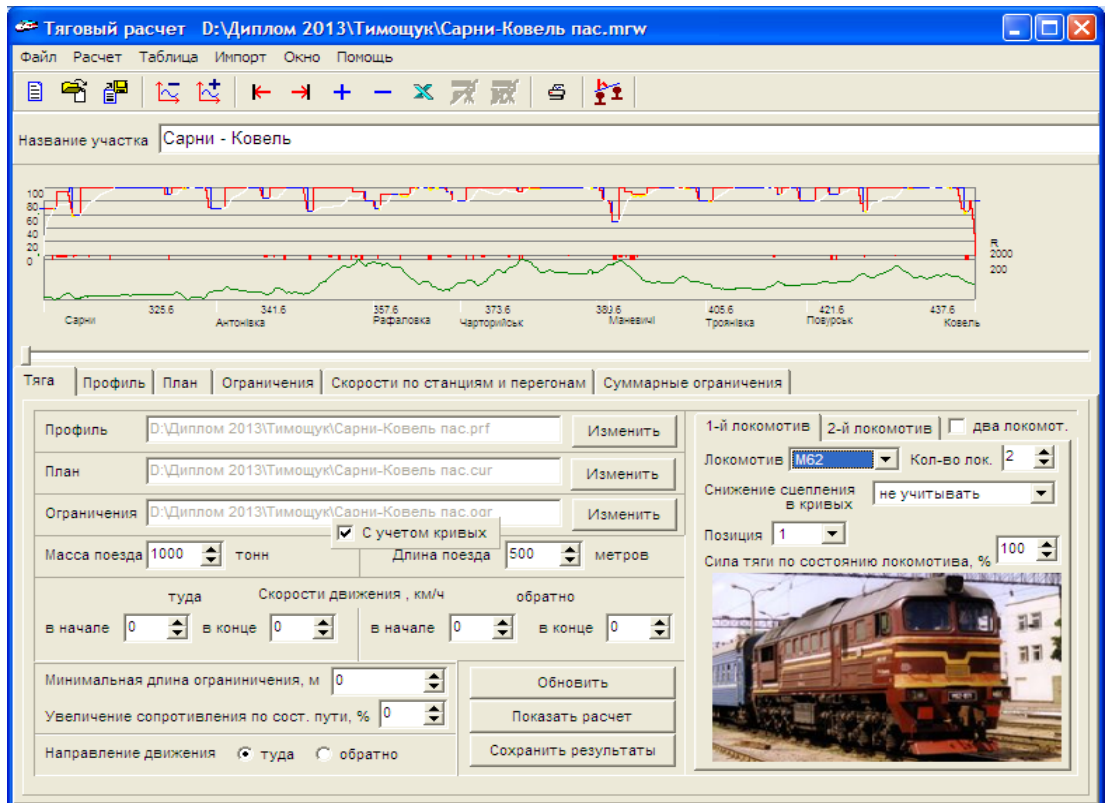


Рисунок 2.7 – Вікно програми нового розрахунку

Основними параметрами тягових розрахунків являється: поздовжній профіль, план лінії і обмеження швидкості.

Поздовжній профіль задається ухилами (у промілях), довжиною елемента (у метрах), початковим пікетом і відміткою рівня головки рейки на початку ділянки. Всі наступні відмітки елементів розраховуються автоматично. Паралельно з введенням даних профілю відбувається графічне промальовування. Це можна побачити на рисунку 2.8.

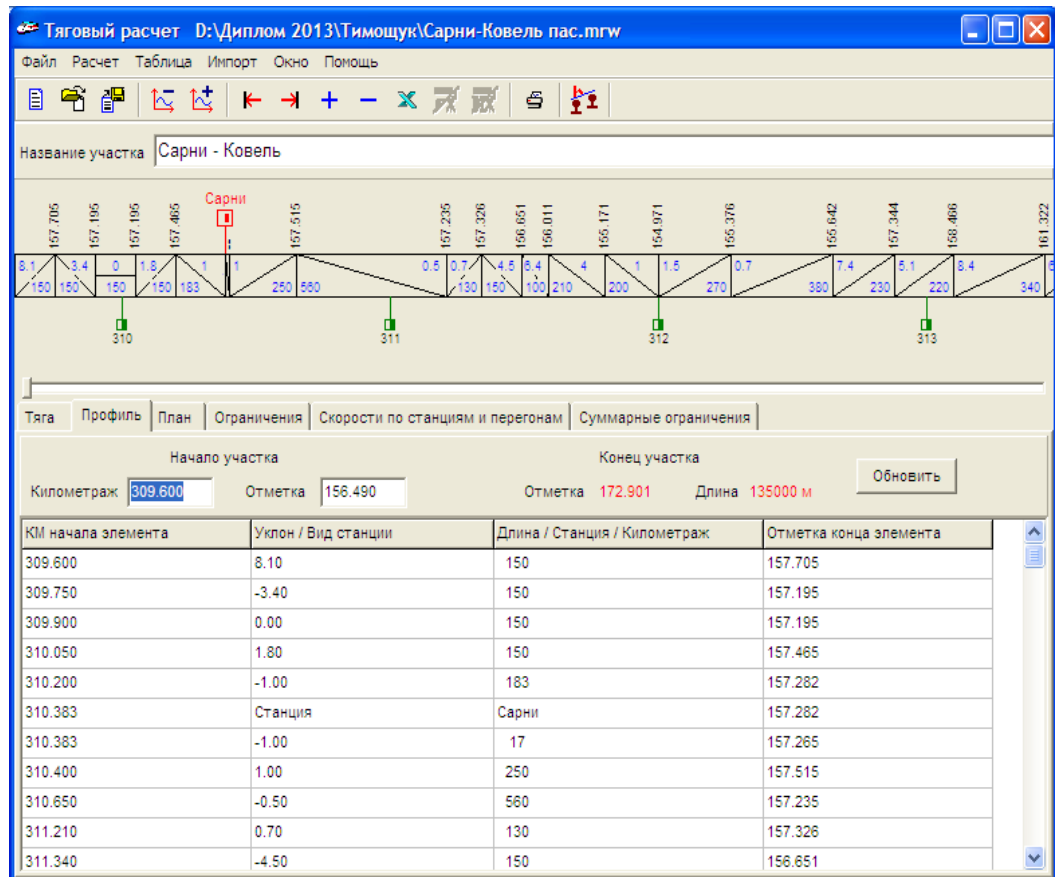


Рисунок 2.8 – Приклад розрахунку профілю

Вихідна інформація по плану представляється параметрами наступних елементів: пряма, перехідна крива, кругова крива права чи ліва, а також підвищення зовнішньої рейки. Для першого елемента вводиться кілометрова позначка його початку, розрахунок наступних виконується автоматично. В програмі також є можливість вставки плану із програми RWPlan.

Для введення даних до програми виконуються дії як зображені на рисунках 2.9 – 2.11.

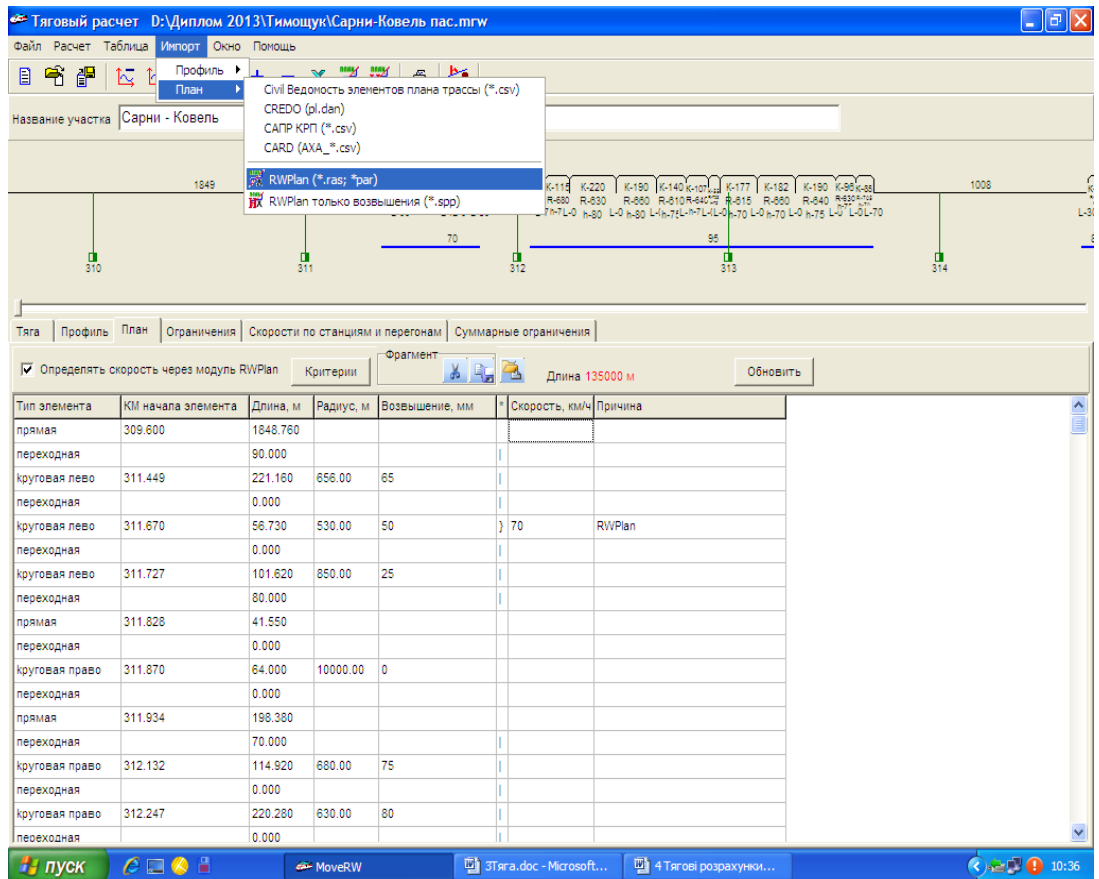


Рисунок 2.9 – Імпортування файлів плану до програми

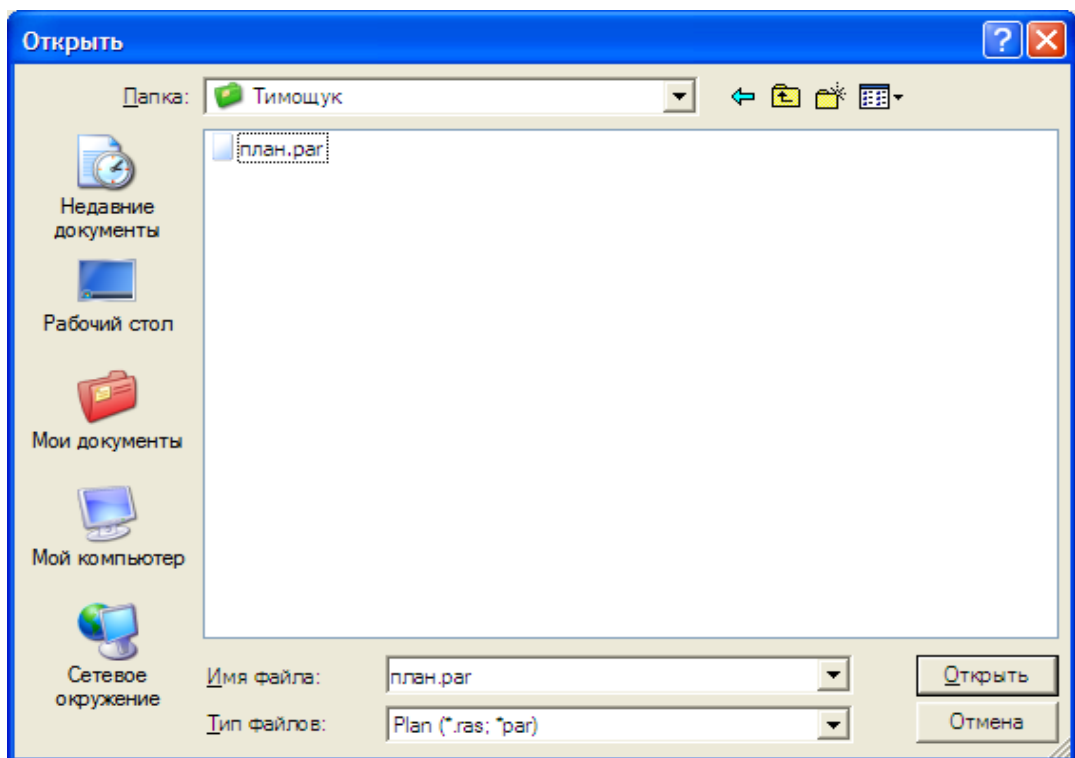


Рисунок 2.10 – Файл плану з розширенням \*.par

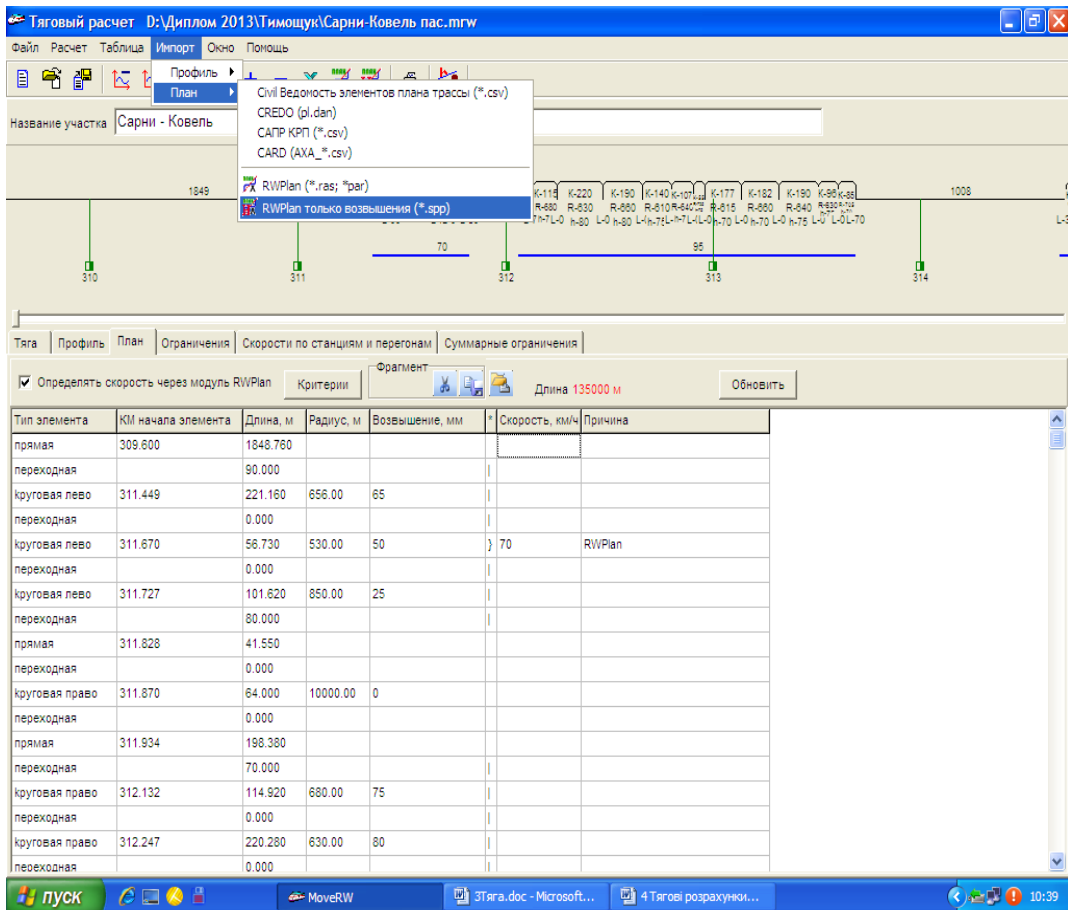


Рисунок 2.11 – Імпортування файлу підвищень до програми

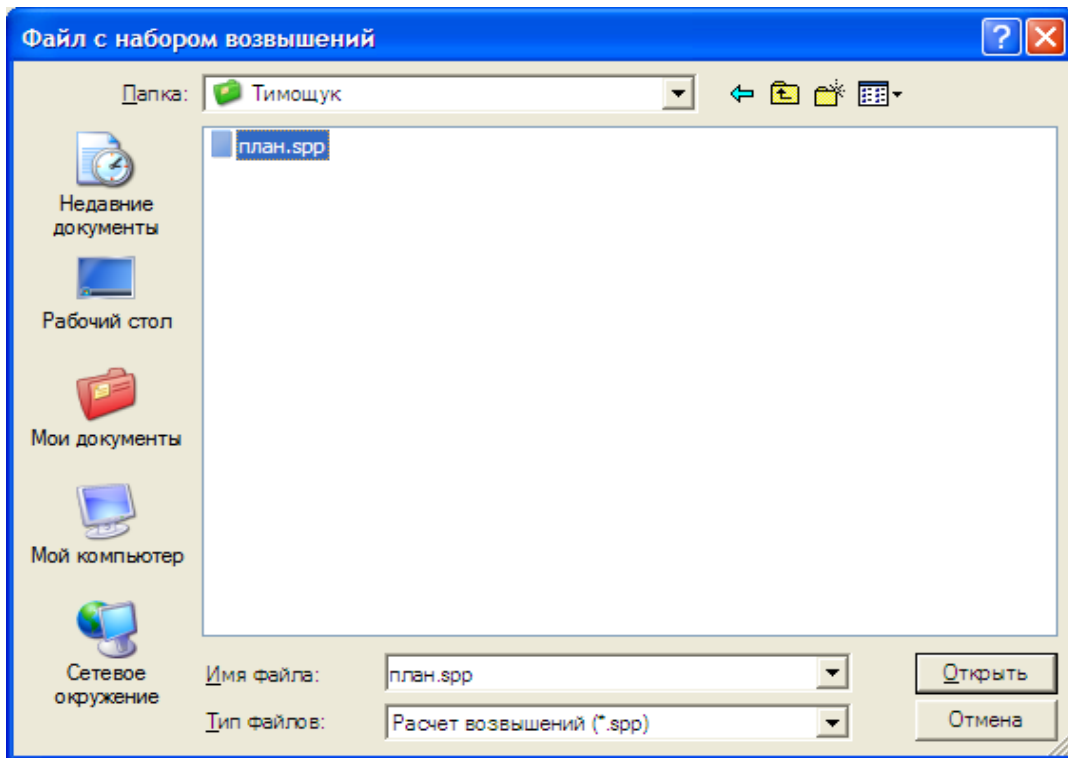


Рисунок 2.11 – Файл підвищень з розширенням \*.spp

Обмеження швидкості можуть вводитися як в програмі, так і в текстовому файлі.

Обмеження швидкості в тягових розрахунках показано на рисунку 2.12.

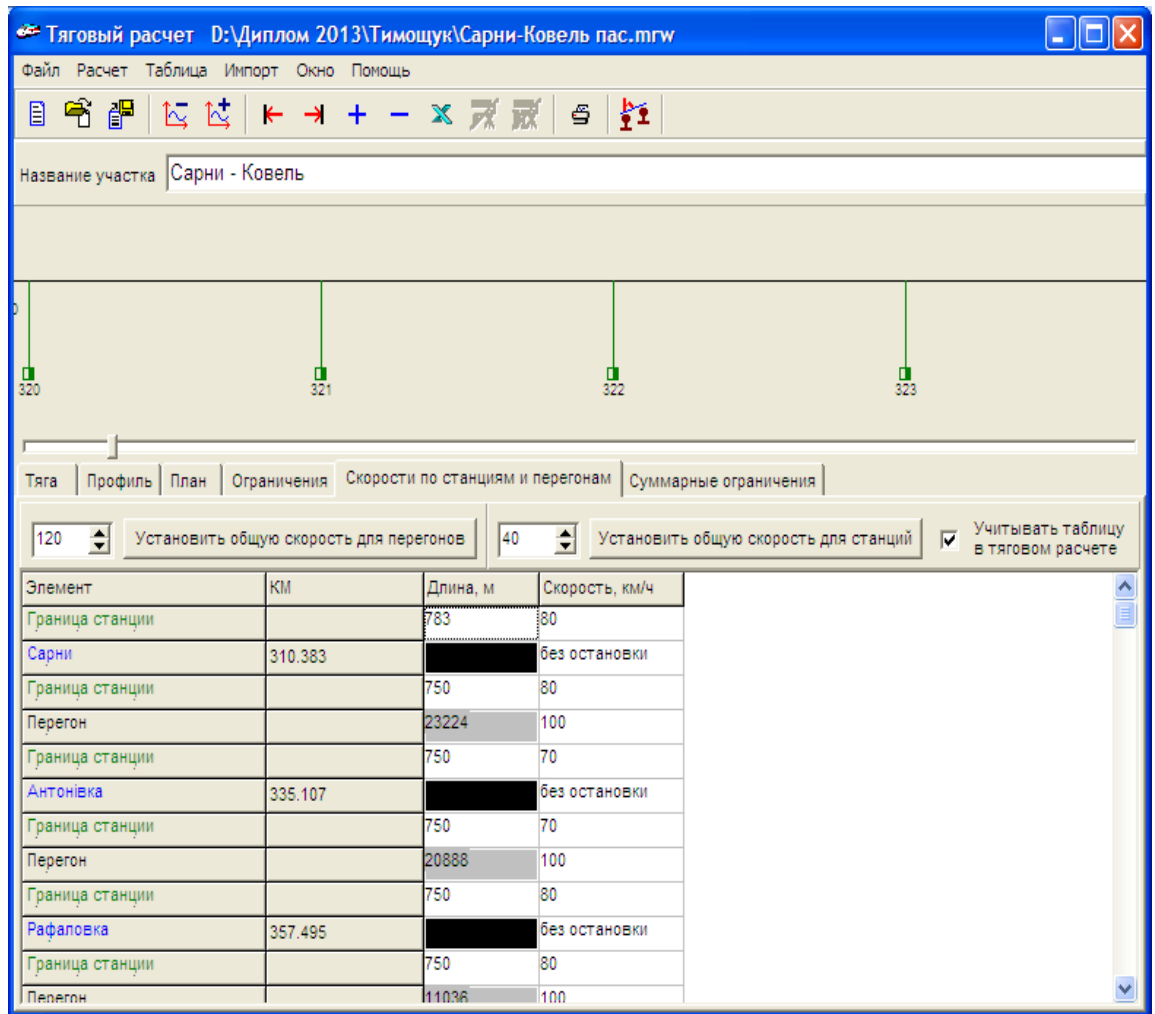


Рисунок 2.12 – Приклад розрахунку обмежень

Також програма дозволяє встановлювати параметри розрахунку та обирати локомотив, вид вагонів, довжину, масу поїзда та ін. (рисунки 2.13 та 2.14).

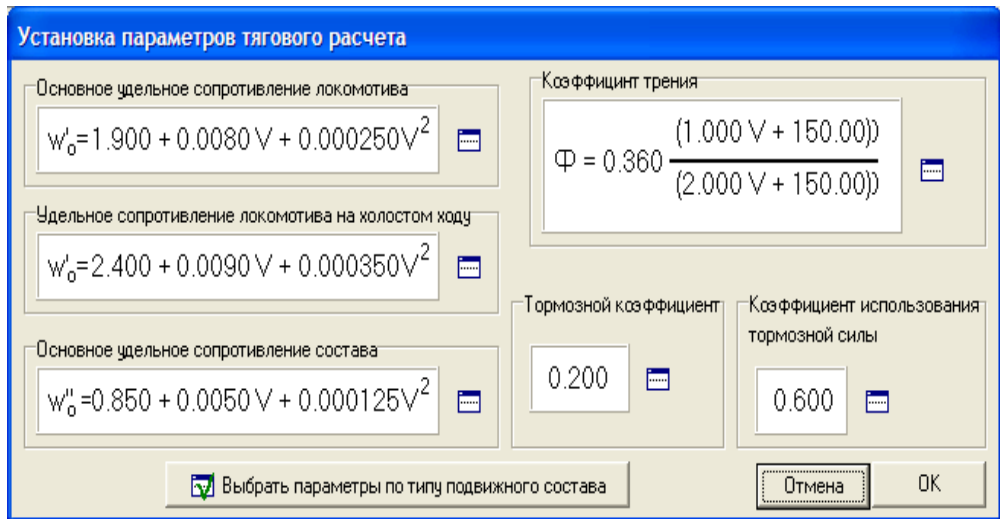


Рисунок 2.13 – Вибір параметрів тягового розрахунку

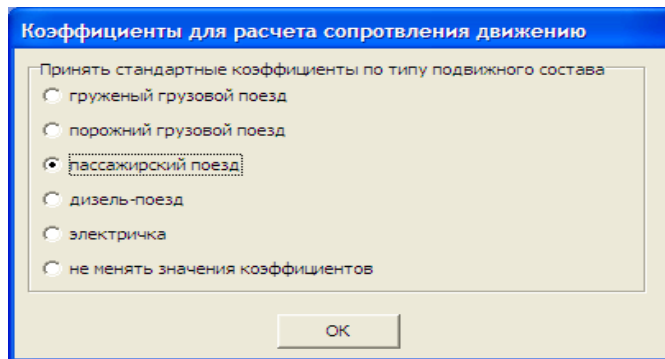


Рисунок 2.14 – Вибір типу вагонів для розрахунку

Після виконання тягових розрахунків у таблиці 2.3 можна побачити як змінюються тягово-енергетичні показники при зміні локомотивів та збільшенні швидкості руху.

Файли з результатами тягових розрахунків у текстовому форматі наведенні в додатку А.

Таблиця 2.3 – Відомість результатів тягових розрахунків

Довжина, м	Максимальна швидкість, км/год	Середня швидкість, км/год	Витрати електроенергії, кВт	Механічна робота, 10 кН·км	Робота гальмування, 10 кН·км	Час, хв	Тип локомотиву	Напрямок руху	Рух поїзду
133612	100	82	758,5	889,07	290,96	97,57	2М62	прямий	пасажирський
									пасажирський
133612	100	83	732,3	855,75	277,03	96,86	2М62	зворотний	пасажирський
									пасажирський
133612	100	68	1230,5	1493,01	452,68	117,63	2М62	прямий	вантажний
									вантажний
133612	95	68	1279,0	1561,19	285,62	118,20	2М62	зворотний	вантажний
									вантажний
133612	140	98	5417,4	1279,54	601,95	82,21	ЧС8	прямий	пасажирський
									пасажирський
133612	140	97	5342,2	1265,24	617,94	82,46	ЧС8	зворотний	пасажирський
									пасажирський
133612	100	80	7103,0	2010,81	850,17	100,64	ВЛ80	прямий	вантажний
									вантажний
133612	100	80	7403,5	2100,33	557,80	100,09	ВЛ80	зворотний	вантажний
									вантажний
Існуючий стан							Проектний стан		

Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	-----	----------	--------	------

051.080750.ДП.2024.000

Аржш

32

## 2.3 Перевлаштування плану лінії

Перебудова плану лінії виконувалась в програмі «RWPlan» [23]. Програма дозволяє створити файл псевдозйомки при відомих параметрах плану (радіус, довжина перехідних, кругових кривих, а також прямих), можна створити файл псевдозйомки з координатами окремих точок такого плану, а потім виконувати розрахунки перебудови, прочитавши цей файл як координатну зйомку.

Перетворення параметрів плану в координатну зйомку

Відкрити параметри координатної моделі    Відкрити параметри евольвентної моделі    Чвести параметри плану "вручну"

Кількість ділянок постійної кривизни: 119    Пікет початку проектування, м: 311403.76

Максимальна відстань поміж точками з координатами у файлі зйомки, м: 10    Номер 1-ї точки: 1

Назва ділянки: Сарни-Ковель

Напрямок пікетажу за ходом точок:  
 прямий     зворотний

Параметри плану ділянки, м

n	Lp	Min	Max	DL	R	Rmin	Rmax	K	KMin	
1	90	90	90	10		-656	656	656	176.16	20
2	0	0	0	10		-530	530	530	56.73	20
3	0	0	0	10		-850	850	850	61.62	20
4	80	80	80	10		0	0	0	1.55	0.775
5	0	0	0	10		10000	10000	10000	64	20
6	0	0	0	10		0	0	0	163.38	20
7	70	70	70	10		680	680	680	79.92	20

Готово

Рисунок 2.15 – Перетворення параметрів плану в координатну зйомку

Перед записом файлу зйомки є можливість завдання початкових координат і довжин прямих на початку і в кінці (рисунок 2.16).

Координати перших точок

Відкорегуйте координати 2-х точок початкової прямої для задання дирекційного кута

Перша точка    Друга точка

X= 0    X= 50

Y= 0    Y= 0

Задайте довжини прямих у метрах на початку і в кінці ділянки: 50

Довжину першої прямої приймати за координатами точок, які задані вище

Готово

Рисунок 2.16 – Координати перших та других точок

З таким файлом координатної моделі потім можна вирішувати задачі перебудови плану (зміни радіусів, довжин кругових та перехідних кривих, довжин прямих та інше), а також визначати допустимі швидкості руху поїздів.

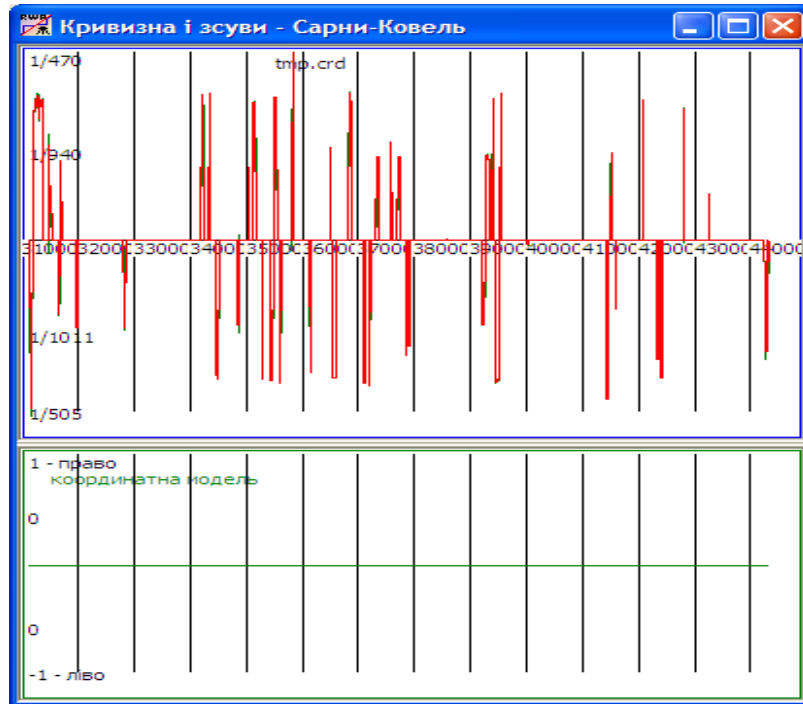


Рисунок 2.17 – Координатна модель ділянки

При розрахунку великих ділянок, що містять велику кількість кривих, оптимізація йде достатньо довго. В такому випадку бажано попередньо розбити ділянку на частини, оптимізуючи кожен з цих частин окремо. В подальшому об'єднати та оптимізувати їх.

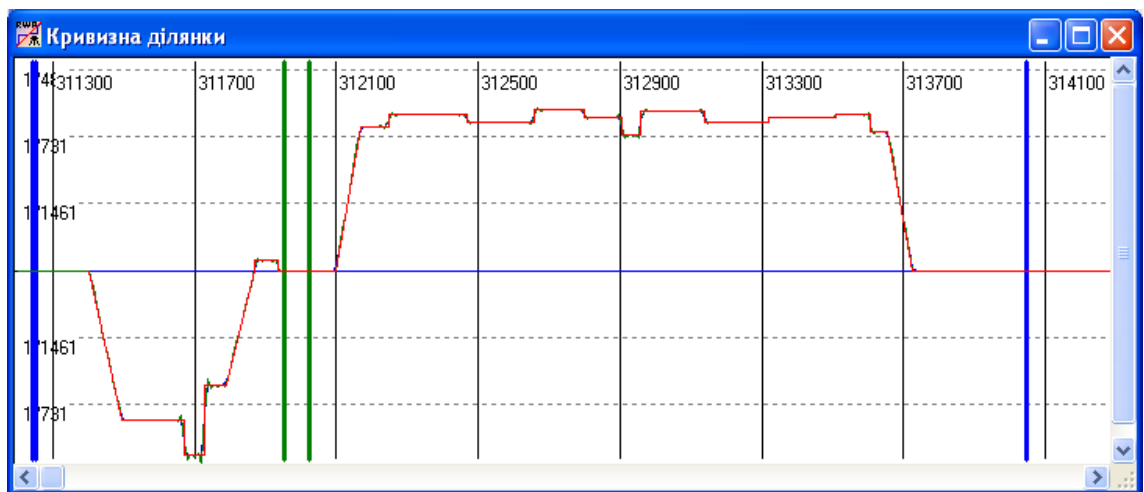


Рисунок 2.18 – Розбивка ділянки на частини

Для початку оптимізації необхідно задати у «Розрахункових значеннях» задаються необхідні параметри та обмеження (рисунок 2.19).

Рисунок 2.19 – Задання параметрів перед початком оптимізації

Після цього ми отримуємо графік зсувів в цілому по ділянці (рисунок 2.20).

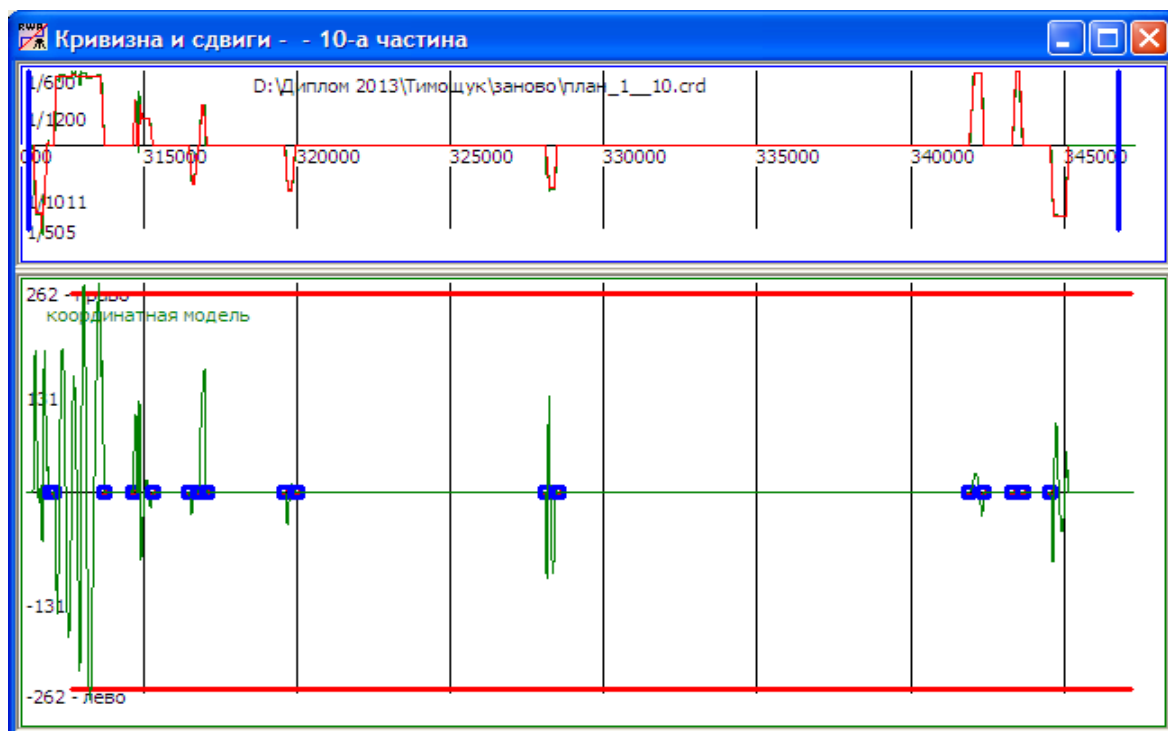


Рисунок 2.20 – Графік проектного рішення і зсувів

Використовуючи програму RWPlan, були виконані розрахунки можливих швидкостей на ділянці Сарни – Ковель після оптимізації плану. Розрахунки підвищень зовнішньої рейки та допустимих швидкостей на рисунку 2.21.

**Розрахунок підвищень та допустимих швидкостей**

Середньозважена швидкість (Vcp) на ділянці, км/год: 90    Задати Vcp    h по Vcp     Графік підвищень

Допустиме неогашене прискорення, м/с: *max* / 0.7 // 0.7    Допустима швидкість зростання прискорення, м/с: 0.6    Допустима швидкість опускання колеса, мм/с: 28

Допустиме неогашене прискорення, м/с: *max*: 0.3     Враховувати обмеження V по ухилу відводу, а не по Vк    Lmin=17    Table

Враховувати обмеження на значення підвищень    Задати обмеження на значення підвищень

h - підвищення зовнішньої рейки, мм; i - ухил відводу підвищення у тисячних

Позначення причин обмеження швидкостей: НП - неогашене прискорення; Va - швидкість зростання прискорень; Vк - швидкість опускання колеса. Далі для складених кривих: VaL2 - зростання прискорень на сусідніх перехідних; VaL1 - зростання прискорень на одній з перехідних; НП2 - неогашене прискорення на сусідніх кривих; VaП - зростання прискорень на прямій вставці; НПС - неогашене прискорення на S-кривій; VaS - зростання прискорень на S-кривій; Va2 - зростання прискорень на одно-сторонніх кривих; max 1, 2 - максимально-допустимі на даній кривій; Vвт - min-max швидкість для вантажних поїздів.

**Vmax=40 Vвт=73-40**

n	L	R	K	h	i	НП	Va	Vк	VaL2	VaL1	НП2	VaП	НПС	VaS	Va2	max1	max2	V	вт	Vcp
1	60			150	2.5		129	40								40	40	73	40	90
2	20	-666	171	150		118			120											
3	40	-547	28	150	0.5	107		202	136						107	107	66	93	90	
4	70	-772	53	130	1.9	122		138	54						54	54	71	54	90	
5	40		0					224												
6	40	10000	20	0				224							224	224		197	0	
7	70		142					224												
8	30	644	471	150	2.1	116	131	47							47	47	72	47	90	
9	30			150		116			271							116	116	71	100	90

Графіки а та зносу

Розрах. Vmax    Задати поїздопотік    Підбір h за Vmax    Підбір h за зносом    **Готово**

Рисунок 2.21 – Розрахунок підвищень і швидкості

## 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Заходи з підвищення швидкості руху

#### 3.1.1 Допустимі швидкості руху поїздів

Підвищення швидкостей руху поїздів є однією з головних тенденцій науково-технічного розвитку в залізничному транспорті. У сучасних умовах важливим є розвиток пасажирського руху з використанням максимальних швидкостей у діапазоні від 120 до 160 км/год.

В рамках служби колії встановлюються обмеження швидкостей руху поїздів, охоплюючи такі аспекти як профіль колії, план, земляне полотно, верхня будова колії, стрілочні переводи та штучні споруди.

Обмеження швидкостей по профілю визначаються з урахуванням тягових розрахунків, враховуючи крутість спусків і гальмову забезпеченість поїздів. Ліквідація часткових чи повних обмежень на інфраструктурі колійного господарства можлива після проведення робіт з модернізації залізниці, але головною причиною залишаються криві ділянки колії.

При визначенні допустимих швидкостей в кривих ділянках колії важливо враховувати різноманітні розрахункові умови, залежно від конкретних планових ситуацій. Розрізняють три випадки: ізольована крива, суміжні криві та сполучені криві. Допустимі швидкості встановлюються, враховуючи умови міцності і стійкості колії, динаміки взаємодії колії і рухомого складу, та дотримання критеріїв безпеки, плавності і комфортності руху.

В таблиці 3.1 подано допустимі швидкості руху пасажирських і вантажних поїздів на ділянці Сарни–Ковель Львівської залізниці при існуючому стані постійних пристроїв.

						051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата			37

Таблиця 3.1 – Допустимі швидкості руху поїздів

Станції	Встановлені швидкості руху поїздів згідно за наказом начальника Львівської залізниці	
	Вантажні	Пасажи́рські
Сарни	70	80
Перегін	80	100
Антонівка	70	70
Перегін	80	100
Рафаловка	70	80
Перегін	90	100
Чарторийськ	80	80
Перегін	80	100
Маневичі	70	80
Перегін	80	100
Троянівка	70	80
Перегін	80	100
Повурськ	70	80
Перегін	80	100
Ковель	80	80

### 3.1.2 Основні фактори, що обмежують швидкість руху поїздів

Ретельний аналіз причин обмеження швидкості пасажирських поїздів виявив, що ключовими факторами, які гальмують можливість підвищення швидкості до 160 км/год, включають:

- стан верхньої будови колії (вищербленість рейок і стрілочних переводів, засмічення баласту сипучими матеріалами, наявність звичайних і перехресних стрілочних переводів на головному ході марки № 1/11, наявність глухих перетинань та окремо розташованих хрестовин та інші аспекти);
- відсутність електричної тяги;

- стан штучних споруд (дефекти пролітних споруд і опор, застарілі пролітні споруди, вищербленість баластової призми та інші показники);
- стан земляного полотна (недостатня ширина основної площадки, зсуви, деформація укосів насипу, водорозмиви, обвали, карстові утворення та інші аспекти);
- план лінії із недостатніми довжинами перехідних кривих, наявність кривих з малими радіусами;
- станційні пристрої, які вимагають модернізації або реконструкції;
- стан пристроїв у контактній мережі, енергопостачання в цілому, зв'язку, систем контролю та безпеки і інші постійні пристрої, які впливають на швидкість руху поїздів;
- рівень технології та організації процесу перевезень.

Згідно з наказом, на ділянці Сарни – Ковель встановлено обмежену швидкість для пасажирських поїздів – до 100 км/год та для вантажних – до 80 км/год із застосуванням локомотивів типу 2М62. Ці обмеження пов'язані зі станом земляного полотна, відсутністю електрифікації, дефектними водопропускними спорудами, а також з наявністю кривих малого радіусу або коротких перехідних кривих на даній ділянці.

### 3.1.3 Аналіз підвищення швидкості руху поїздів у кривих

Швидкість руху поїздів на кривих визначається з урахуванням стійкості верхньої будови колії, враховуючи норми для локомотивів і вагонів, а також з урахуванням комфорту пасажирів. На ланкових ділянках колії встановлюються допустимі швидкості, які враховують особливості їхньої експлуатації. Для визначення максимальних допустимих швидкостей руху на ділянках, де сполучення кривих в плані, проведено розрахунки за наведеною нижче методикою.

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

$$V = 3,6\sqrt{R([\alpha_{\text{нп}}] + 0,00613h)}, \quad (3.1)$$

де  $h$  – існуюче підвищення зовнішньої рейки в круговій кривій, м;

$R$  – радіус кривої, м;

$[\alpha_{\text{нп}}]$  – допустиме значення непогашеного прискорення в круговій кривій.

Крім того, розрахована за формулою 3.1 швидкість не повинна перевищувати допустимої по ухилу відводу підвищення зовнішньої рейки, а також по розміру зміни непогашеного прискорення  $[\alpha_{\text{нп}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$ .

Величина допустимої швидкості по перехідній кривій за критерієм  $\psi$  швидкості наростання непогашеного поперечного прискорення,  $\text{м/с}^3$  визначається за формулою:

$$V_{\text{кр}}^{\psi} = \frac{3,6 \cdot \psi \cdot l}{[\alpha_{\text{нп}}]}, \quad (3.2)$$

де  $l$  – довжина відводу підвищення, м.

Величини допустимих швидкостей за критерієм неперевикнення швидкості зміни непогашеного прискорення  $\psi \leq 0,6 \text{ м/с}^3$  повинні перевірятися за формулою:

$$\psi = \frac{\alpha_{\text{нп}} \cdot V}{3,6 \cdot l}. \quad (3.3)$$

При перевищенні допустимих нормативів мінімальних прискорень слід прийняти заходи для зменшення розбіжностей відводів кривизни та усунення причин, які можуть призводити до проходження поїздів із недостатньою швидкістю. У випадку розбіжностей відводів та підвищення кривизни на коротких ділянках одного з відводів, слід також перевірити допустиму швидкість, враховуючи допустиму величину зміни непогашеного прискорення ( $\psi = 0,6 \text{ м/с}^3$ ). Зміна прискорення визначається за допомогою відповідної формули:

$$\psi = \frac{(\alpha_{\text{нп}(n+1)} - \alpha_{\text{нп}(n)}) \cdot V_{\text{max}}}{3,6 \cdot \Delta l}, \quad (6.4)$$

де  $\alpha_{\text{нп}(n+1)}, \alpha_{\text{нп}(n)}$  – величини непогашених прискорень у суміжних точках;

$\Delta l$  – відстань між цими характерними точками.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		40

### 3.1.4 Оцінка доцільності підвищення швидкості на ділянці

Після оптимізації плану лінії за допомогою програми «RWPlan» були отримані нові, проектні вихідні дані для проведення тягових розрахунків у програмі “MoveRW”, які були розглянуті у розділі 2. Основною метою цих розрахунків є визначення можливості підвищення швидкості на ділянці Сарни – Ковель. Ключовим критерієм при розгляді підвищення швидкості на ділянці є її цілеспрямованість. Таким чином, важливо оцінити виправданість впровадження підвищення швидкості пасажирських поїздів, виражену у відсотках відносно швидкостей руху по ділянці.

Для вирішення цієї задачі у програмі “MoveRW” були проведені тягові розрахунки для пасажирських поїздів, використовуючи оптимізований план. Тягові розрахунки були виконані для наступних швидкостей:

- швидкість, встановлену за наказом;
- по станціях 100 км/год, по перегонам 120 км/год;
- по станціях 120 км/год, по перегонам 140 км/год;
- по станціях 140 км/год, по перегонам 160 км/год.

Отримані результати тягових розрахунків були представлені у вигляді гістограм розподілу відсотків використання максимальної швидкості руху (див. рисунки 3.1 – 3.4).

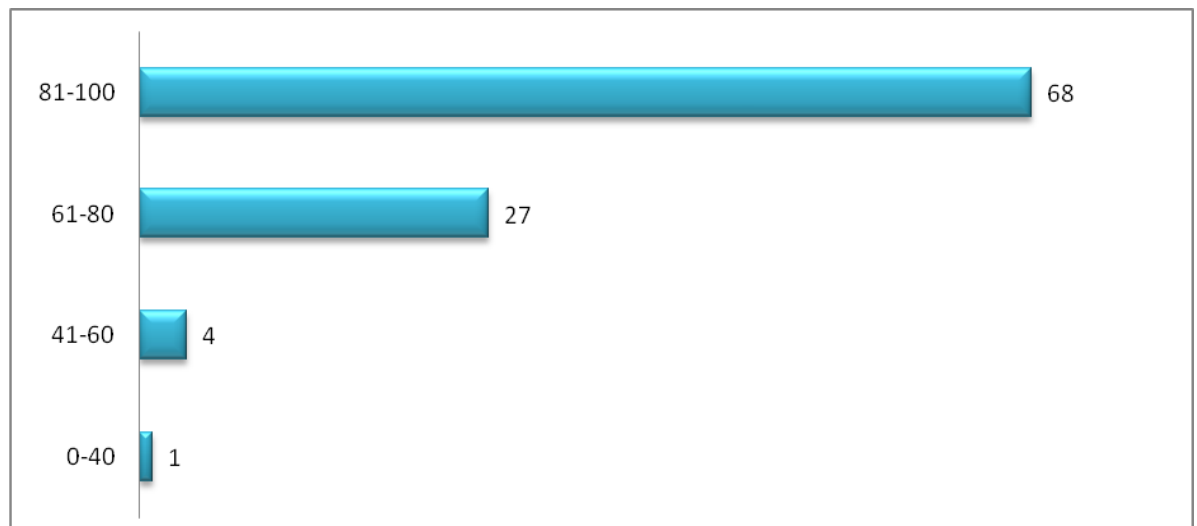


Рисунок 3.1 – Гістограма використання швидкостей на ділянці Сарни – Ковель, при встановлених швидкостях за наказом



Рисунок 3.2 – Гістограма використання швидкостей на ділянці Сарни - Ковель, при максимальній швидкості пасажирських поїздів по станціям – 100 км/год, по перегонам – 120 км/год.

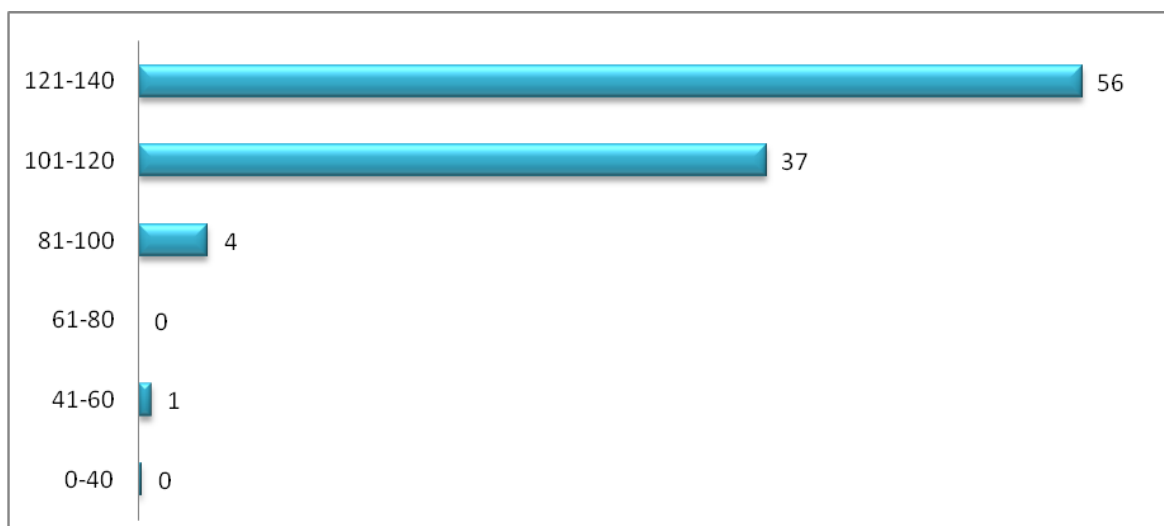


Рисунок 3.3 – Гістограма використання швидкостей на ділянці Сарни – Ковель, при максимальній швидкості пасажирських поїздів по станціям – 120 км/год, по перегонам – 140 км/год.

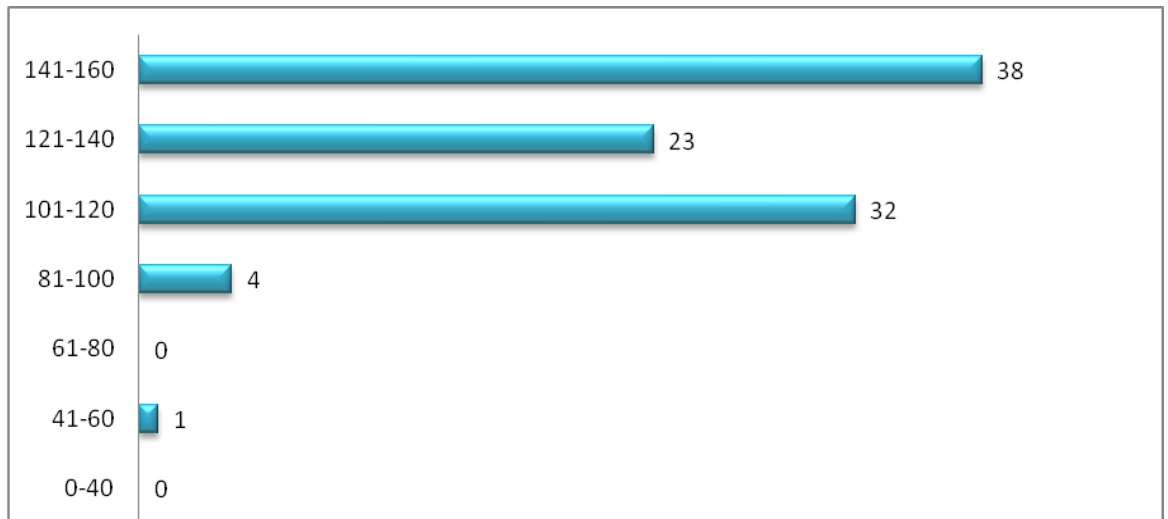


Рисунок 3.4 – Гістограма використання швидкостей на ділянці Сарни - Ковель, при максимальній швидкості пасажирських поїздів по станціям – 140 км/год, по перегонам – 160 км/год.

Проаналізувавши гістограми використання швидкостей, можна зробити висновок, що на ділянці Сарни – Ковель, максимальне використання швидкості руху пасажирським поїздом при максимальній швидкості 140 км/год дорівнює 56%, а при максимальній швидкості 160 км/год дорівнює 38%.

Файли з результатами мають текстовий формат, наведенні в додатку Б.

### 3.2 Дослідження ефективності підвищення швидкості руху поїздів

Основою транспортних операцій на залізниці є переміщення пасажирів та вантажів по рейкових магістралях. Але на сьогоднішній день стан залізниць України не відповідає сучасним вимогам. Залізничний транспорт у країні займає лідерську позицію в пасажирських перевезеннях, особливо на швидкісних лініях. Поліпшення існуючих та будівництво нових залізничних трас допоможе підвищити обсяг пасажирських перевезень порівняно з іншими видами транспорту, забезпечити безпеку руху та скоротити час подорожей. Однак при цьому важливо провести аналіз впливу збільшення швидкості руху.

Швидкості руху поїздів на кривих встановлюються, враховуючи міцність та стійкість верхньої будови колії на основі нормативів швидкостей для локомотивів і вагонів, а також стійкості колеса на рейці щодо ковзання та забезпечення комфортності подорожей.

Для аналізу тягово-енергетичних параметрів при збільшенні швидкості на ділянці Чарторийськ – Маневичі були виконані розрахунки за допомогою програми «MoveRW». На прикладі одного перегону розглянемо, як змінюється час подорожі поїзда, витрати електроенергії та середня швидкість руху при впровадженні більш потужного локомотиву (ЧС-7) та поетапному збільшенні швидкості на перегоні та станціях. Тягові характеристики локомотиву подані на рисунку 3.5.

Окрім стану колії, обмеження швидкості на станціях суттєво впливає на рух поїздів, тому, враховуючи різні варіанти підвищення швидкості на станціях та перегонах, були отримані гістограми змін тягово-енергетичних показників у прямому та зворотному напрямку (рисунки 3.6-3.9).

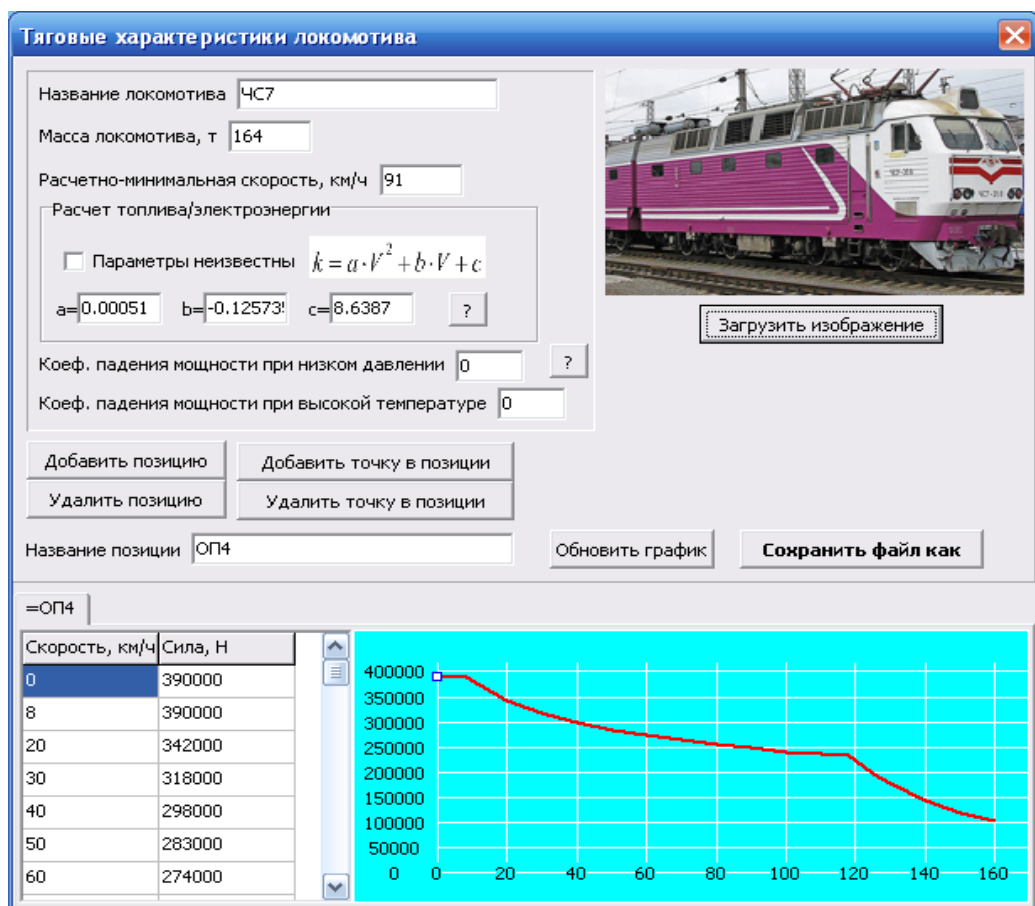


Рисунок 3.6 – Тягові характеристики локомотиву

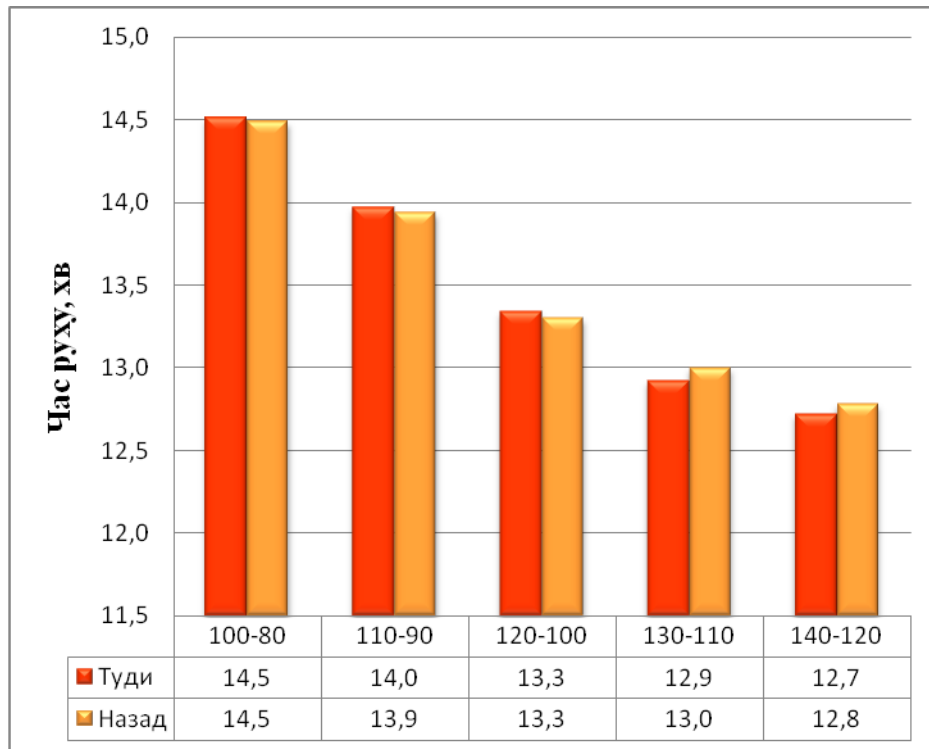


Рисунок 3.7 – Розподіл часу руху

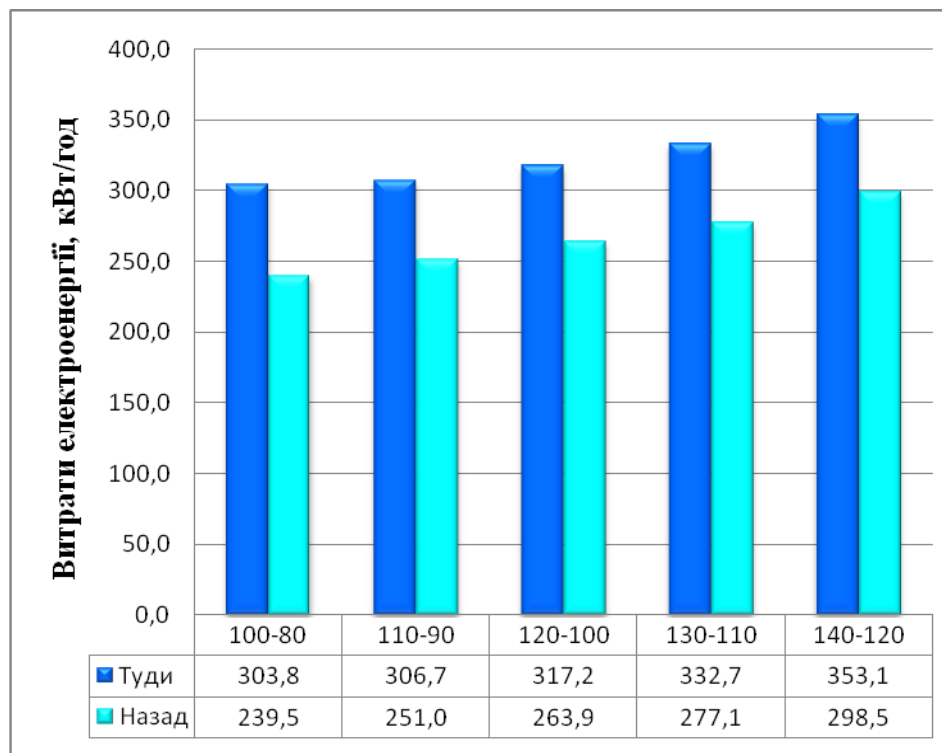


Рисунок 3.8 – Розподіл витрат електроенергії

Отже, при підвищенні швидкості руху по перегону до 140 км/год, а на станціях до 120 км/год:

- час ходу поїзда на ділянці зменшиться на 18,1% у прямому напрямку та 13,5% у зворотному напрямку;
- витрати електроенергії збільшуються на 146,9% у прямому напрямку та на 154,1% у зворотному напрямку.

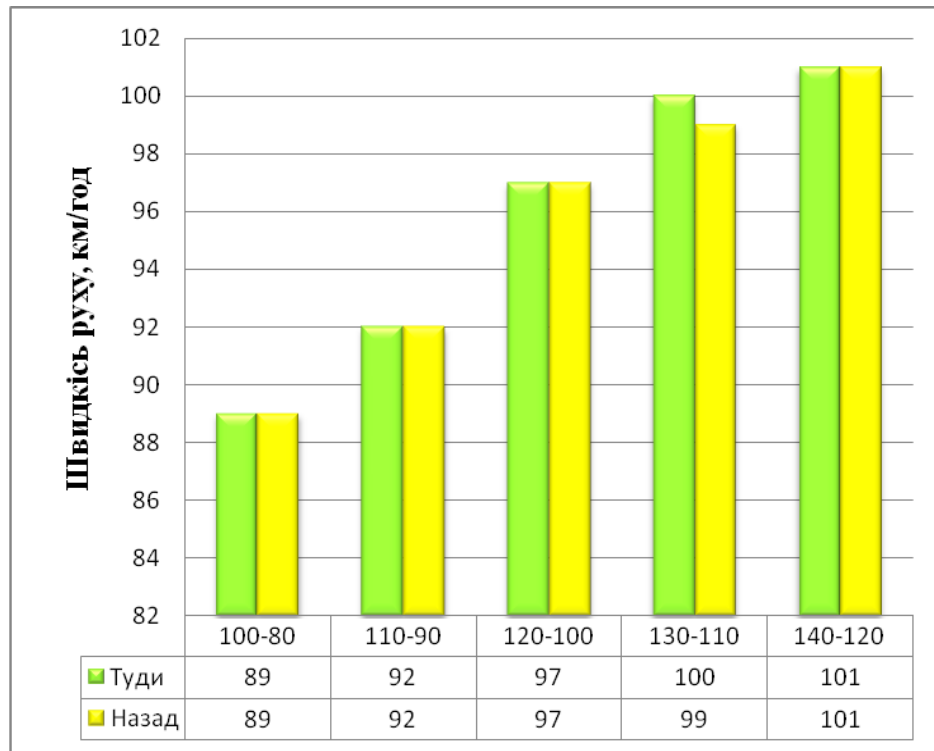


Рисунок 3.9 – Розподіл середньої швидкості руху

Файли з результатами тягових розрахунків мають текстовий формат та наведенні в додатку В.

### 3.3 Дослідження впливу підвищення швидкості на знос колії

Підвищення швидкості руху не лише впливає на тягово-енергетичні показники, але також має вплив на ступінь зносу колійної інфраструктури. Для вивчення цього аспекту були виконані розрахунки за допомогою програми «RWPlan», яка дозволяє оптимізувати висоту зовнішньої рейки так, щоб зменшити силове впливове навантаження на колію та визначити рівень зносу при існуючих підвищеннях зовнішньої рейки. У даному випадку розрахунки були проведені відповідно до другого варіанту. Для цього було обрано опцію «Розрахунок підвищень та допустимих швидкостей» в меню «Сервіс» програми «RWPlan» (рисунок 3.10).

**Розрахунок підвищень та допустимих швидкостей**

Середньозважена швидкість (Vcp) на ділянці, км/год:     Графік підвищень

Допустиме непогашене прискорення, м/с *взят:*  //  Допустима швидкість зростання прискорення, м/с<sup>3</sup>:  Допустима швидкість опускання колеса, мм/с:

Враховувати обмеження V по ухилу відводу, а не по Vк Lmin=17

Враховувати обмеження на значення підвищень

h - підвищення зовнішньої рейки, мм, i - ухил відводу підвищення у тисячних  
 Позначення причин обмеження швидкостей: НП - непогашене прискорення; Va - швидкість зростання прискорень; Vк - швидкість опускання колеса; Далі для складених кривих: VaL2 - зростання прискорень на сусідніх перехідних; VaL1 - зростання прискорень на одній з перехідних; НП2 - непогашене прискорення на сусідніх кривих; VaП - зростання прискорень на прямій вставці; НПС - непогашене прискорення на S-кривій; VaS - зростання прискорень на S-кривій; Va2 - зростання прискорень на односторонніх кривих; max 1, 2 - максимально-допустимі на даній кривій; Vвт - min-max швидкість для вантажних поїздів.

**Vmax=89 Vвт=0-69**

n	L	R	K	h	i	НП	Va	Vк	VaL2	VaL1	НП2	VaП	НПС	VaS	Va2	max1	max2	V	вт	Vcp
	70				0.7		115	141												
1		-626	130	50		90										90	90		70	50
	70				0.7		115	141												
2			616																	
	140				0.4		140	282												
3		-610	165	50		89										89	89		69	50
	100				0.5		126	202												
4			968																	
	100				0.3		149													
5		1050	422	30		110									110	110		81	50	
	110				0.3		154													
6			1947																	
	80				0.4		133	230												
7		900	56	35		103									103	103		77	50	
	90				0.4		138	259												
o			007																	

Рисунок 3.10 – Вікно розрахунку підвищень і допустимих швидкостей

Для подальшого визначення зносу колії необхідно вказати поїздопотік, який проходить через задану ділянку (див. рисунок 3.11). У цьому вікні слід вказати дані щодо структури поїздопотіку та швидкостей для різних категорій поїздів на заданій довжині ділянки. Цю інформацію можна зберегти або завантажити з відповідного файлу із розширенням \*.por.

Після натискання кнопки «Готово» автоматично створюється текстовий файл із розширенням \*.spp, а також файл, що містить відомості про знос рейок, прискорення та бічні сили із розширенням \*\_FR.txt.

**Дані по поїздопотокі**

Прочитати    Зберегти    Кількість категорій поїздів (1..100)    4

Дані по категоріях

№	Q	N	пас.1	пас.2	вант.
1	1000	1200	+		
2	1000	1200	+		
3	3600	1825			+
4	2800	1825			+

Крок виведення V в пікетах    1    Крок підвищень, мм    5  
*(при 0 - крок 10 м)*

Не міняти підвищення в кривій №    0

Прочитати таблицю S і t з тягових розрахунків для категорії    4

Швидкості по категоріях

S	v-1	v-2	v-3	v-4
369700	5	5	5	5
369800	8	5	5	5
369900	13	5	7	5
370000	18	5	9	5
370100	23	99	12	74
370200	28	99	14	74
370300	33	99	17	74

Після натиснення "Готово" будуть розраховані значення середньозважених швидкостей

**Готово**

Рисунок 3.12 – Дані по поїздопотокі

Для введення інформації по швидкостям можна скористатися результатами тягових розрахунків, якщо вони є у вигляді текстового файлу, який містить відстані, швидкість і час руху, наприклад вихідні файли «MoveRW» (рисунок 3.13).

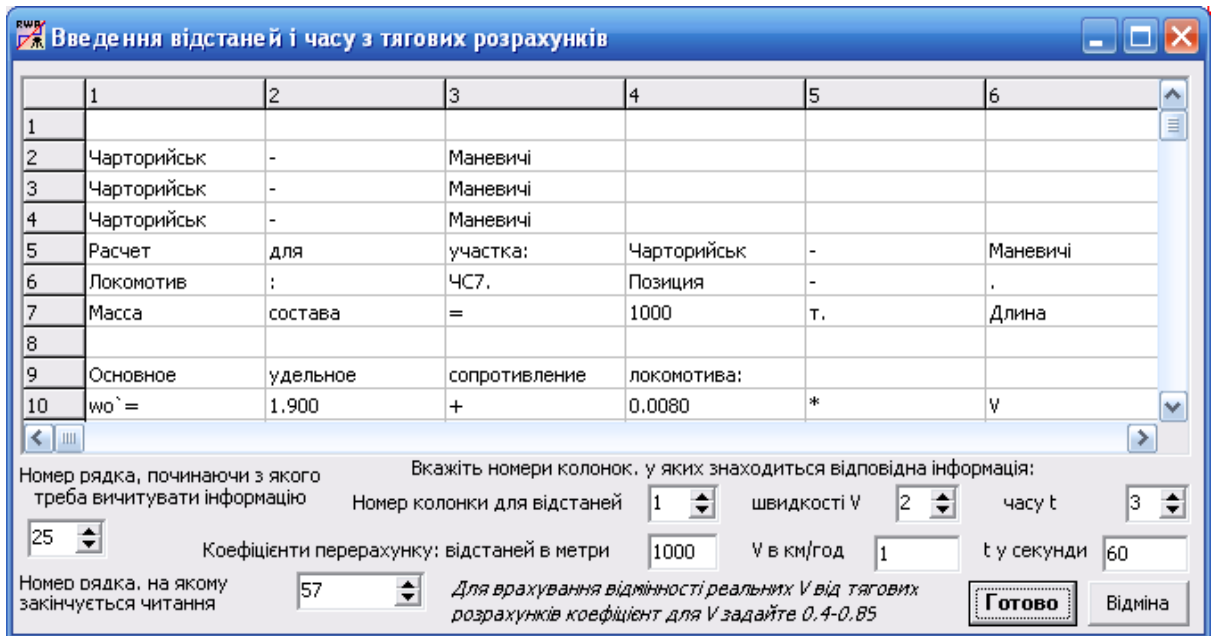


Рисунок 3.13 – Введення відстаней і часу з тягових розрахунків

Якщо є дані про поїздопотік, система виведе інформацію щодо максимальних прискорень та середнього додаткового зносу рейок на вказаній ділянці (у випадку наявності інформації про існуючі підвищення, виведеться максимальне прискорення та середній знос рейок для існуючого стану колії). У файлі \*\_FR.txt та на графіку зносу буде представлена докладна інформація щодо зносу лівої та правої рейок, максимальних прискорень та прискорень для кожної категорії поїздів в окремих точках та на окремих елементах плану (рисунок 3.14).

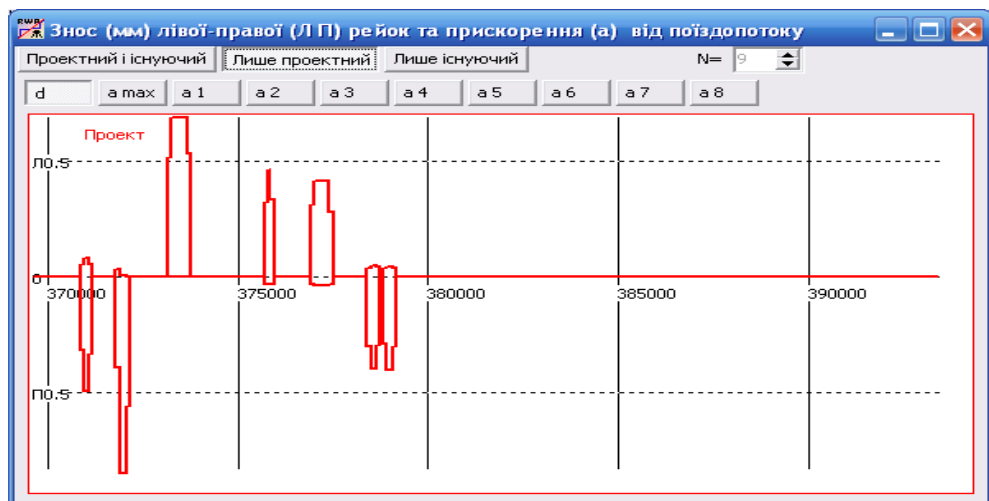


Рисунок 3.14 – Графік зносу лівої та правої рейок

Для подальших розрахунків доцільним є введення певних варіантів зміни швидкостей пасажирських поїздів на перегоні та на станціях.

Таблиця 3.2 – Варіанти підвищення швидкостей

Варіант	Швидкість руху поїзда, км/год	
	На перегоні	На станції
1	100	80
2	110	90
3	120	100
4	130	110
5	140	120

Результати розрахунків допустимих швидкостей та прискорень руху відображені графічно на рисунках 3.15 – 3.16.

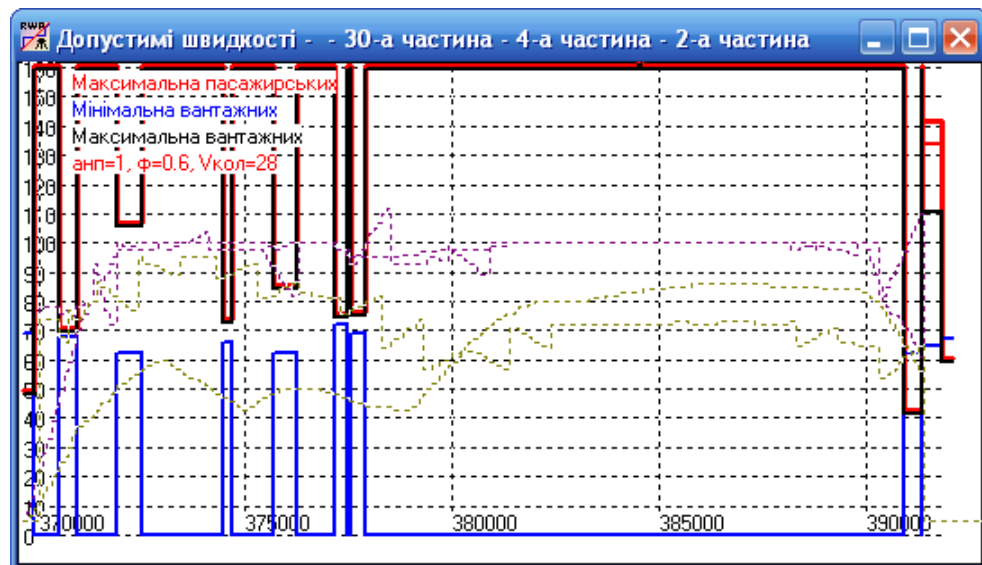


Рисунок 3.15 – Допустимі швидкості для 1-го варіанту

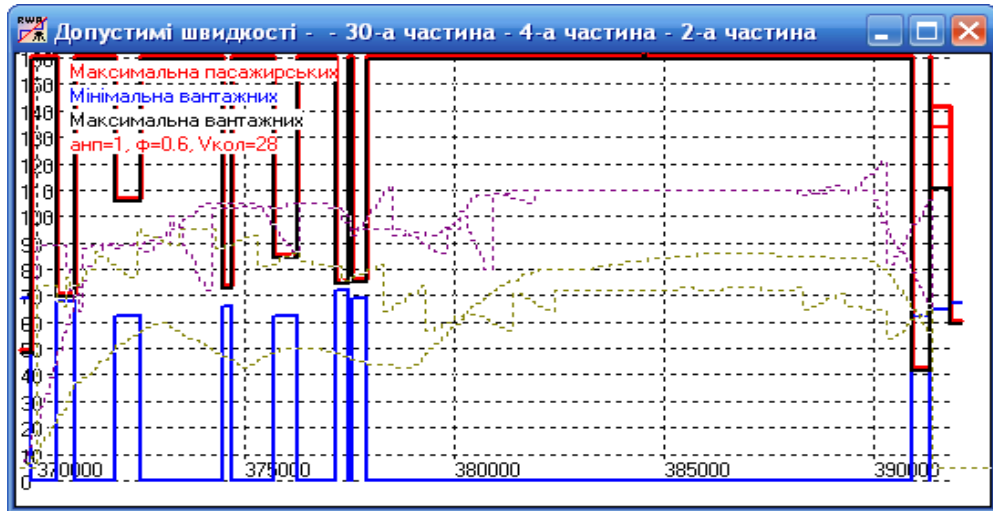


Рисунок 3.16 – Допустимі швидкості для 2-го варіанту

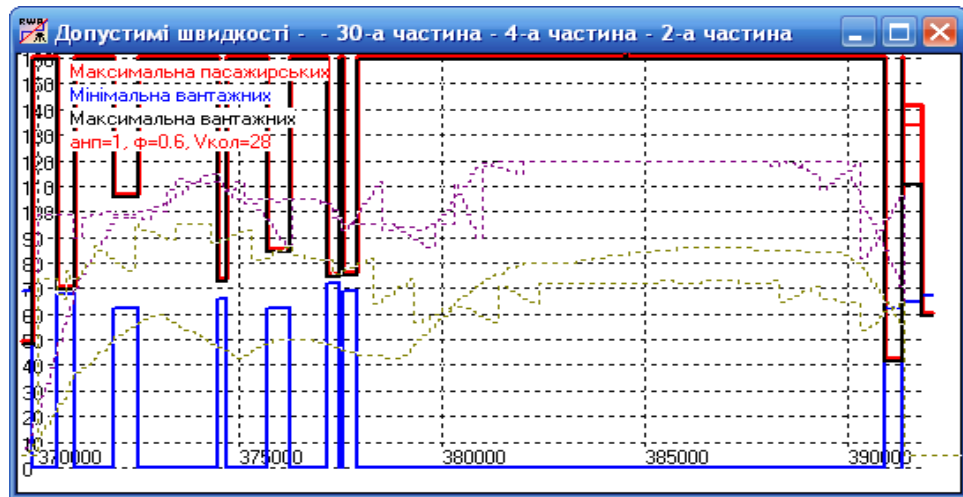


Рисунок 3.17 – Допустимі швидкості для 3-го варіанту

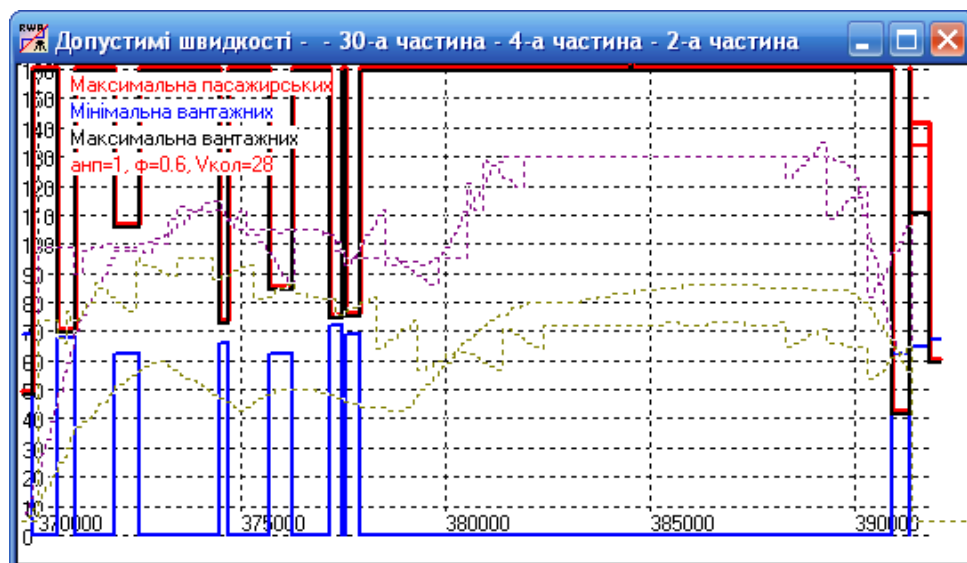


Рисунок 3.18 – Допустимі швидкості для 4-го варіанту

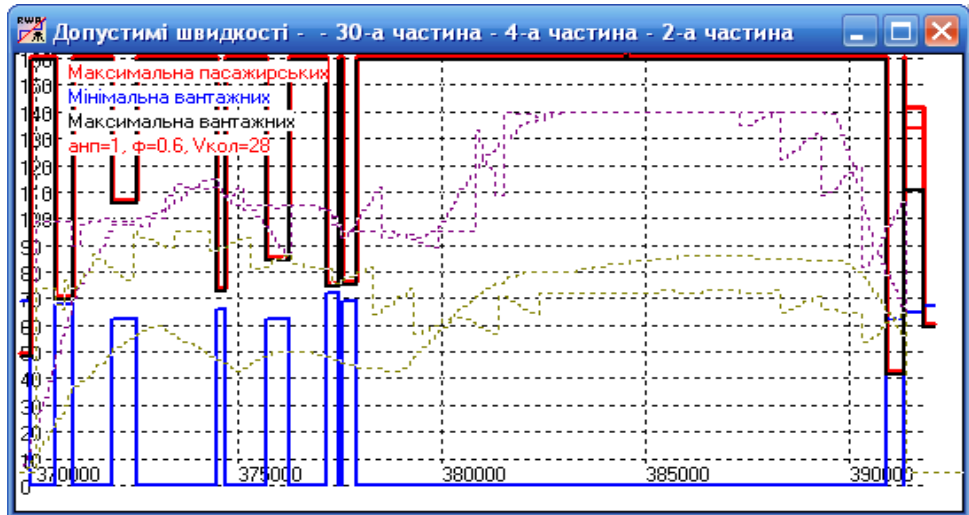


Рисунок 3.19 – Допустимі швидкості для 5-го варіанту

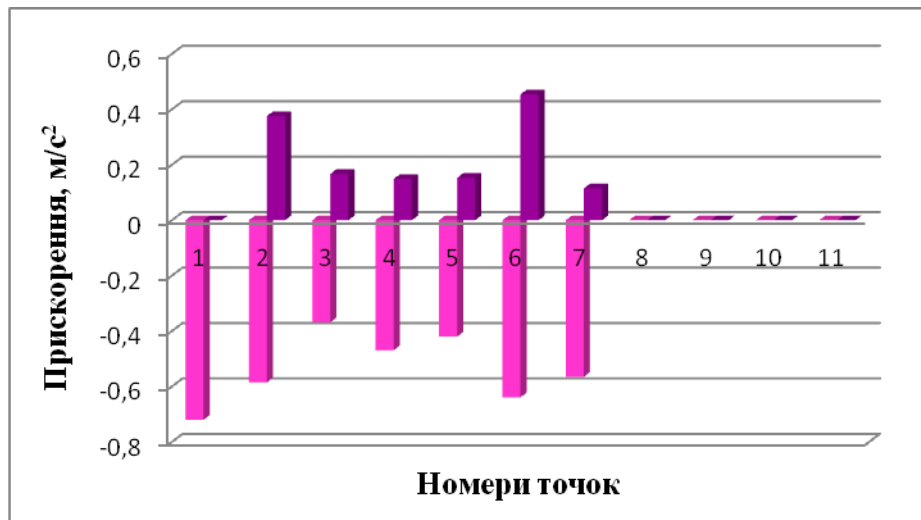


Рисунок 3.20 – Розподіл прискорень для 1-го варіанту

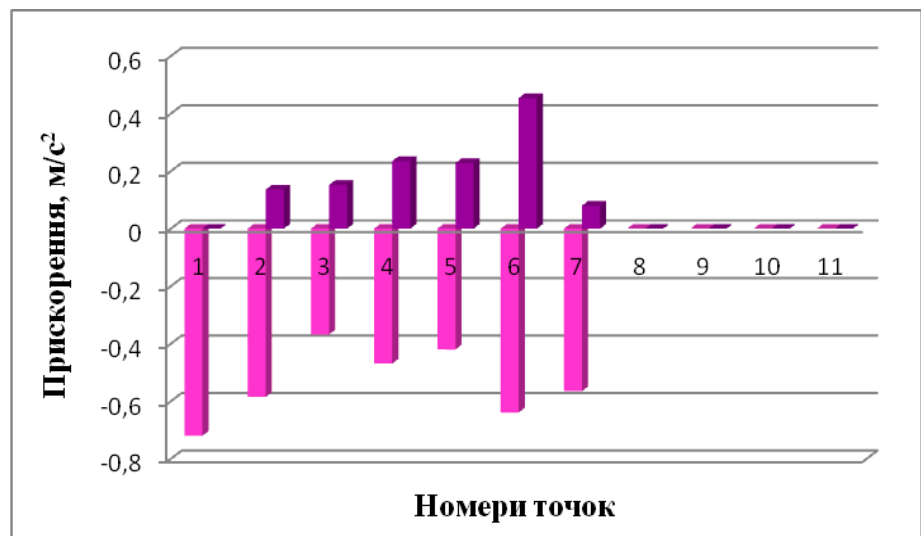


Рисунок 3.21 – Розподіл прискорень для 2-го варіанту

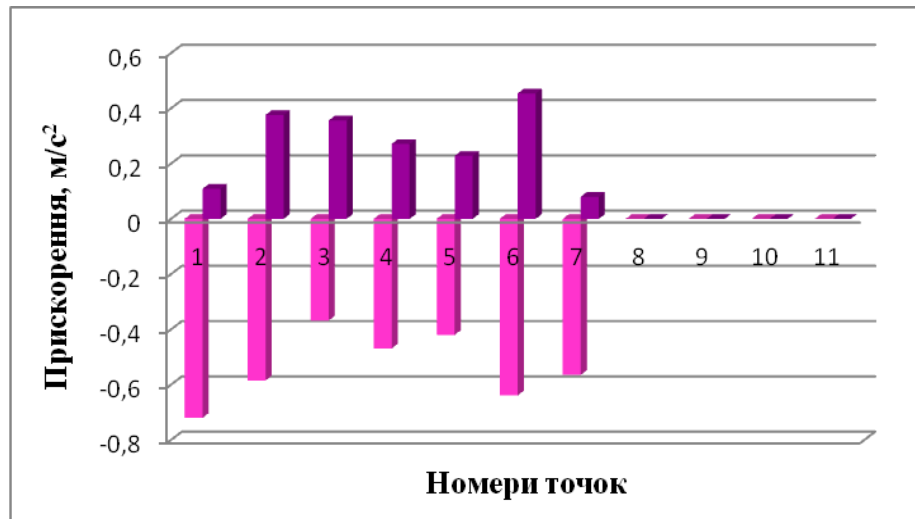


Рисунок 3.22 – Розподіл прискорень для 3-го варіанту

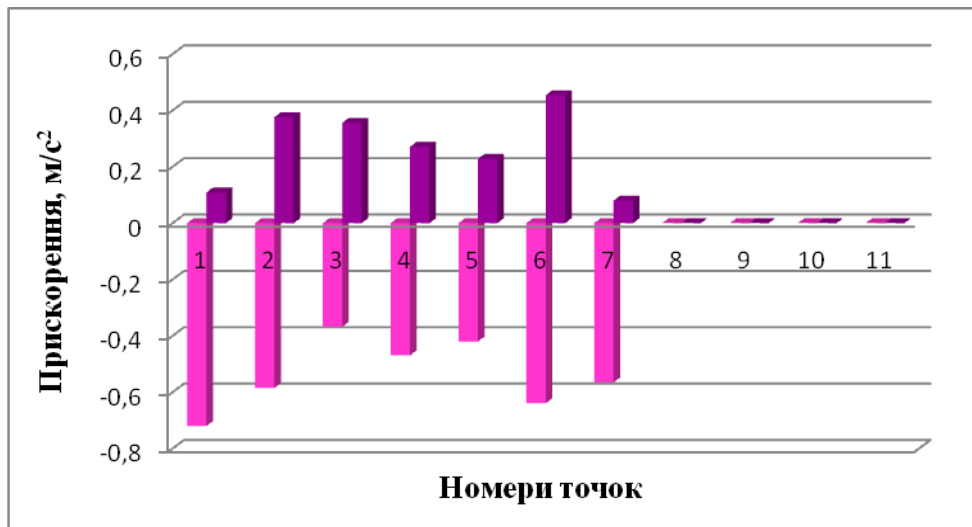


Рисунок 3.23 – Розподіл прискорень для 4-го варіанту

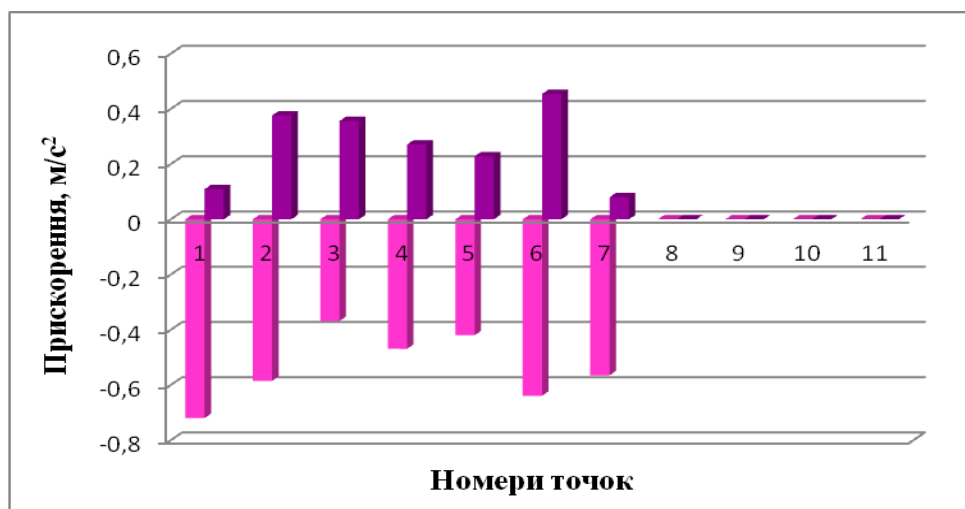


Рисунок 3.24 – Розподіл прискорень для 5-го варіанту



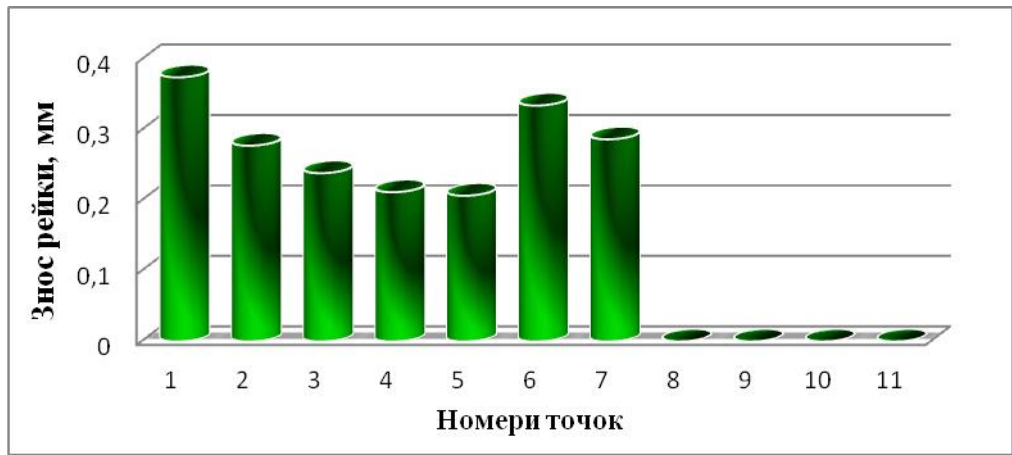


Рисунок 3.27 – Максимальні зноси рейок для 3-го варіанту

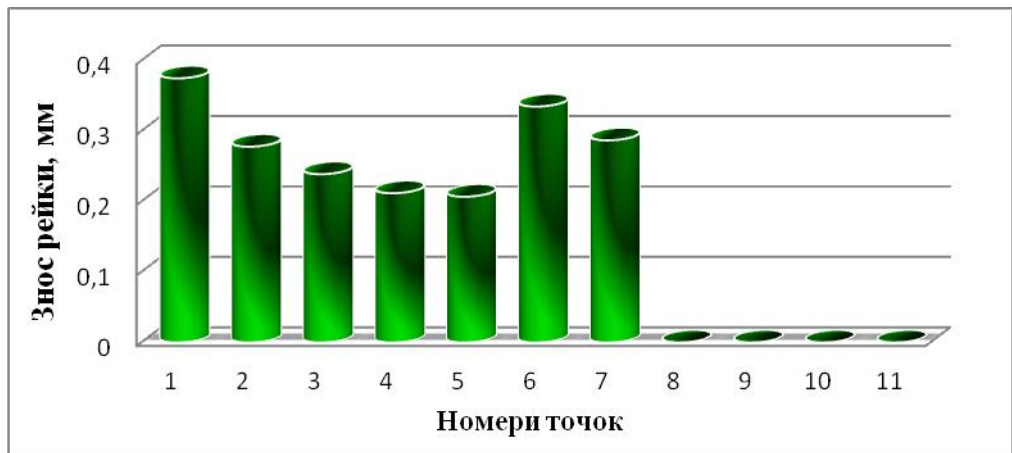


Рисунок 3.28 – Максимальні зноси рейок для 4-го варіанту

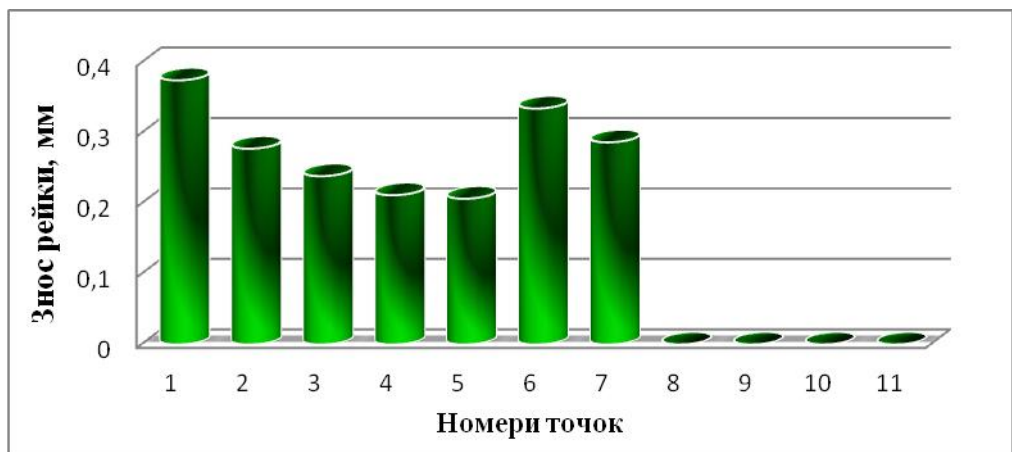


Рисунок 3.29 – Максимальні зноси рейок для 5-го варіанту

На рисунку 3.30 зображені результати зносу рейки на першій точці відносно зміни швидкості руху поїзда.



Рисунок 3.30 – Знос рейки на першій точці

Гістограма зміни середнього зносу колії відносно зростання швидкості руху пасажирських поїздів наведена на рисунку 3.31.

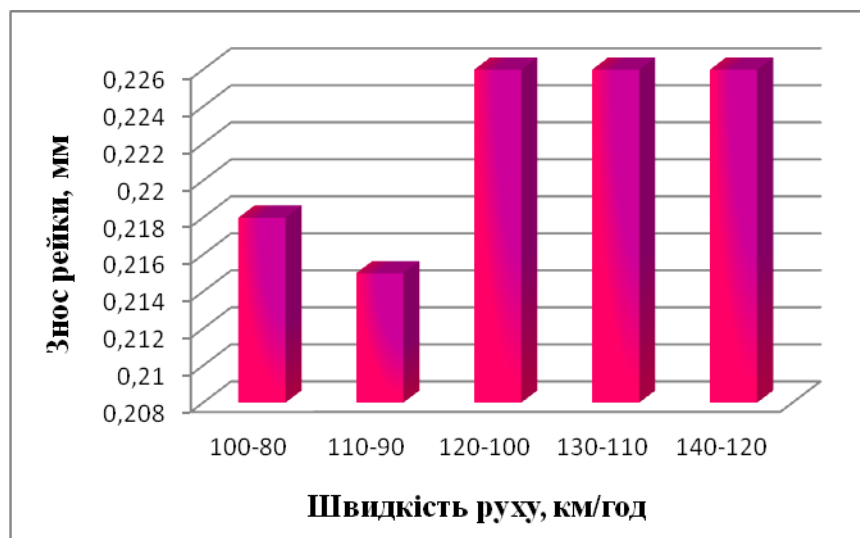


Рисунок 3.31 – Середній знос колії на ділянці Чарторийськ – Маневичі

Докладна інформація про знос лівої та правої рейок, прискорення кожної категорії поїздів в окремих точках зйомки та на окремих елементах плану наведені в додатку Г

Як один із реконструктивних заходів було розглянуто питання введення більш потужного локомотиву із використанням програми «MoveRW».

Врахування отриманих результатів дозволили підвищити швидкість руху пасажирських поїздів до 140 км/год на перегоні та 120 км/год на станції. При

цьому відбулися значні зміни тягово-енергетичних показників відносно початкового стану:

– час ходу поїзда на ділянці зменшиться на 18,1% у прямому напрямку та 13,5% у зворотному напрямку;

– витрати електроенергії збільшуються на 146,9% у прямому напрямку та на 154,1% у зворотному напрямку.

В дослідницькій роботі також було звернуто увагу на зміну зносу колії при збільшенні швидкості руху поїзда. Результати показали, що середній знос колії збільшився на 14,7% в порівнянні з початковим станом.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці – це комплекс заходів та положень, що включає в себе юридичні, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні та профілактичні заходи, спрямовані на збереження життя, здоров'я та працездатності людини під час трудової діяльності. В Україні ці заходи закріплені Законом України «Про охорону праці» [24].

Нині виникає актуальне питання про страхування охорони праці, що викликає реакцію уряду. Президент України вніс зміни до Закону України «Про охорону праці». Статтею 19 цього закону змінені правила фінансування витрат на охорону праці: раніше вони складали 0,2% від фонду оплати праці для бюджетних організацій, а за новою редакцією закону – 0,5%. Ці зміни набули чинності з 26.06.2011 року [25].

Залізничному транспорту властиві шкідливі та небезпечні умови праці, особливо для робітників колійного господарства. Роботи виконуються неподалік від діючих магістралей або безпосередньо на них, тому необхідно регулярно проводити навчання та перевірку знань працівників з охорони праці згідно з НПАОП 0.00–4.12-05 [26].

### **4.1 Вимоги безпеки праці під час реконструкції ділянки колії Сарни – Ковель**

Основними видами робіт під час реконструкції є очищення щебеню, розбірка стиків, розбирання колії за допомогою колієукладача, планування баластового шару, укладання колії також за допомогою колієукладача, встановлення нормальних стикових зазорів, заготівля та укладання рейкових рубок, коригування положення шпал за відзначеннями, вивантаження баласту з ходової дороги, рихтування колії, вибіркова корекція колії, часткове видалення баласту за допомогою колійного струга, планування узбіччя земляного полотна та очищення закритих водовідвідних лотків.

Основними шкідливими та небезпечними факторами під час реконструкції залізниці є:

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		58

– погіршення стану здоров'я та зниження працездатності внаслідок взаємодії з токсичними речовинами, проведення сварочних робіт або підвищення температури повітря; – ризик травматизації стропальників та вантажників під час вантажно-розвантажувальних робіт, а також можливість отримання травм від вантажів; – загрози наїзду рухомого складу та інші ризики, пов'язані з використанням вантажопідіймальних механізмів, гідравлічних пристроїв та електрифікованого інструменту; – велика маса використовуваних інструментів, яка, крім механічних травм, також створює значні фізичні навантаження; – необхідність працювати в обмеженій зоні біля рухомого складу, довгий фронт робіт із зниженим оглядом, недостатня освітленість робочої зони в темний час доби; – можливість отримання електричним струмом під час обслуговування контактної мережі; – вплив кліматичних факторів, таких як ускладнення виробничої території в зимовий період через снігові замети, ускладнені умови пересування вздовж колії та переходів у снігу; в ожеледь різко зростає ризик падінь; тривала робота на відкритому повітрі в сильні морози може спричинити обмороження.

Під час роботи щибенеочищувальних машин заборонено перебувати в робочій зоні на відстані менше 5 м перед або за щибенеочищувальним пристроєм і менше 3 м за вигрібним робочим органом. При використанні машин RM-80 обов'язкове використання захисних касок, респіраторів та захисних окулярів.

Під час дозування баласту електробаластером, планування та перерозподілу свіжовідсипаного баласту керівник робіт повинен переконатись, що працівники знаходяться на відстані не менше 5 м від найближчої рейки. У час проходження поїзда по сусідній колії роботу електробаластера слід призупинити, а крила дозатора слід зняти в межах габаритів машини.

Заборонено перебувати попереду та позаду крила колійного струга на відстані менше 10 м. Роботу колійного струга слід припинити під час проходження поїзда по сусідній колії, а крила слід вивести від машини.

Під час укладання нових ланок колії та розбирання старих, а також під час їх перевертання заборонено перебувати під піднятою ланкою та збоку від неї.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Працівники обслуговуючої бригади повинні розміщуватись перед або позаду піднятої ланки на відстані не менше 2 м. Заборонено перебувати і проходити між завантаженими незакріпленими пакетами ланок чи блоками стрілочних переводів, а також залишатись на відстані менше 10 м від троса під час перетягування пакетів ланок.

Відповідно до Нормативно-правового акта з охорони праці (НПАОП) 63.21-1.25-07 [27], особам, які обслуговують поїзд під час навантаження та розвантаження за допомогою хопер-дозаторів, заборонено:

- перебувати всередині кузова;
- пролазити через відкриті люки в кузові;
- виконувати регулювання механізмів та перебувати в зоні підняття та опускання дозаторів при включенні повітря в робочу магістраль;
- перебувати в зоні роботи екскаватора або під бункером під час бункерного завантаження.

Серед необхідних заходів з охорони праці під час виконання робіт із застосуванням машини ВПР-02, відповідно до [27], можна виділити такі:

- перед виїздом на перегін та після перегона переконатися, що всі робочі органи та візки контрольно-вимірювальної системи переведені в транспортне положення та надійно закріплені;
- перед початком роботи перевірити, що всі частини механізмів надійно захищені;
- персонал, який обслуговує машину під час роботи, повинен використовувати протишумові навушники;
- під час роботи заборонено перебувати на відстані менше 1 м від опущених віброплит, ущільнювачів баласту, підбивальних блоків машини, крил планувальника;
- заборонено перебувати без потреби на сусідній колії або міжколійі, попереду або позаду машини на відстані менше 5 м.

Схема колійної машини ВПР-1200 наведена на рисунку 8.1.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		60

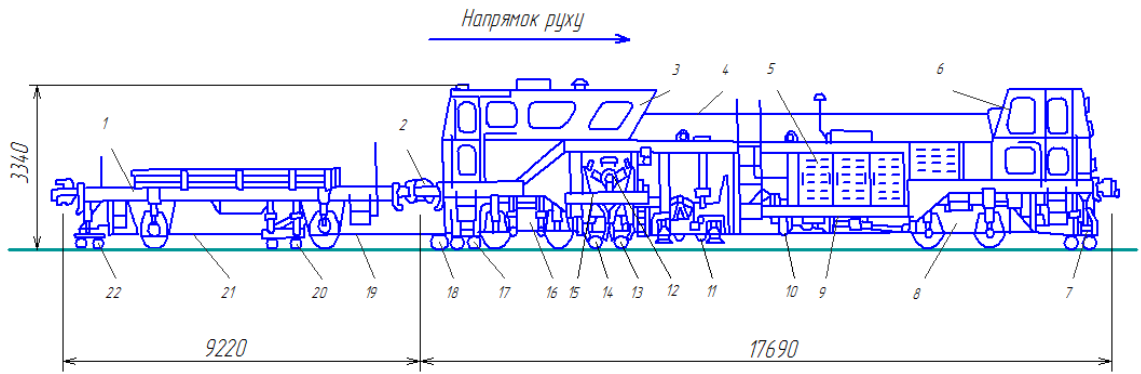


Рисунок 8.1 – Виправочно-підбивочна-рихтовочна машина ВПР-1200

Місця проведення робіт на перегон, які потребують зупинки поїздів, відокремлюються огорожею так само, як і перешкоди. Щоб забезпечити безпеку на перегоні, перешкоди оточуються переносними червоними сигналами на відстані 50 м від меж огороженої ділянки. За цими сигналами, на відстані “Б”, залежно від управління спуску та максимальної допустимої швидкості руху поїздів на перегоні, розташовують три петарди. Також, на відстані 200 м від першої петарди, найближчої до місця робіт, встановлюються переносні сигнали про зменшення швидкості.

Місця, де виконуються роботи, огорожуються відповідно до вимог нормативно-технічних актів щодо забезпечення безпеки руху поїздів. Огорожі та попереджувальні знаки розміщуються на місцях проведення колійних робіт. Попередження про роботи передається локомотивним бригадам. Схема огороження місць виконання робіт, які вимагають зупинки поїздів на перегоні з фронтальною робочою зоною 200 метрів або менше на одноколіїній ділянці, представлена на рисунку 8.2.

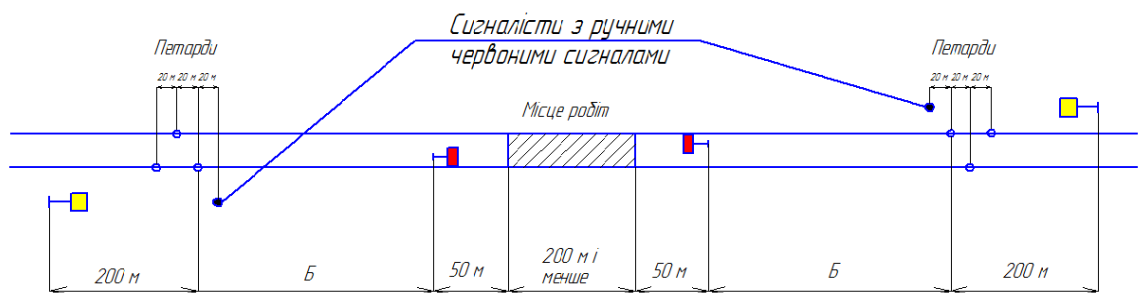


Рисунок 8.2 – Схема огороження місць виконання робіт, що вимагають зупинки поїздів

Під час виконання робіт на залізничній колії, керівник робіт повинен надати працівникам вказівки щодо безпечного місця відсутності на колії під час руху поїзда, а також приймати заходи для того, щоб забезпечити відсутність сторонніх осіб в робочій зоні.

Для експлуатації допускаються лише машини та механізми, які успішно пройшли перевірку та тестування відповідно до встановленого порядку та обладнані відповідно до інструкцій заводу-виробника.

Очищення колій та централізованих стрілочних переводів від снігу здійснюється згідно з вимогами НПАОП 63.21-5.01-96 [28]. Група працівників, яка складається з не більше 15 чоловік на одноколійних дільницях і станційних коліях, не більше 20 чоловік на двоколійних дільницях, і не більше 6 чоловік на стрілочних переводах, закріплюється за керівником для виконання цих робіт. На роздільних пунктах, де відсутня постійна маневрова робота, може дозволятися виконання робіт на стрілочних переводах одному монтерові колії не нижче III-го розряду у світлу пору доби.

Під час заміни рейок необхідно використовувати групу, яка складається з не менше 6 чоловік під керівництвом бригадира колії. Шпалі перед заміною розкладають, а після заміни вивозять рейковим або автомобільним транспортом, обладнаним вантажопідіймальними кранами або підіймальними пристроями.

Під час заміни рейок знімати і встановлювати накладки, а також утримувати кінець рейки необхідно за допомогою лома. Кантування рейки довжиною 12,5 м може виконуватися ломом, уставляючи його в крайній болтовий отвір тільки з одного кінця рейки.

#### **4.2 Дії керівника під час виникнення нещасного випадку**

На ділянці Сарни – Ковель Львівської залізниці, яку розглядаємо в рамках даного дипломного проекту, за останній період зафіксовано кілька нещасних випадків та порушень, спричинених невиконанням вимог щодо безпеки праці.

Забезпечення особистої безпеки громадян на залізничному транспорті є неотдільною частиною державної діяльності з охорони життя та здоров'я людей. Однак вражає та засмучує той факт, що багато людей виявляють безвідповідальне

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ставлення до власного життя, призводячи до трагічних наслідків для себе та своїх родин. Лише за 2007 рік на залізничних коліях станцій у межах області (за винятком перегонів) трапилося 7 нещасних випадків, із яких 5 призвели до смертельних наслідків, а 2 – до тяжких травм. Незважаючи на вжиття заходів безпеки, аналіз нещасних випадків вказує на те, що їх причини включають в себе прогулювання по залізничних коліях, переходи в невстановлених місцях, а також небезпечне перебування під вагонами рухомого складу та низький рівень вимог до безпечного переходу через залізничні колії по пішохідних мостах та визначених для цього місцях.

Попередження машиніста локомотива практично не має можливості, навіть якщо він вживає екстрене гальмування. З урахуванням сили інерції та швидкості руху, яка може досягати 80 км/год для вантажних та 120 км/год для пасажирських та приміських поїздів, шлях, який проходить поїзд від моменту екстреного гальмування до його повної зупинки, становить від 400 до 1800 метрів. Це важливо пам'ятати.

За інформацією зі Служби здійснення господарської діяльності при МВС України на Львівській залізниці, на станції Сарни в Рівненській області громадянин В. пішов по колії між вагонами, що рухалися, намагаючись скоротити шлях додому. Це призвело до травми, від якої чоловік помер до того, як встигли доставити його до лікарні.

Інший нещасний випадок трапився, коли молоді люди вирішили скоротити шлях до своєї домівки, переходячи через залізничні колії. Вантажний потяг виглядав для них легко подолуваною перепорою. Хлопець та дівчина розпочали переходження по вагону по спеціальних сходинок і отримали удар від електричного струму. Напруга 27 тисяч вольт проходила через тіло хлопця, але він, дивом, вцілів.

У вересні 2005 року сталася аварія з залізничним краном ЕДК-300/2 під час осінніх робіт на колії. Після прибуття крановика на робоче місце, без проведення точної ваги вантажу та без встановлення крана на підвісні опори, як це вимагалось, розпочалися вантажопідйомні та розвантажувальні роботи. Після

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		63

стропування вантажу кран втратив стійкість та перекинувся. На щастя, потерпілих не було.

Основні причини аварії включають:

- підняття залізничним краном ЕДК-300/2 вантажу, що перевищував його вантажопідйомність на 60%;
- встановлення на роботу без використання підвісних опор;
- відсутність схем стропування та виконання робіт на непідготовленій площадці.

У випадку нещасного випадку потерпілий, особа, що виявила подію, чи інший свідок повинні негайно повідомити безпосереднього керівника робіт, який відповідає за контроль за охороною праці на місці події (далі – безпосередній керівник робіт), чи іншу уповноважену особу підприємства та надати допомогу потерпілому відповідно до [29]. У випадку нещасного випадку безпосередній керівник робіт повинен:

- негайно організувати першу допомогу потерпілому та, за необхідності, його транспортування до лікувально-профілактичного закладу;
- негайно повідомити роботодавця про інцидент;
- зберігати місце події та устаткування в стані, якому вони були на момент аварії (якщо це не становить загрози для інших працівників або не призводить до серйозних наслідків та порушень виробничих процесів), а також приймати заходи для запобігання подібним нещасним випадкам.

Роботодавець, якщо отримає повідомлення про нещасний випадок, повинен виконати наступні обов'язки:

Упродовж однієї години надати повідомлення про нещасний випадок, використовуючи засоби зв'язку, а також протягом доби надати письмове повідомлення на паперовому носії.

Утворити комісію протягом доби, склад якої повинен включати не менше трьох осіб, та організувати проведення розслідування.

Згідно з [30], роботодавець повинен створити відповідні умови для роботи комісії, компенсувати витрати, пов'язані з її діяльністю, та сприяти роботі комісії

					051.080750.ДП.2024.000	Аржш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		64

з метою своєчасного та об'єктивного проведення розслідування нещасного випадку.

Голова комісії повинен письмово інформувати потерпілого або уповноважену ним особу, яка представляє його інтереси, про його або її права та із самого початку роботи комісії запросити до співпраці.

Члени комісії мають право отримувати усні чи письмові пояснення стосовно нещасного випадку, проводити опитування роботодавця, посадових осіб, інших працівників підприємства, включаючи потерпілого, та опитувати свідків нещасного випадку та осіб, що мали стосунок до нього, робити необхідні запити, пов'язані із здійсненням розслідування.

Залізничний транспорт визначається як зона з підвищеною небезпекою порівняно з іншими видами транспорту. Отже, роботи, пов'язані з рухом поїздів, повинні обов'язково супроводжуватися соціальним страхуванням робітників. Робочі місця та працівники у зоні залізничників, що належать до різних професій, розташовані в непосредній близькості від рухомого чи готового до руху рухомого складу. Умови праці ускладнюються також тим, що залізниці діють цілодобово та в будь-який час року та за будь-якої погоди. Таким чином, дотримання вимог з охорони праці стає невід'ємною складовою частиною здорового способу життя працівників.

Шкідливими факторами вважаються ті чинники життєвого середовища, які призводять до погіршення самопочуття, зниження працездатності, захворювань та навіть смерті внаслідок захворювань.

Небезпечними факторами вважаються ті чинники життєвого середовища, які призводять до травм, опіків, обморожень, інших пошкоджень організму чи окремих його органів, а навіть до раптової смерті.

Вимоги безпеки під час роботи на вищезгаданих машинах повинні дотримуватися правильно та послідовно, відповідно до діючих інструкцій. Ці строгі вимоги пов'язані з тим, що роботи в більшості випадків виконуються на діючих залізницях України, зокрема на двоколійних ділянках, коли рух по сусідній колії не припиняється.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		65

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Метою дипломного проекту було виконання наступних завдань:

Провести аналіз технічного стану розглянутої ділянки;

Розглянути існуючі швидкості руху поїздів та розробити заходи щодо їх підвищення;

Вивчити вплив швидкості руху поїзда на тягово-енергетичні показники та знос колії;

Розробити проект реконструкції ділянки Сарни – Ковель Львівської залізниці.

Поставлені задачі були виконані наступним чином.

Була надана характеристика технічного стану розглянутої ділянки залізниці Сарни – Ковель.

Були розглянуті діючі вимоги і норми щодо проектування реконструкції залізниці.

Були проаналізовані допустимі швидкості руху на ділянці Сарни – Ковель та визначені причини, які їх обмежують.

Також були виконані тягові розрахунки для заданої ділянки залізниці при пасажирському та вантажному русі.

Особлива увага була приділена вивченню впливу швидкості руху поїзда на тягово-енергетичні показники та знос колії на перегоні Чарторийськ – Маневичі. Аналіз отриманих результатів дозволив підвищити швидкість руху пасажирських поїздів до 140 км/год на перегоні та 120 км/год на станції.

Також було враховано питання щодо безпеки праці в надзвичайних ситуаціях.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		66

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Схвалено Кабінетом Міністрів України від 30.05.2018/ [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/news/28581.html>] (дата звернення 28.09.23)

2. Науково-технічне забезпечення залізничного сполучення Україна – Євросоюз: монографія / М. Б. Курган, Д. М. Курган // Дніпротр. нац. ун-т залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс». – 2018. – 268 с. ISBN 978-617-7382-13-2

3. Сурменев И. А. Смягчение кривых на зарубежных железных дорогах / Бюллетень технико-экономической информации МПС. Вып. 5, 1956

4. Курган Н. Б. Вопросы реконструкции трассы существующих железных дорог: дис. канд. техн. наук: 05.22.04. Москва, 1976. - 165 с.

5. Даніленко Е. І. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість. ЦП-0117 / Е. І. Даніленко, В. В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2004. – 64 с.

6. Даніленко Е. І. Залізнична колія / Е. І. Даніленко // Підручник для вищих навчальних закладів. Київ, Інпрес. – 2010. Том 2 – 456 с.

7. Проектування і розрахунки конструкцій залізничної колії. Підручник для вищих навчальних закладів в 2-х томах: / Е. І. Даніленко, В. М. Молчанов, М. Б. Курган, В. Д. Бойко, В. М. Твердомет, О. А. Олійник, О. О. Сорока. За ред. д.т.н., проф. Е. І. Даніленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2019. ISBN 978-966-910-034-4. – 344 с.

8. Косарчук В. В. Сучасні методи зміцнення і підвищення зносостійкості пар тертя / Косарчук В. В., Кульбовський І. І., Агарков О. В. // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2015. – Випуск 31. – 263-268 с.

9. Вербицький В.Г. Вплив поверхні кочення на коливання та стійкість динамічної системи колесо-рейка / В. Г. Вербицький, О. Ю. Дорошенко, В. О. Демченко // Збірник наукових праць ДЕГУТ. Серія «Транспортні системи і технології». – 2013. – Вип. 23. – С. 5-13.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		67

10. Петренко В. Д. Аналіз стійкості земляного полотна для реалізації умов його безпеки при підвищенні швидкості руху / В. Д. Петренко, О. Л. Тютюкін, В. П. Купрій // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2015. – № 9. – С. 76–85.

11. Петренко В. Д. Estimation of Subgrade Strengthening Influence Using Soilcement Elements/ V. Petrenko, O. Tiutkin, I. Sviatko // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2016. – N 4(64). – С. 161–168.

12. Теоретичні основи впровадження високошвидкісного руху поїздів в Україні: монографія / М. Б. Курган, Д. М. Курган; Дніпропр. нац. ун-т залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро, 2016. – 283 с.

13. Курган М. Б. Наукові основи перебудови існуючих залізниць України для впровадження швидкісного руху поїздів: дис. д-ра техн. наук: 05.22.06. Дніпропетровськ, 2004. - 515 с.

14. Гусак М. А. Підвищення ефективності роботи залізничної колії при спеціалізації напрямків для вантажних і пасажирських перевезень: дис.канд. техн. наук:05.22.06. Дніпропетровськ, 2012. - 182 с.

15. Курган Д. М. Визначення впливу стану кривих залізничної колії на допустимі швидкості руху поїздів: дис. канд. техн. наук: 05.22.06. Київ, 2001. - 178 с.

16. Босов А. А. Формирование вариантов рациональной сети линий высокоскоростного движения поездов в Украин / А. А. Босов, Г. Н. Кирпа: монографія. – Д.: Из-во ДНУЖТ, 2004. – 144 с.

17. Курган М. Б. Передумови впровадження прискороного руху поїздів на напрямку Куми-Дніпропетровськ / М. Б. Курган, С. Ю. Байдак, Н. П. Хмелевська // Українські залізниці, №10(16), 2014, с. 56-64.

18. Курган М.Б. Визначення раціональних параметрів залізничних кривих для заданого рівня максимальної швидкості / М. Б. Курган, С. Ю. Байдак, Н. П. Хмелевська // Збірник наукових праць Державного економіко-

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		68

технологічного університету транспорту «Транспортні системи і технології» К.: ДЕТУТ, 2012. – Вип. 21. - С. 57-63.

19. Baluch H. Optimierung von Gleisverziehungen im Gleisbogenbereich. // Eisenbahningenieur. – 1984. – №2 (35).– S. 64-68.

20. Maria Baluch. Dobor wartosci parametrow kinematycznych w projektowaniu modernizacji linii kolejowych // Centrum NaukowoTechniczne Kolejnictwa. Problemy Kolejnictwa. Zeszut 119.– Warszawa. – 1995.

21. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. Норми проектування. ДБН В.2.3-19:2018. – К.: Мінрегіон, 2018. - 129 с.

22. Наказ «Про встановлення допустимих швидкостей руху поїздів на Львівській залізниці» від 16.06.2005 № 188/Н: / затв. начальник залізниці / Державна адміністрація залізничного транспорту України. – О., 2009. – 112 с.

23. Корженевич И. П. Виправка та проектування плану залізничної колії з допомогою програми РВПлан/ І. П. Корженевич – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2009. – 208 с.

24. Закон України «Про охорону праці» : Затверджено Верховною радою України від 14.12.1992 р.

25. Закон України про охорону праці: із змінами і доповненнями внесено Законами України 02.06.2011 р. №3458–VI – К., 2011 р. – 110 с.

26. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці: НПАОП 0.00-4.12-05 / Затверджено: Державним комітетом України з нагляду за охороною праці 26.01.2005 № 15 – 25 с.

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

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		69

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

29. Положення про дії керівника в надзвичайних ситуаціях : СНіП 2.04.05-91.

30. Типове положення про комісію з питань охорони праці підприємства: ДНАОП 0.00-4.09-93 / Затверджено Наказом Держгірпромнагляду України від 21.03.07 №55.

					051.080750.ДП.2024.000	Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		70