

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: Дослідження впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці

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

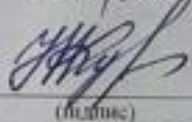
Виконав:

студент групи: КГ 2226


(підпис студента)

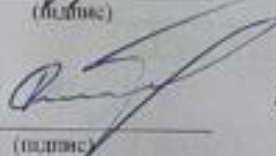
Катерина КИСЛИЦЬКА
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

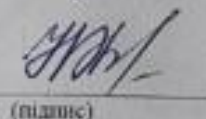
Професор Микола КУРГАН
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

Доцент Сергій БАЙДАК
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

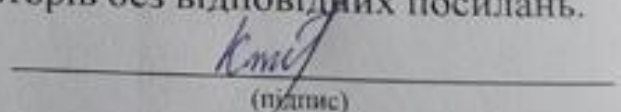
Консультант:


(підпис)

Асистент Неля ХМЕЛЕВСЬКА
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент


(підпис)

Дніпро – 2024 рік

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: Дослідження впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці

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

Виконав:

студент групи: КГ 2226

Катерина КИСЛИЦЬКА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис студента)

Керівник:

Професор Микола КУРГАН

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер:

Доцент Сергій БАЙДАК

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант:

Асистент Неля ХМЕЛЕВСЬКА

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

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

Студент

(підпис)

Дніпро – 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)

Study of the influence of the maximum speed on traction and energy indicators
during the reconstruction of the railway section

according to educational curriculum: Railway constructions and track management
in the Speciality: 273 Railway Transport

Done by the student

of the group: KG 2226

/ Kateryna KYSLYTSKA /
(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Professor Mykola Kurhan /
(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 ТЮТКІН

(підпис)

«___» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу _____ магістр _____
(ступінь вищої освіти)

студенту Кислицькій Катерині Юріївні

1. Тема роботи: Дослідження впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці

Керівник роботи: Курган Микола Борисович, професор, доктор 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 – Дніпропетровська область	Довжина приймально-відправних колій – 850 м
Початковий пункт – Синельникове	Система СЦБ - АБ
Кінцевий пункт – Лозова	Верхня будова колії (існуюча/проектна):
Довжина лінії, км – 92	Тип рейок – Р65, безстикова колія
Керівний ухил, ‰ – 8	Тип шпал – залізобетонні
Кількість головних колій – 2	Маса поїзда, тонн:
Вид тяги – електровозна	Вантажного 4000/4000, пасажирського – 800
Рухомий склад – 2ЕЛ4, ДЕ1, ЧС7	Ширина земляного полотна – 12 м
Перспективні розміри перевезень:	45/40 млн ткм/км

4. Зміст пояснювальної записки:

1 Аналітична частина

1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою.

1.2 Шляхи вирішення окреслених завдань. Мета роботи.

1.3 Вимоги і норми проектування плану і поздовжнього профілю при реконструкції залізниці

2 Основна частина

2.1. Технічна характеристика ділянка Синельникове-Лозова РФ «Придніпровська залізниця»

2.2 Визначення допустимих швидкостей руху поїздів в кривих

2.3 Виконання тягових розрахунків для пасажирського й вантажного руху			
2.4. Аналіз результатів тягових розрахунків			
3 Економічна частина			
3.1 Дослідження впливу рівня максимальної швидкості руху на тягово-енергетичні показники			
3.2 Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками			
4 Охорона праці та захист навколишнього середовища			
4.1 Охорона праці при виправленні плану й поздовжнього профілю залізниці			
4.2 Захист навколишнього середовища			
5. Перелік графічного матеріалу: Презентація за матеріалами досліджень, викладених в магістерській роботі (PowerPoint, 15...20 слайдів).			
6. Консультанти розділів роботи:			
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав:	Завдання прийняв:
		(підпис, дата)	(підпис, дата)
1	Курган М. Б., професор		
п. 2.1, 2.2 п. 2.3	Курган М. Б., професор, Хмелевська Н.П., асистент		
3, 4	Курган М. Б., професор		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відсотки
1	Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи.	02.10.2023	10
2	Норми проектування плану і поздовжнього профілю при реконструкції залізниці. Методика дослідження	16.10.2023	10
3	Технічна характеристика ділянка Межева – Покровськ РФ «Донецька залізниця». Виконання тягових розрахунків	01.11.2023	15
4	Дослідження впливу рівня максимальної швидкості руху на тягово-енергетичні показники	20.11.2023	25
5	Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками. Обґрунтування рекомендованого варіанту	11.12.2023	20
6	Охорона праці та захист навколишнього середовища при перебудові плану залізниці	25.12.2023	10
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2024	10
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	Згідно з планом ЕК	100

Студент

(підпис)

Катерина КИСЛИЦЬКА

Керівник роботи

(підпис)

Микола КУРГАН

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:
(рівень освіти)

70 с., 29 рис., 12 табл., 2 додатки, 21 джерел.

Об'єкт дослідження – Оцінка впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники.

Мета роботи – Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками з метою обґрунтування найбільш раціонального варіанту.

Методи дослідження – У роботі використовувались статистичний аналіз, дані з рейко-шпально-баластової карти дистанції колії. Обробка даних виконувалась із застосуванням програми Microsoft Excel, а тягові розрахунки за програмою MoveRW, яка використовується на кафедрі «Транспортна інфраструктура» УДУНТ.

Одержані результати. Розв'язання поставленого завдання досягнуто за рахунок урахування досвіду європейських залізниць для покращення існуючої системи організації перевезень вантажів і пасажирів, використання наукових праць та матеріалів Міжнародних конференцій, що містять основні принципи з підвищення рівня швидкості руху поїздів. Для аналізу були використані результати тягово-енергетичних розрахунків, що дало змогу запропонувати найбільш раціональний варіант.

Ключові слова: поздовжній профіль, план лінії, залізнична колія, тягово-енергетичні показники, швидкість руху поїзда.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи.....	9
1.2 Шляхи вирішення вище окреслених завдань.....	11
1.3 Вимоги і норми проєктування плану і поздовжнього профілю при реконструкції залізниці	14
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	25
2.1 Технічна характеристика ділянка Лозова – Синельникове	25
2.2 Визначення допустимих швидкостей руху поїздів в кривих	30
2.3 Виконання тягових розрахунків для пасажирського й вантажного руху	37
2.4 Аналіз результатів тягових розрахунків.....	39
3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	44
3.1 Дослідження впливу рівня максимальної швидкості руху на тягово-енергетичні показники	44
3.2 Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками.....	49
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	54
4.1 Охорона праці при виправленні плану й поздовжнього профілю.....	54
4.2 Виконання колійних робіт при поточному утриманні залізничної колії	56
4.3 Захист навколишнього середовища.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	68
ДОДАТКИ.....	71

						051.КГ2226.МР.2024.000				
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	Магістерська робота			Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробник		Кислицька К.Ю.						П	6	
Гол. кер.		Курган М.Б.						УДУНТ		
Консульт.		Хмелевська Н.П.								
Нормокон.		Байдак С. Ю.								

ВСТУП

Європейський досвід впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів підказує, що наявність вантажних поїздів на швидкісних ділянках є головною перешкодою як в плані організації руху, так і в плані утримання колії в технічно справному стані. В той же час, впровадження в Україні швидкісного руху пасажирських поїздів з виходом на європейську мережу і країн СНД є об'єктивною необхідністю для вирішення комплексу соціальних, економічних і екологічних проблем.

Організація швидкісного руху поїздів на залізничному транспорті можлива за умови наявності трьох складових: відповідна максимальній швидкості інфраструктура, рухомий склад і організація руху поїздів, що передбачає відокремлення вантажного руху від пасажирського.

В Україні затверджена Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року [1], яка передбачає інтеграцію до європейської транспортної системи, впровадження швидкісного руху пасажирських поїздів та інші заходи.

Потенційні можливості країни у справі залучення додаткових міжнародних транспортних потоків досить великі і радикальним заходом, що може забезпечити як внутрішні, так і міжнародні пасажирські перевезення є створення швидкісної мережі залізничних магістралей з виходом на європейську мережу і країни СНД.

Одне з основних вимог до міжнародних транспортних коридорів (МТК) полягає в тому, що вони повинні бути модернізованими відповідно до вимог угоди про міжнародні магістральні залізниці і відповідати міжнародним технічним параметрам.

Маршрутна швидкість прискорених поїздів в Україні складає від 80 до 110 км/год, що в 1,3...1,5 рази нижче ніж у сусідніх європейських країнах. Досягти більшої маршрутної швидкості тільки за рахунок перерозподілу поїздопотоків на мережі, вдосконалення графіка руху поїздів, раціонального використання наявних технічних засобів неможливо, а тому необхідно впроваджувати більш дорогі заходи – модернізацію залізниці, що включає заміну колійної інфраструктури, перебудову кривих, ліквідацію переїздів.

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				7

З 28 квітня 2023 р. «Укрзалізниця» вперше з початку повномасштабного вторгнення запускає рейси денного швидкісного поїзда № 733/734 Інтерсіті+ сполученням «Київ – Покровськ». Відстань від Києва до Покровська 734 км, а час руху 8:12. Отже маршрутна швидкість близько 90 км/год.

«Укрзалізниця» тестує новий маршрут, який сполучатиме Варшаву та Раву – Руську з пересадкою на Львів. Необхідність скорочення терміну доставки вантажів і пасажирів, усунення постійно діючих і тривалих обмежень швидкості руху поставила перед практиками і науковцями задачу визначення раціональних параметрів швидкісного руху пасажирських поїздів на перегонах і станціях.

Серед пріоритетних напрямків в Національній транспортній Стратегії поставлено завдання розвитку мережі прискорених та високошвидкісних пасажирських залізничних перевезень. Магістерська робота виконується відповідно до головних напрямків розвитку науки і техніки й передбачає проведення реконструктивних заходів з підвищення швидкості руху поїздів і дослідження рівня максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники.

Підвищення максимальної швидкості при реконструкції ділянки залізниці позитивно впливає на тягово-енергетичні показники. Це пов'язано з тим, що при підвищенні швидкості руху поїздів зменшується час проходження ними ділянки, а отже, зменшується витрата тягової енергії.

Точно оцінити, наскільки підвищиться ефективність використання тягової енергії при підвищенні максимальної швидкості, можна за допомогою розрахунків. Для цього необхідно враховувати такі фактори: тип локомотивів, які будуть використовуватися на реконструйованій ділянці; стан колії та інших елементів інфраструктури залізниці, обсяги перевезень.

Крім того, підвищення максимальної швидкості дозволяє збільшити пропускну спроможність залізниці. Отже, підвищення максимальної швидкості при реконструкції ділянки залізниці є позитивним фактором, який має як економічні, так і соціальні переваги. Питання впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці розглядається в цій магістерській роботі.

									Аркуш
									8
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Огляд наукових досліджень за зазначеною проблемою. Мета роботи

Відсутність останніми десятиліттями сталого фінансування розвитку транспортної галузі та недостатнє технічне обслуговування об'єктів транспортної інфраструктури призвели до масштабного зносу її основних фондів. Залучення інвестиційних коштів з таких джерел в інноваційні транспортні проекти - це умова розвитку не тільки транспортної галузі, а і національної безпеки та конкурентоспроможності країни. Саме створення сприятливого інвестиційного клімату є першочерговим завданням державного управління та регулювання, що забезпечується завдяки удосконаленню законодавчої бази.

У зв'язку з цим першочерговим і пріоритетним завданням для залізничної галузі є розширення наукових досліджень з проблем створення прогресивних технологій організації міжнародних вантажних перевезень, формування та функціонування ефективної транспортної системи, розробка принципово нових систем управління з використанням прогресивних інноваційних технологій при організації швидкісного руху поїздів в Україні.

Нестача інвестицій призвела до стрімкого старіння рухомого складу та транспортної інфраструктури, що зумовлює невідповідність технічного і технологічного рівня вітчизняного транспорту європейським вимогам. Про темпи і ефективності інноваційного розвитку Укрзалізниці можна судити за такими ключовими показниками, як обсяг придбаних інноваційних технічних засобів, зростання продуктивності праці, енергоефективність перевізного процесу, а також за інноваційними науково-технічними розробками, які відповідають кращим світовим зразкам.

На сьогодні резерви технічних потужностей залізничного транспорту практично вичерпані, тому збільшення пропускної спроможності та впровадження швидкісного руху на українських залізницях потребують

									Аркуш
									9
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				

кардинальних змін у стратегії подальшого розвитку залізниць України, переведення її на інноваційний шлях розвитку.

Питанням інноваційних технологій присвячено багато праць науковців, але в даній роботі акцент зроблено на роботи, які безпосередньо торкаються окресленої проблеми в колійному господарстві, тобто інноваційних технологій, що будуть сприяти впровадженню швидкісного руху поїздів.

Слід відмітити, що пропускна спроможність окремих ділянок та напрямків залізниць не задовольняє вимогам щодо обсягів та швидкості вантажних перевезень, а суміщений рух вантажних і пасажирських поїздів по одних і тих же ділянках стримує впровадження швидкісного руху. Не реалізована в повному обсязі Програма електрифікації залізниць України, що дозволило б підвищити економічну ефективність залізничного транспорту, зменшити негативний вплив на навколишнє природне середовище, забезпечити високі соціальні стандарти транспортних послуг. Рівень електрифікації залізниць України складає 47% колій, що менше, ніж, наприклад, в Австрії – 57% чи в Польщі – 62% [2].

Особливо складна ситуація склалась з магістральними електровозами, 63% яких вже пододало призначений виробником 30-річний термін їх служби.

Результати досліджень, наприклад, [3, 4] підтверджують ефективність заміни застарілих електровозів новими.

Згідно із Стратегією розвитку залізничного транспорту України впровадження високошвидкісного руху на території України разом зі швидкісними лініями Київ – Львів, Київ – Одеса, Київ – Харків, Київ – Дніпро дозволить створити єдину мережу швидкісних залізниць, яка буде привабливою для користувачів, що у свою чергу сприятиме збільшенню кількості транзитних пасажирів на напрямках Євросоюз – Україна – Азія.

Значним кроком з впровадження інноваційних технологій на залізницях України стала робота «Будівництво і реконструкція залізничної мережі України для збільшення пропускної здатності та запровадження швидкісного руху

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				10

поїздів», яка була представлена колективом авторів на здобуття Державної премії 2010 р. в галузі науки і техніки» [5].

За різними оцінками, знос колій становить 25 – 27%. Через це на залізницях діють обмеження швидкості поїздів на коліях загальною протяжністю більше тисячі кілометрів. Визначенню обсягів робіт для зняття обмежень швидкості руху і мінімізації зносу колії присвячені роботи [6 – 8].

Перешкодою до переходу на інноваційний шлях розвитку в Україні стала класична форма організації руху (змішаний рух), яка полягає у використанні інфраструктури в перевезенні як пасажирів, так і вантажів. Можливим варіантом вирішення цієї проблеми є відокремлення вантажного руху від пасажирського. Впровадженню ресурсозберігаючих технологій при розмежуванні вантажного й пасажирського руху присвячена робота [9].

Напрямки міжнародних транспортних коридорів відрізняються умовами експлуатації, параметрами плану й поздовжнього профілю, мають різні можливості щодо реалізації максимальної швидкості руху: 120 – 160 – прискорений рух, 161 – 200 км/год – швидкісний рух. Для реалізації цих завдань в роботі [10] пропонуються заходи з реформування й реструктуризації Укрзалізниці. Що стосується безпосередньо колійного господарства, то в роботах авторів розглянуто інноваційні технології діагностики та обслуговування колійної інфраструктури, надано рекомендації щодо подальшого розвитку залізничної інфраструктури шляхом інноваційного розвитку і вдосконалення науково-технічного потенціалу з урахуванням стану колійної інфраструктури і структури поїздопотоків [11, 12].

1.2 Шляхи вирішення вище окреслених завдань

Сучасне залізничне сполучення неможливо уявити без високих швидкостей як основи інноваційного розвитку залізниць. Перехід на інвестиційно-інноваційний етап розвитку економіки, вступ до СОТ, набуття асоційованого членства у Європейському Союзі потребує кардинальних змін у стратегії подальшого розвитку залізниць України, переведення її на інноваційний

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				11

шлях розвитку.

Мета роботи – показати інноваційні процеси, запровадження яких в колійному господарстві Укрзалізниці дозволить інтенсифікувати перспективні напрямки діяльності.

Для знаходження варіанту оптимальної реконструкції ділянки транспортного коридору залізнична лінія повинна розглядатися як комплексна система, що складається з пристроїв і споруд, які через незадовільний технічний стан можуть обмежувати рівень швидкостей руху поїздів на кожній конкретній ділянці.

Вирішення такої задачі є складним, тому що необхідно розглядати взаємозалежні об'єкти, коли скорочення часу руху поїзда отримане на кожному об'єкті після усунення обмеження швидкості руху не дорівнює виграшу в часі, якщо зняти всі обмеження швидкості. Тобто критерій не є адитивним і отримати достовірні дані можна тільки після виконання тягових розрахунків при різних комбінаціях зняття обмежень швидкостей (ліквідації бар'єрних місць). Саме дослідженню впливу максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці при свячена дійсна кваліфікаційна робота.

Допущення, що були прийняті раніше і слабо впливали на показники руху поїздів при швидкостях до 120 км/год, потребують зміни або відповідного корегування при швидкостях 160 км/год і більше, тобто виникла необхідність у застосуванні системного підходу у дослідженні інноваційних процесів пов'язаних з підготовкою залізничної колії для підвищення швидкості руху поїздів.

У зв'язку з впровадженням високих швидкостей руху поїздів система ведення колійного господарства повинна розглядатися як концепція адаптації структурних складових до нових умов роботи залізниць, тобто подальше впровадження прогресивних конструкцій верхньої будови, що забезпечують підвищення швидкостей руху, зниження трудових витрат на поточне утримання колії й подовження терміну служби його елементів.

										Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000					12

Ще на I-й всесвітній конференції з інфраструктури залізниць (Париж, 2003 р.) було констатовано, що технічно українські залізниці можуть забезпечити швидкість руху на головних напрямках до 200 км/год, але за умови, що вантажний рух буде відділений від пасажирського. До 60-х років минулого століття швидкості вантажних поїздів становили 2/3 швидкості пасажирських. За минулий час різниця між максимальною швидкістю вантажних і пасажирських поїздів $V_{пас} - V_{ван}$ збільшилась в 1,5-2 рази. Суттєво відрізняються й маси поїздів.

Розподіл вантажного й пасажирського руху – головний принцип організації швидкісного руху в Європі. Перші кроки в цьому напрямку зроблені й в Україні: розроблена програма, відповідно до якої вантажопотоки повинні рівномірно розподілятися по всім напрямкам, а не зосереджуватись на найбільш вантажонапружених залізничних лініях, наприклад, таких, як Київ-Дніпро. З цією метою приводяться в належний стан другорядні, поки-що мало задіяні ходи, на які можна буде переключати вантажопотоки. Одночасно виникає ряд проблем експлуатаційного і технічного характеру, зв'язаних із співвідношенням швидкостей вантажних і пасажирських поїздів, зменшенням провізної спроможності залізниць, на яких впроваджується швидкісний рух.

Відокремлення пасажирського руху від вантажного було запропоновано здійснити на залізницях України ще у 2007 р., але й до цього часу остаточно не вирішено. Першим кроком слід вважати нормативний документ [13] з наступним розширенням класифікації напрямків руху поїздів [14]:

I-Ш – швидкісний пасажирський рух;

I-ШС – суміщений рух швидкісних пасажирських з вантажними збірними і приміськими поїздами;

I-П – прискорений рух пасажирських поїздів;

I-ПС – суміщений рух прискорених пасажирських з вантажними збірними і приміськими;

I-В – переважно вантажний рух.

Складність цієї задачі полягає в тому, що для кожного з напрямків

						051.КГ2226.МР.2024.000	Аржуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата			13

інфраструктури I-Ш, I-ШС, I-П, I-ПС і I-В необхідно спрогнозувати структуру поїздопотоків.

1.3 Вимоги і норми проектування плану і поздовжнього профілю при реконструкції залізниці

1.3.1 Встановлення категорії залізниці, що підлягає реконструкції

Нові залізничні лінії і під'їзні колії, додаткові головні колії та існуючі лінії, що підлягають реконструкції та технічному переоснащенню залежно від їх призначення на загальній мережі залізниць, характеру, розмірів і швидкостей руху поділяються в частині норм проектування на категорії, що визначаються відповідно до ДБН В.2.3-19: 2018 [14].

Категорія залізничної лінії встановлюється за показниками, наведеними в таблиці 1 [14]:

- за розрахунковою річною приведеною вантажонапруженістю нетто у вантажному напрямку на десятий рік експлуатації ($\Gamma_{10}^{прив.}$, млн ткм/км);
- за розмірами руху вантажних, пасажирських і приміських поїздів на 10-й рік експлуатації ($n_{н.пар}^{\delta}$, пар приведених поїздів на добу);
- за максимальною швидкістю руху пасажирських поїздів (V , км/год).

Приведена вантажонапруженість визначалась за формулою

$$П = B_n + A_{\delta}$$

де B_n – вантажонапруженість нетто у вантажному русі, млн ткм/км;

A_{δ} – брутто пасажирських (за кількістю і масою), млн. ткм/км.

За цим показником $П = 30 + 40 * 0,365 * 3 * 0,4 = 45$ млн. ткм/км встановлено, що ділянка залізниці Синельникове – Лозова, яка підлягає реконструкції, відноситься до II категорії.

Потрібна пропускна спроможність перегонів реконструйованої залізничної лінії (у поїздах паралельного графіка) розраховувалась за формулою

$$n_{н.пар}^{\delta} = \frac{n_v + \varepsilon_{з\delta} n_{з\delta} + \varepsilon_{пс} n_{пс}}{\gamma}$$

					051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		14

де n_6 – розрахункова кількість вантажних;

$n_{зб}$ – розрахункова кількість збірних поїздів;

$n_{пс}$ – розрахункова кількість пасажирських поїздів;

$\epsilon_{зб}$, $\epsilon_{пс}$ – коефіцієнти зняття вантажних поїздів відповідно збірним і пасажирським поїздом;

γ – коефіцієнт використання пропускної спроможності для компенсації внутрішньодобових коливань розмірів руху та часу на виконання технологічних операцій з утримання і планового ремонту споруд і пристроїв.

$$n_{n.нар}^6 = \frac{36 + 1,5 * 40 + 2,0 * 3}{1,15} = 89 \text{ пар приведених поїздів на добу.}$$

За другим показником залізнична лінія Синельникове – Лозова відноситься до I категорії.

За параметрами плану лінії максимальна швидкість пасажирських поїздів до 120 км/год, тобто за третім параметром ділянка відноситься до III категорії.

Таким чином, залізниця, що підлягає реконструкції, відноситься до I категорії і всі вимоги й норми проектування приймаються відповідно цій категорії.

1.3.2 Норми проектування профілю і плану залізниці

Поздовжній профіль. При проектуванні додаткових головних колій і посиленні (реконструкції, модернізації) існуючих залізниць необхідно зберігати існуючий обмежуючий ухил; доцільність зміни обмежуючого ухилу треба обґрунтовувати в проекті.

Наявні на існуючій колії локальні перевищення обмежуючого ухилу дозволяється зберігати і на другій головній колії, якщо забезпечується пропуск поїздів встановленої маси при прийнятому типі локомотива і розрахунковій швидкості руху. У важких умовах при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні допускається застосовувати локальні перевищення обмежуючого ухилу на проектній головній колії, якщо забезпечується пропуск поїздів

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				15

установленої маси при прийнятому типі локомотива і розрахунковій швидкості руху.

Сполучення ділянок поздовжнього профілю у вигляді «ями», «горба», «уступу» з погляду безпеки, плавності й комфортабельності їзди є найбільш несприятливими. Звідси проблема – як забезпечити виконання перерахованих вимог найбільш раціональним способом.

Реконструкція поздовжнього профілю при виконання капітального ремонту колії чи перебудові окремих ділянок лінії може виконуватися двома способами:

З'єднанням елементів поздовжнього профілю у вертикальній площині кривою радіусом R_{ϵ}^{glob} із плавною послідовною зміною крутості ухилів, при якому має місце більш низький рівень поздовжніх і вертикальних прискорень і підвищується комфортабельність їзди;

2. Прямолінійними елементами якомога більшої довжини при найменшій алгебраїчній різниці ухилів суміжних елементів. Довжина елементів профілю, як правило, повинна бути не менше половини корисної довжини приймально-відправних колій, прийнятої на перспективу, а на коліях I категорії – 250 м.

При проектуванні поздовжнього профілю криволінійного абрису (перший спосіб) величина радіуса глобальної вертикальної кривої (км) визначається за формулою:

$$R_{\epsilon}^{glob} = \frac{\Delta l}{\Delta i},$$

Однак, з огляду на технічну оснащеність організацій, що ведуть будівництво, а потім експлуатацію, улаштування колії в профілі по кривій вважається складним. Тому вертикальну криву представляють у вигляді багатокутника, тобто ланцюжка елементів із кроком $\Delta l = 100...25$ м і алгебраїчною різницею ухилів, що сполучаються $\Delta i^{glob} = 0,1...1,5\%$. Менше значення Δl і більше значення Δi застосовують у важких умовах.

Застосування профілю криволінійного абрису рекомендується для

									Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				16

забезпечення більшої плавності руху поїзда і меншого зносу рухомого складу. Зменшення обсягів робіт досягається за рахунок менших досипок і зрізок при виправленні існуючого поздовжнього профілю.

У випадку проектування реконструкції поздовжнього профілю прямолінійними елементами, їхню довжину слід приймати якомога більшою при найменшій алгебраїчній різниці ухилів суміжних елементів, що сполучаються. Алгебраїчну різницю ухилів суміжних елементів рекомендується приймати не більше 6‰. Довжина розділювальних площадок і елементів перехідної крутизни повинна становити не менше 250 м.

Для забезпечення плавності руху поїздів у точках перелому (зміна ухилів) необхідно влаштовувати локальні вертикальні криві $R_e^{лок}$. Величина мінімального радіуса локальної вертикальної кривої приймається на лінії I категорії 20 км, у важких умовах – 15 км.

Локальні вертикальні криві слід розміщувати поза перехідними кривими, а також поза пролітними будівлями мостів і шляхопроводів із безбаластовою проїзною частиною. Мінімальну відстань (м) від переломів поздовжнього профілю до початку чи кінця перехідних кривих і кінців прогонових споруд слід визначати за формулою

$$T = R_e^{лок} \Delta i / 2$$

Згідно з проектом реконструкції колії виправлення поздовжнього профілю повинно виконуватись за рахунок підйомок (досипок) баласту. В обґрунтованих випадках допускається вирізка баласту і навіть зрізка земляного полотна (на підходах до великих і середніх мостів, на електрифікованих ділянках при недотриманні габариту по висоті контактної підвіски й ін.) при збереженні мінімальної ширини узбіччя 0,4 м.

Поздовжній профіль головної колії, розташованої на загальному земляному полотні з існуючою колією, на прямих ділянках необхідно проектувати за умови забезпечення однакового рівня головок рейок обох колій

						051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата			17

після капітального ремонту існуючої колії. На ділянках колії в кривих головки внутрішніх рейок мають бути в одному рівні.

Тимчасова різниця рівнів головок рейок не може перевищувати 10 см, а в окремих точках – 15 см. У місцях, де виключена можливість заносу колії снігом або піском, тимчасову різницю рівнів головок рейок допускається в обґрунтованих випадках збільшувати до 25 см.

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

План лінії. Значення найменшого радіусу кривих при проектуванні додаткових головних колій і посиленні (реконструкції, модернізації) існуючих залізниць необхідно встановлювати залежно від швидкостей руху, які передбачаються, пасажирських і вантажних поїздів і значень радіусів кривих існуючої колії.

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

У разі перевлаштування кривих існуючої колії слід приймати постійні значення радіусів по всій довжині кругової кривої. У важких умовах, коли виконання цієї вимоги викликає необхідність перебудови існуючого земляного полотна або штучних споруд, допускається зберігати радіуси різних значень з урахуванням динаміки, тобто різниці в кривизні.

Підвищення зовнішньої рейки в кривих визначається, в основному, з використанням двох формул [15]:

$$h_{розр} = 12,5 \cdot \frac{V_{срзв}^2}{R}, \quad (1.1)$$

$$h_{min} = 12,5 \cdot \frac{V_{maxnac}^2}{R} - 115. \quad (1.2)$$

Підвищення, установлене за першою формулою, забезпечує мінімум силового впливу поперечних сил на рейкові нитки, тобто забезпечуються найкращі умови роботи колії від сукупності всіх поїздів, що проходять по кривій. Порядок визначення середньозваженої по тоннажу швидкості враховує, що по

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				18

кривій рухаються поїзди різних категорій з різними швидкостями – від мінімальної до максимально допустимої [15].

При встановленні підвищення, обумовленого формулою (1.2), виходять із умови обмеження непогашених прискорень направлених назовні (від центру) кривої при проходженні найбільш швидкого поїзда нормою $[\alpha_{nn}]_{nac} = 0,7 \text{ м/с}^2$. Це приведе до перевантаження внутрішньої нитки і збільшенню поперечних сил, що розпирають колію і, як наслідок, прискорений розлад і знос елементів колії і рухомого складу. Для запобігання перевантаження внутрішньої нитки і збільшення поперечних сил, що розпирають колію і, як наслідок, прискорений розлад і знос елементів колії і рухомого складу, рекомендоване підвищення не повинне перевищувати значень розрахованих за формулою

$$h_{\max} = 12,5 \cdot \frac{V_{\min \text{ ван}}^2}{R} + 50 \quad (1.3)$$

У формулі (1.3) значення 50 мм це надлишкове підвищення в порівнянні з підвищенням, отриманим за формулою (1.1), при якому забезпечується неперевищення непогашеного прискорення направлено всередину кривої $[\alpha_{nn}]_{ван} = -0,3 \text{ м/с}^2$. Раціональний 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 $0,7 \text{ м/с}^2$.

Мінімальний радіус кривих. При збільшенні радіусів кривих рекомендується приймати значення мінімально рекомендуемого радіуса, при якому підвищення, розраховане за першими двома формулами, буде однаковим. Із спільного вирішення (1.1) і (1.2) отримаємо

$$R_{\min \text{ рек}} = \frac{(V_{\max \text{ nac}}^2 - V_{\text{срзв}}^2)}{3,6^2 [\alpha_{nn}]_{nac}}, \quad (1.4)$$

$V_{\text{срзв}}$ – середньозважена швидкість поїздопотоку.

При перебудові плану лінії у важких умовах можна допустити деяке

									Аржун
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				19

перевантаження внутрішньої рейки у кривих. При цьому повинні виконуватись дві умови: неперевищення непогашених прискорень, спрямованих від центру кривої при проходженні пасажирського поїзда $\alpha_{нпнас} \leq 0,7$ м/с² і обмеження непогашених прискорень, спрямованих усередину кривої при проходженні вантажного поїзда з найменшою швидкістю $\alpha_{нпвант} \leq -0,3$ м/с². Із спільного вирішення (1.2) і (1.3) отримаємо

$$R_{\min \text{ доп}} = \frac{V_{\max \text{ нас}}^2 - V_{\min \text{ ван}}^2}{3,6^2([\alpha_{нн}]_{нас} - [\alpha_{нн}]_{ван})}, \quad (1.5)$$

Для спрощення розрахунків за формулами 1.1-1.5 в роботі [15] наведені графіки, за допомогою яких можна визначити підвищення зовнішньої рейки при заданому радіусу кривої, чи, навпаки, встановити мінімально рекомендуємий, або мінімально допустимий радіус кругової кривої при відомому підвищенні.

Перехідні криві. Кругові криві з прямими ділянками, а також багаторадіусні криві необхідно сполучати перехідними кривими. На існуючих лініях форма перехідної кривої зберігається у вигляді радіоїдальної спіралі чи кубічної параболи з лінійним відводом підвищення й кривизни. Довжина перехідної кривої (у метрах) повинна бути не менше значення, підрахованого за формулою

$$l = \frac{V h}{3,6 f_v} \text{ або } l = m h ,$$

де h – підвищення зовнішньої рейки при перебудові кривих, мм;

m – коефіцієнт, що залежить від швидкості руху і прийнятого нормативу швидкості підйому колеса по відводу підвищення зовнішньої рейки f_v .

Довжину проміжної перехідної кривої, що сполучає кругові криві різних радіусів, спрямованих в один бік, слід визначати в залежності від різниці підвищення зовнішньої рейки з округленням до значень кратних 10 м. В окремих випадках складові кругові криві можуть сполучатися без улаштування перехідної

									Аркуш
									20
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				

кривої.

Відвід підвищення зовнішньої рейки слід робити плавно на довжині перехідної кривої. Крутість відводу підвищення рекомендується приймати як $1:m$, мм/м, в залежності від максимальної швидкості руху за [15].

Місця відводів підвищення зовнішньої рейки та кривизни в перехідних кривих повинні співпадати між собою. До перебудови кривої допускається розбіжність цих відводів до 20 м. На перехідних кривих довжиною 80 м і менше розбіжності відводів не повинні перевищувати 30% їхньої довжини. У випадку перевищення цих значень необхідно обмежити максимальні швидкості, якщо непогашені прискорення і величина їхньої зміни у часі вищі за допустимі.

Прямі вставки між кривими. Мінімальна довжина прямих вставок між початковими точками перехідних кривих при перебудові кривих за таблицею 1.1 в залежності від максимальної швидкості і складності плану лінії за умови стабілізації коливань кузова вагонів.

Таблиця 1.1 – Мінімальна довжина 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
I-III	150	150	50	75

На існуючих залізницях є ділянки плану лінії з прямими вставками меншими, ніж наведені в таблиці 1.1. Якщо перебудова кривих з подовженням прямих вставок фінансово неможлива, то визначають рівень допустимої швидкості по сполученнях кривих за методикою [15].

Вимоги і норми проектування, що використовувались в магістерській роботі при реконструкції поздовжнього профілю і плану лінії зведено до таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Норми проектування ДБН В.2.3-19:2018

№ з/п	Показники	Нормативні вимоги	Пункт ДБН В.2.3-19:2018
1	2	3	4
1	Керівний ухил i_p , %	При реконструкції існуючих залізниць необхідно зберігати існуючий керівний ухил. Локальні перевищення керівного ухилу дозволяється зберігати, якщо забезпечується пропускання поїздів установленної маси при прийнятому типі локомотива і розрахунковій швидкості руху.	6.1
2	Керівний ухил в кривих ділянках i_p	Крутість керівного ухилу (а також ухилу посиленої тяги) на затяжних підйомах у кривих ділянках колії треба зменшувати на величину, еквівалентну додатковому опору руху від кривої $i_{екв}$.	6.2
3	Довжина елементів профілю (L), алгебраїчна різниця (Δi) ухилів суміжних елементів	Поздовжній профіль слід проектувати елементами якомога більшої довжини при найменшій алгебраїчній різниці сполучення суміжних елементів. Фактичні значення повинні бути такими, щоб $\Delta i \leq \Delta i_n$, $L \geq L_n$	6.4
4	Вертикальні криві R_g	Суміжні елементи поздовжнього профілю на лініях I-III категорій повинні сполучатися в вертикальній площині при $\Delta i \geq 2,8$ ‰ кривими радіусом не менше $R_g = 10$ км, які слід розміщувати за межами перехідних кривих, а також поза межами прогонових споруд мостів і шляхопроводів з безбаластною проїзною частиною.	6.5
5	Рівень головок рейок 1-ї та 2-ї колії, що розташовуються на загальному земляному полотні	Поздовжній профіль другої колії на прямих ділянках слід проектувати за умови забезпечення однакового рівня головок рейок (в кривих – внутрішні рейки). Тимчасова різниця в рівнях головок рейок не повинна перевищувати 10-15 см.	6.15
6	Величини підйомки $\Delta h_{нід}$ або зрізки $\Delta h_{зр}$.	Виправлення профілю слід передбачати як за допомогою піднімання колій на баласт $\Delta h_{нід}$, так і за допомогою зрізання існуючого баластового шару $\Delta h_{зр}$. Допускається передбачати зрізання верхньої частини земляного полотна з облаштуванням захисних шарів.	6.16
7	Мінімальний радіус в плані R_{min}	Значення найменшого радіусу кривих при реконструкції існуючих залізниць необхідно встановлювати залежно від швидкостей руху, які передбачаються, пасажирських і вантажних поїздів і значень радіусів кривих існуючої колії.	6.18

1	2	3	4
8	План другої колії	Криві ділянки додаткових головних колій, розташованих на загальному земляному полотні з існуючою колією, слід проектувати концентричними відносно виправлених кривих існуючої колії.	6.19
9	Перевлаштування кривих	У разі перевлаштування кривих існуючої колії слід приймати постійні значення радіусів по всій довжині кругової кривої. У важких умовах, коли виконання цієї вимоги викликає необхідність перебудови існуючого земляного полотна або штучних споруд, допускається зберігати радіуси різних значень з урахуванням динаміки, тобто різниці в кривизні.	6.19
10	Перехідні криві	При проектуванні додаткових головних колій, реконструкції та технічному переоснащенні існуючих ліній I – III категорій в обґрунтованих випадках допускається приймати довжину перехідної кривої з умови $L \geq \frac{h \cdot V_{\max}}{125}$	6.21
11	Прямі вставки	Прямі вставки між початковими точками перехідних кривих на лініях I-III категорії слід приймати в нормальних умовах не менше 150 м, у важких умовах 50 м між кривими направленими в різні сторони і 75 м – якщо в одну сторону	6.22
12	Ширина узбіччя	Мінімальна ширина узбіччя з боку, протилежного розташуванню проектної другої колії, повинна бути не менше 0,5 м. Якщо ця норма не забезпечується, необхідно відповідно збільшувати відстань між існуючою і проектною головними коліями, з подальшою виправкою плану існуючої колії.	7.8
		Мінімальна ширина узбіччя земляного полотна зверху має бути 0,4 м з кожного боку колії	3.8 ПТЕ

Висновки до розділу 1

На основі проведеного аналізу наукових праць було встановлено таке:

1. Підвищенню швидкості руху поїздів повинно передувати посилення конструкції колії. У цих випадках особлива увага повинна приділятися питанням міцності і стійкості земляного полотна, створенню вискоєфективних систем дренажу, водовідводу і спеціальних захисних шарів. Жорсткі вимоги повинні пред'являтися і до якості баластових матеріалів.

2. Обов'язковим є контроль жорсткості колії як у вертикальній, так і

Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
						23

горизонтальній площинах. Такі заходи дозволять не тільки забезпечити міцність і надійність верхньої будови колії, але й істотно знизити витрати на його поточне утримання.

3. Норми устрою й утриманню колії на швидкісних лініях повинні установлюватися виходячи з динамічних характеристик рухомого складу конкретних типів, що використовуються для перевезення пасажирів, і можуть не збігатися з загальноприйнятими. Для досягнення довгострокових результатів потрібно забезпечити моніторинг колії, якому передуює діагностика колійної інфраструктури.

4. Для української транспортної системи, якою є мережа залізниць АТ «Укрзалізниця» необхідно впровадження координатних методів при ремонтах і поточному утриманні колії на ділянках, обладнаних високоточною координатною системою, із забезпеченням постановки колії в проектне положення на стадії ремонту і підтримки його в проектному положенні в процесі експлуатації є практично безальтернативним рішенням.

5. Враховуючи вище викладене, необхідно розробити комплексну Програму, що забезпечує синхронний розвиток всіх компонентів системи. Ресурси колійного господарства повинні бути достатніми для забезпечення відповідного до експлуатаційних вимог технічного стану колії протягом заданого терміну служби.

6. На основі проведеного аналізу приходимо висновку, що розподілення напрямків за спеціалізацією дасть змогу зменшити знос рейок та коліс рухомого складу, обсяги робіт з поточного утримання колії, скоротити витрати електроенергії на рух поїздів, підвищити комфортабельність їзди пасажирів.

					051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		24

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Технічна характеристика ділянка Лозова – Синельникове

Напрямок Лозова-Сімферополь представляє собою двоколійну ділянку, електрифіковану на постійному струмі, облаштовану системою автоблокування, де пасажирські поїзди уже зараз рухаються зі швидкістю до 120 км/год (за виключенням окремих ділянок), вантажні – 80 км/год.

Ділянка Лозова – Синельникове I (92 км), розташована у межах дистанції колії ПЧ-7. На ділянці 939 км – Синельникове 1, що досліджується в магістерській роботі, розташовано 7 станцій. На станції Синельникове-1 передбачаються зупинки швидких поїздів. Проміжні станції практично всі пасажирські поїзди проходять без зупинок. Така організація руху поїздів впливає на рівень допустимих швидкостей по станціях і на можливість скорочення часу руху в межах перегонів.



Рисунок 2.1 – Схема ділянки Синельникове – Павлоград – Лозова

У пасажирському русі використовуються електровози ЧС7, основні локомотивні депо Мелітополь, Джанкой, Сімферополь, пункти обороту локомотивних бригад – Лозова, Запоріжжя (рисунок 2.2). Маса пасажирських поїздів від 800 до 1250 тонн.

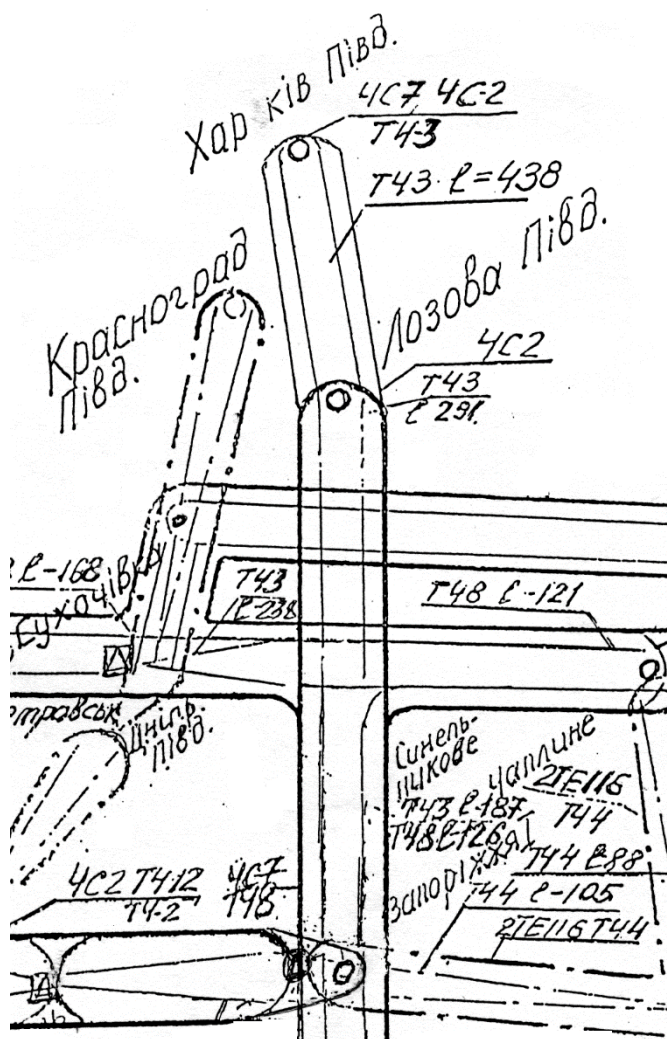


Рисунок 2.2 – Схема дільниць обігу пасажирських локомотивів і зміни бригад

Відповідно до нормативів графіків руху поїздів на напрямку Лозова-Синельникове використовуються локомотиви ВЛ8, ВЛ11у, ДЕ1 і 2ЕЛ4. Технічний огляд здійснюється на ст. Синельникове, Мелітополь і Джанкой (рисунок 2.3). Уніфікована маса вантажного поїзда 4000/4000 тонн відповідно у парному і непарному напрямках на ділянці Лозова – Синельникове. Довжина приймально-відправних колій 850 м (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 - Відомість вагових норм (додаток до наказу від 23.11.2018

№ 628/Н

Найменування дільниці	Керівний ухил ‰ і його довжина, м		Серії локомотивів	Уніфікована маса рухомого складу, т		Критична маса, т	
	туди	зворотно		туди	зворотно	туди	зворотно
Лозова – Синельникове I, II	8,9	9,0	ВЛ8	4000	4000	6000*	6000**
	2000	2700	ВЛ11у	4000	4000	6000*	6000**
			ДЕ1	4000	4000	6000*	6000**
			2ЕЛ4	4000	4000	6000*	6000**
			ВЛ11 (3 секції)	4000	4000	6000	6000

*) Підштовхування від ст. Павлоград I до ст. Зайцеве поїздів вагою більше 4000 т для серії ВЛ8, більше 4200 т – для серії ДЕ1, ВЛ11у, 2ЕЛ4. Поїзди вагою більше 4000 т пропускати по ст. Зайцеве без зупинки. У випадку зупинки по ст. Зайцеве підштовхування здійснювати до ст. Синельникове I. При обмеженні швидкості на 996-1006 км до 40 км/год. проводити підштовхування поїздів вагою більше 3700 т зі ст. Павлоград I. Здійснювати у непарному напрямку підштовхування в межах Пасажирського та Південного парків ст. Павлоград I для взяття з місця ваги 5600 т. Підштовхувати без виїзду за межі станції ст. Павлоград I (відчеплення штовхача на мосту).

***) Підштовхування від ст. Варварівка до ст. Самійлівка поїздів вагою більше 4000 т для серії ВЛ8, більше 4200 т - для серії ДЕ1, ВЛ11 у, 2ЕЛ4.

Вантажонапруженість складає 30 – 35 млн ткм/км. Відповідно до класифікації залізниць за вантажонапруженістю [14] колії відносяться до II категорії. На залізницях II категорій рекомендується робити модернізацію колії новими елементами, дозволяється використовувати старопридатні рейки Р 65, УІС 60 I групи придатності.

Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
						27

показує, що, в основному, рівень допустимих швидкостей руху залежить від плану лінії.

План лінії характеризується наявністю значної кількості кривих (170 шт.), у тому числі близько 10 % кривих з радіусами від 500 до 800 м, які розташовані в різних місцях по довжині ділянки (рисунок 2.4).

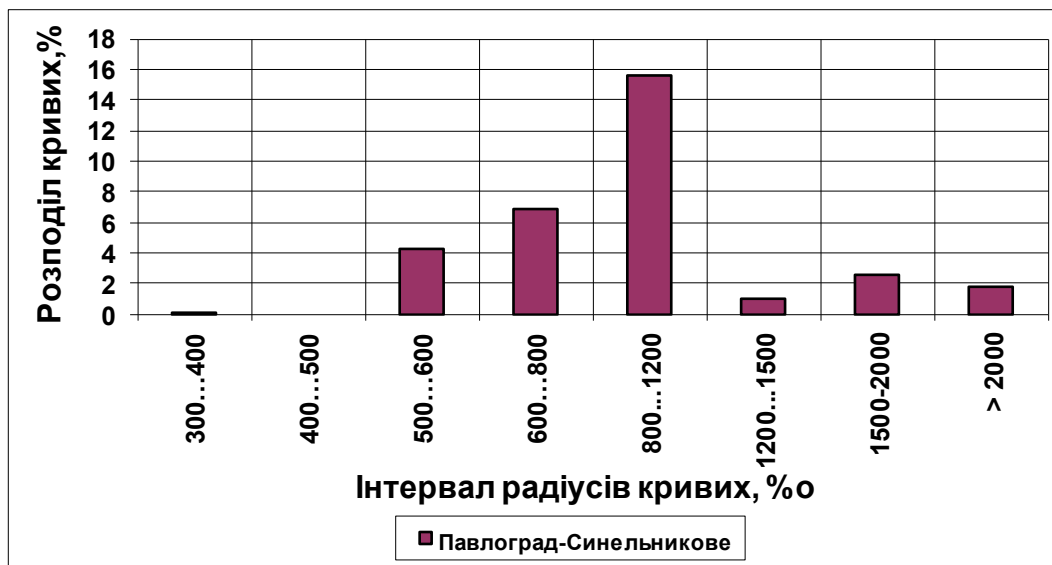


Рисунок 2.4 – Гістограми розподілу кривих на ділянці Лозова – Синельникове

Профіль лінії змінний, є затяжні підйоми крутістю до 10-12% (рисунок 2.5).

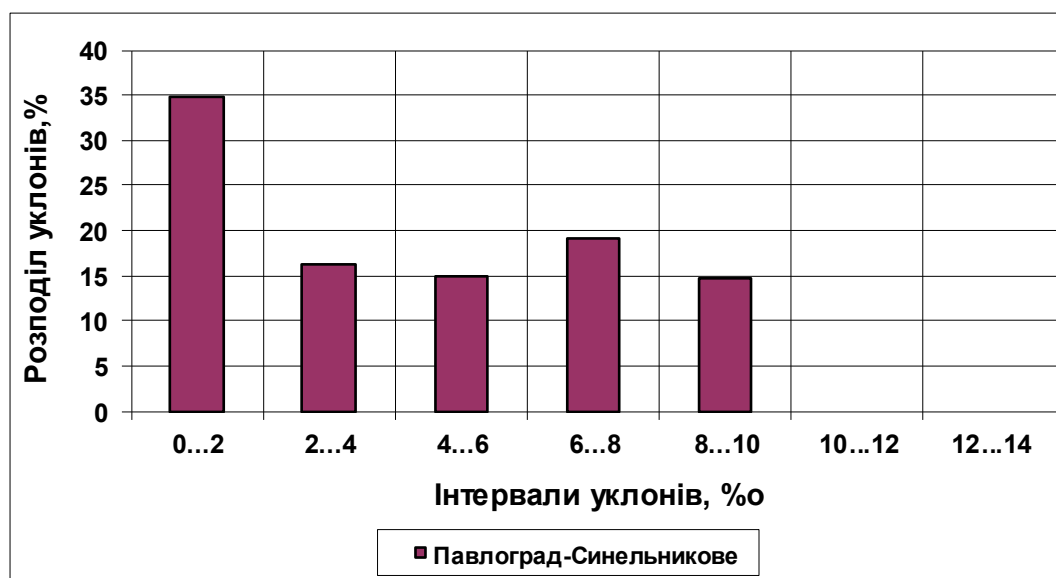


Рисунок 2.5 – Гістограми розподілу уклонів на ділянці Лозова – Синельникове

Експлуатаційна робота включає в себе операції по перевезенню й обслуговуванню пасажирів, навантаженню й розвантаженню вагонів з упровадженням нових технологій і економічним використанням рухомого складу й технічних засобів.

Організація вантажних вагоно- і поїздопотоків здійснюється сортувальними й дільничними станціями даної дільниці і прилягаючого полігона, відповідно до дорожніх планів формування поїздів. Безпосередньо на розглянутій лінії розташована сортувальна станція Синельникове, на якій відповідно до затвердженої технології роботи, виконується комплекс операцій з обробки транзитних вантажних поїздів.

Існуючі швидкості для пасажирських і вантажних поїздів встановлені за наказом начальника Придніпровської залізниці. Відповідно до наказу поперегонна швидкість для пасажирського руху встановлена на рівні 100 км/год за виключенням перегону Ароматна-Павлоград 1, де максимальна допустима швидкість 120 км/год. Проміжні станції (Самойлівка, Варварівка, Ароматна й Зайцево) поїзд може проходити зі швидкістю 100 км/год. По ст. Павлоград 1 встановлена швидкість 90 км/год, по ст. Синельникове 1 – 60 км/год. Для вантажного руху поперегонні швидкості встановлені на рівні 80 км/год, по станціях, по головній колії – 60 км/год, за виключенням ст. Синельникове 1, де дозволена швидкість 40 км/год.

2.2 Визначення допустимих швидкостей руху поїздів в кривих

Допустима швидкість руху поїздів в поодиноких і сполучених кривих визначалась за Правилами ЦП-0236 [15] відповідно до схеми (рисунок 2.6).

Допустимі швидкості руху поїздів у кривих ділянках колії встановлюються за умови забезпечення плавності ходу, безпеки руху і комфортабельності їзди пасажирів. За допустиму швидкість в експлуатації приймається найменша з урахуванням параметрів кривих, міцності колії та ін.

					051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		30

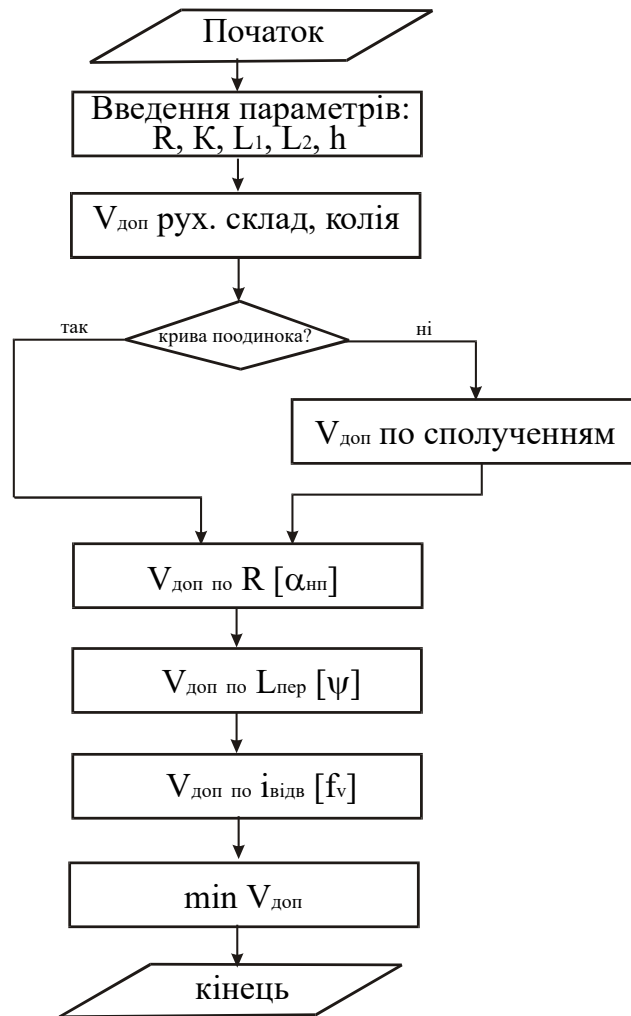


Рисунок 2.6 – Технологічна послідовність визначення швидкості руху поїздів в кривих

Поодинокі криві. Допустима швидкість у кругових кривих за умови неперевикнення норм прискорень, визначається за формулою [15]:

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

де R – радіус кривої, м;

h – підвищення зовнішньої рейки, мм;

$[\alpha_{нп}]$ – допустиме значення прискорення, м/с².

Для багаторадіусної кривої допустима швидкість розраховується по тій частині кривої, що має мінімальний радіус і по відповідному тій частині підвищенню. При цьому для ділянок кривої з іншими радіусами повинне

забезпечуватися дотримання нормативів по граничних непогашених прискореннях, що визначаються по формулі

$$\alpha_{нпi} = \frac{V_{max\,пс}}{13R_i} - \frac{g}{S} h_i, \quad (2.2)$$

де R_i і h_i – величини радіуса й підвищення в характерних точках кривої.

При розбіжностях відводів підвищення і кривизни і при коротких довжинах одного з відводів варто перевірити допустиму швидкість по неперевищенню величини зміни непогашеного прискорення $[\Psi]$

$$\Psi = \frac{(\alpha_{(i-1)} - \alpha_{(i)})V}{3,6\Delta L}, \quad (2.3)$$

де $\alpha_{нп(i-1)}$ і $\alpha_{нпi}$ – величини непогашених прискорень у суміжних точках, що відповідають початку і кінцю відводів по кривизні й підвищенню;

ΔL – відстань між характерними точками.

При призначенні допустимих швидкостей для кривих, що мають підвищення, але розташовані у стиснутих умовах враховується крутість відводу підвищення: при швидкості 50...120 км/год

$$V = \frac{181}{i + 0,5}; \quad (2.4a)$$

при швидкості більше 120 км/год

$$V = \frac{117}{i - 0,1}. \quad (2.4б)$$

Для прикладу наведена поодинокі крива радіусом 870 м між 961-962 км (рисунок 2.7, таблиця 2.2).

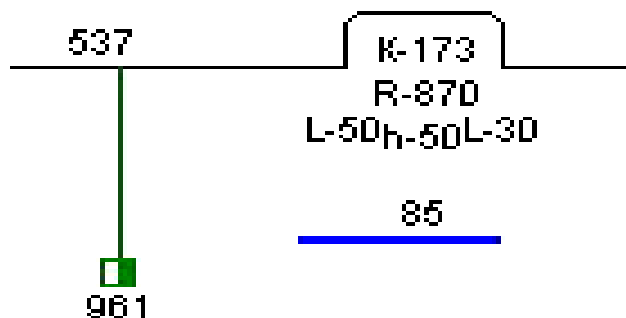


Рисунок 2.7 – Схема кривої і рівень допустимої швидкості руху по ній

						051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата			32

Таблиця 2.2 – Параметри кривої до і після перебудови

Параметр	Кілометр	Довжина, м	Радіус, м	Підвищен- ня, мм	Допустима швидкість, км/год	Формула
Існуючий стан кривої						
перехідна		50				(2.1):
кругова крива	961+251	173	870	50	85	R=870;
перехідна		30				h=50; $\alpha=0,7$
Збільшення підвищення зовнішньої рейки						
перехідна		50				(2.1):
кругова крива	961+251	173	870	60	70	R=870;
перехідна		30				h=60; $\alpha=0,7$
Збільшення підвищення і довжини перехідної кривої						
перехідна		80				(2.1):
кругова крива	961+251	173	870	80	135	R=870; h=80; $\alpha=0,7$

При подовженні перехідних кривих зміщення вісі колії по бісектрисі у межах кругової кривої можна визначити за формулою

$$S_{пер} = \frac{1}{24R} (2l_{існ} + \Delta l) \Delta l, \quad (2.5)$$

де $\Delta l = l_{пр} - l_{існ}$; $l_{пр}; l_{існ}$ - довжина проектної й існуючої перехідних кривих.

При вихідних даних, наведених в табл. 2.2, за формулою (2.5) $S_{пер}=0,29$ м.

Суміжні криві. Швидкості руху, що допускаються по сполученнях кривих з прямими вставками довжиною до 25 метрів, чи без прямих вставок, розраховуються за формулами, чи графіками, що наведені в табл.2.3 [15].

Таблиця 2.3 - Розрахункові формули для визначення допустимих швидкостей руху по сполученнях кривих

Характеристика сполучення		Формула	Графік або таблиця
Перехідні криві є, прямої вставки немає або її довжина до 25м включно (при $d \geq b$ достатньо виконати перевірку по формулі Д.2)		$\frac{b}{b+d} \left(\frac{V^3}{3,6^3 C_{\text{прив}}} - \frac{gV}{3,6S} \sum i \right) = [\psi] \quad (\text{Д.1})$	Рис.Д.1
		$\frac{V^3}{3,6^3 C_{\text{min}}} - \frac{gV}{3,6S} i = [\psi] \quad (\text{Д.2})$	Рис.Д.1
Перехідних кривих немає	Незалежно від наявності прямої вставки	$V = 3,6 \sqrt{R_{\text{min}} \left([\alpha_{\text{нп}}] + \frac{g}{S} h \right)} \quad (\text{Д.3})$	Рис.Д.3
	Пряма вставка є	$\frac{1}{b} \left(\frac{V^3}{3,6^3 R_{\text{min}}} - \frac{gV}{3,6S} h \right) = [\psi] \quad (\text{Д.4})$	Рис.Д.2
	S-подібні криві	$V = 3,6 \sqrt{R_{\text{прив}} \left([\alpha_{\text{нп}}] + \frac{g}{S} \sum h \right)} \quad (\text{Д.5})$	Рис.Д.3
		$\frac{1}{b} \left(\frac{V^3}{3,6^3 R_{\text{прив}}} - \frac{gV}{3,6S} \sum h \right) = [\psi] \quad (\text{Д.6})$	Рис.Д.2
	Прямої вставки немає	$\frac{1}{b} \left(\frac{V^3}{3,6^3} \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) - \frac{gV}{3,6S} (h_2 - h_1) \right) = [\psi] \quad (\text{Д.7})$	Рис.Д.4, рис.Д.5.

У таблиці 2.4 приведені позначення і їхні розмірності, прийняті у формулах і на графіках у цьому розділі

Таблиця 2.4 – Перелік літерних позначень і їхніх розмірностей

Найменування	Позначення або формула	Розмірність
1. Допустимі значення поперечного непогашеного прискорення	$[\alpha_{\text{max}}]$	м/с ²
2. Допустимі значення зміни поперечного прискорення в секунду	$[\psi]$	м/с ³
3. Швидкість руху	V	км/год
4. Коефіцієнт переходу від швидкості в км/год до швидкості в м/с	3,6	
5. Відстань між точками опирання колеса на рейку	$S = 1600$	мм
6. Прискорення сили ваги	$g = 9,81$	м/с ²
7. Радіус кривої	R	м
8. Довжина прямої вставки	d	м
9. Довжина перехідної кривої	l	м
10. Розрахункова база вагона	$b = 17$	м
11. Підвищення зовнішньої рейки	h	мм
12. Сума підвищень зовнішньої рейки у сполученнях кривих	$\Sigma h = h_1 + h_2$	мм
13. Ухил відводу підвищення зовнішньої рейки	i	мм/м
14. Сума ухилів сполучення	$\Sigma i = \frac{h_1}{L_1} + \frac{h_2}{L_2}$	мм/м
15. Приведений радіус сполучення	$R_{\text{пр}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$	м
16. Параметр перехідної кривої	$C = R \cdot L$	м ²
17. Приведений параметр сполучення перехідних кривих	$C_{\text{пр}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$	м ²

Для прикладу наведена дворадіусна крива км 987 (рисунок 2.8, таблиця 2.5).

Допустима швидкість визначена за формулою Д.1 (див. табл. 2.3) в залежності від приведених параметрів $C_{\text{прив}}$ і Σi (табл. 2.5).

Зазначимо, що допустимі швидкості руху в програмі MoveRW визначаються за методикою ЦП-0236 автоматично за вихідними даними, що наведені в файлі з розширенням *.sur.

2.3 Виконання тягових розрахунків для пасажирського й вантажного руху

На кафедрі «Транспортна інфраструктура» УДУНТ використовується програма «MoveRW», яка дозволяє виконувати тягові розрахунки, визначати допустиму швидкість в кривих, підвищення зовнішньої рейки в кривих, витрати електроенергії та час ходу рухомого складу по ділянці.

Програма дозволяє детально враховувати обмеження швидкості руху і зменшення сили тяги в кривих малого радіусу, додатковий опір руху від ухилу і кривих не в точці, а по всій довжині поїзду.

Для введення інформації в програмі вихідні дані задаються у вигляді файлів, які дозволять створити новий розрахунок. Відомості про профіль колії записуються у файл [ім'я файлу]. prf у такій послідовності: кількість елементів, початкова відмітка (м), початковий пікет (км), ухил (%), довжина ділянки (м). Фрагмент поздовжнього профілю наведені на рисунку 2.9.

КМ начала элемента	Уклон / Вид станции	Длина / Станция / Километраж	Отметка конца элемента
1031.200	0.70	100	185.654
1031.300	-0.90	150	185.519
1031.450	Станция	Синельникове	185.519
1031.450	-0.90	50	185.474
1031.500	0.10	100	185.484
1031.600	-0.30	100	185.454
1031.700	0.80	100	185.534
1031.800	-3.40	300	184.514
1032.100	-4.50	400	182.714
1032.500	-7.20	216	181.159

Рисунок 2.9 – Фрагмент даних по профілю

Відомості про план записується у файл [ім'я файлу]. sur інформація про план лінії включає такі дані: кількість елементів (прямих і кривих), радіус кривої, довжина кругових та перехідних кривих, підвищення зовнішньої рейки в кривих та довжина прямих ділянок (рисунок 2.10).

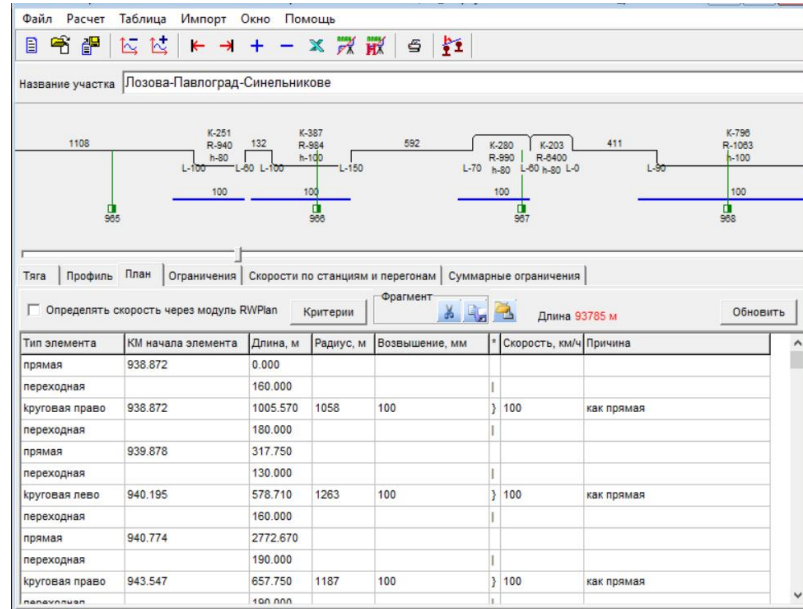


Рисунок 2.10 – Фрагмент даних плану

Відомості про обмеження швидкості необхідно задати допустиму швидкість руху окремо по кожному перегону і станції (рисунок 2.11).

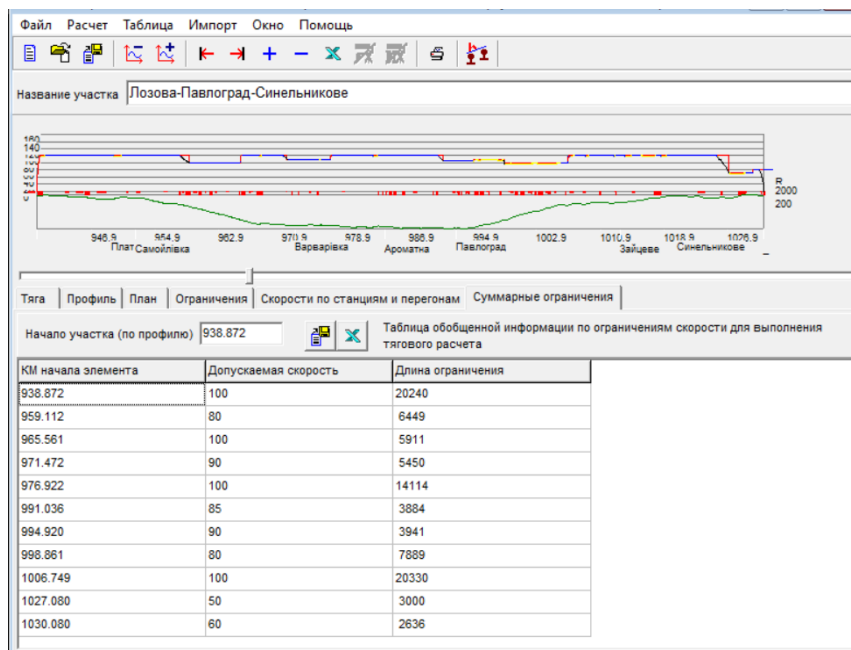


Рисунок 2.11 – Приклад розрахунку обмежень

В умовах експлуатації окрім сили тяги локомотива F_k не менше значення має величина швидкості V , при якій ця сила тяги може бути реалізована. Тому, для оцінки експлуатаційних характеристик локомотива, важливе значення має характер залежності $F_k = f(v)$, яку називають тяговою характеристикою локомотива. На рисунку 2.12 показані тягові характеристики локомотивів.

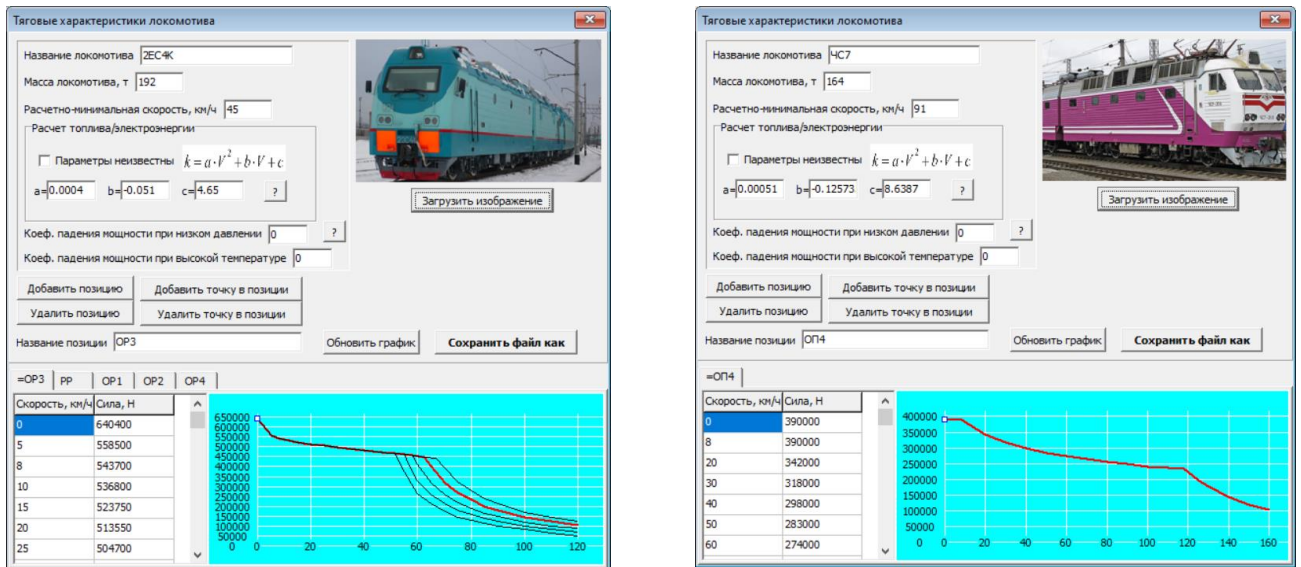


Рисунок 2.12 – Тягові характеристики локомотива 2ЕЛ4 і ЧС7

2.4 Аналіз результатів тягових розрахунків

Результатами тягових розрахунків є значення швидкості руху, часу руху, механічної роботи локомотива і режиму руху, що отримані з заданим кроком по довжині ділянки. Файли з результатами мають текстовий формат і можуть бути роздруковані будь-яким текстовим редактором, що працює в середовищі Windows. Результати часу руху, витрат електроенергії, механічна робота та робота гальмівних сил для пасажирського та вантажного руху наведені в додатках А та Б відповідно. Узагальнені результати тягових розрахунків для ділянки Синельникове – Лозова наведені в таблицях 2.6 і 2.7.

Таблиця 2.6 – Результати тягових розрахунків

Напрямок руху	Відстань, м	V max, км/год	Vcp, км/год	Витрати ел. кВт-год	Мех робота ткм	Работа гальм ткм	Час руху, хв.
ЧС7, Q=1000 т							
на Синельникове	91436	100	88	889,5	530,2	168,1	62,6
на Лозову	91436	100	88	846,7	536,5	185,7	62,5
на Синельникове	91436	110	90	930,3	596,3	230,7	61,0
на Лозову	91436	110	90	897,1	603,1	240,1	60,9
на Синельникове	91436	120	92	954,9	645,4	256,0	59,6
на Лозову	91436	120	92	925,2	652,6	276,0	59,5
на Синельникове	91436	130	92	981,3	674,1	284,0	59,4
на Лозову	91436	130	93	950,2	680,0	303,6	59,1
2ЕЛ4б, Q=4000 т							
на Синельникове	91436	70	66	4315,3	1409,6	419,5	83,6
на Лозову	91436	70	66	4355,7	1427,0	442,8	83,2
на Синельникове	91436	80	72	4648,0	1498,1	409,3	75,9
на Лозову	91436	80	73	4690,6	1513,4	429,7	75,3
на Синельникове	91436	90	77	5109,9	1614,6	468,7	71,7
на Лозову	91436	90	77	5111,2	1617,9	478,9	71,3
на Синельникове	91436	100	78	5480,0	1706,1	530,4	69,9
на Лозову	91436	100	78	5278,3	1656,4	503,9	70,1

Таблиця 2.7 – Співставлення результатів тягових розрахунків в функції рівня швидкості

Характеристика руху	Напрямок руху	Відстань, м	V max, км/год	Vcp, км/год	Витрати ел., %	Час руху, %
ЧС7, Q = 1000 тонн						
100 км/год	на Синельникове	91436	100	88	100,00	100,00
	на Лозову	91436	100	88	100,00	100,00
110 км/год	на Синельникове	91436	110	90	104,59	97,44
	на Лозову	91436	110	90	105,95	97,44
120 км/год	на Синельникове	91436	120	92	107,35	95,27
	на Лозову	91436	120	92	109,27	95,14
130 км/год	на Синельникове	91436	130	92	110,32	94,81
	на Лозову	91436	130	93	112,22	94,58
2ЕЛ4, Q=4000 тонн						
70 км/год	на Синельникове	91436	70	66	100,00	100,00
	на Лозову	91436	70	66	100,00	100,00
80 км/год	на Синельникове	91436	80	72	107,71	90,74
	на Лозову	91436	80	73	107,69	90,49
90 км/год	на Синельникове	91436	90	77	118,41	85,70
	на Лозову	91436	90	77	117,35	85,68
100 км/год	на Синельникове	91436	100	78	126,99	83,61
	на Лозову	91436	100	78	121,18	84,31

Для проведення наступного аналізу результати тягових розрахунків представлено у вигляді гістограм: для пасажирського руху (рисунки 2.13, 2.14) та для вантажного руху (рисунки 2.15, 2.16).

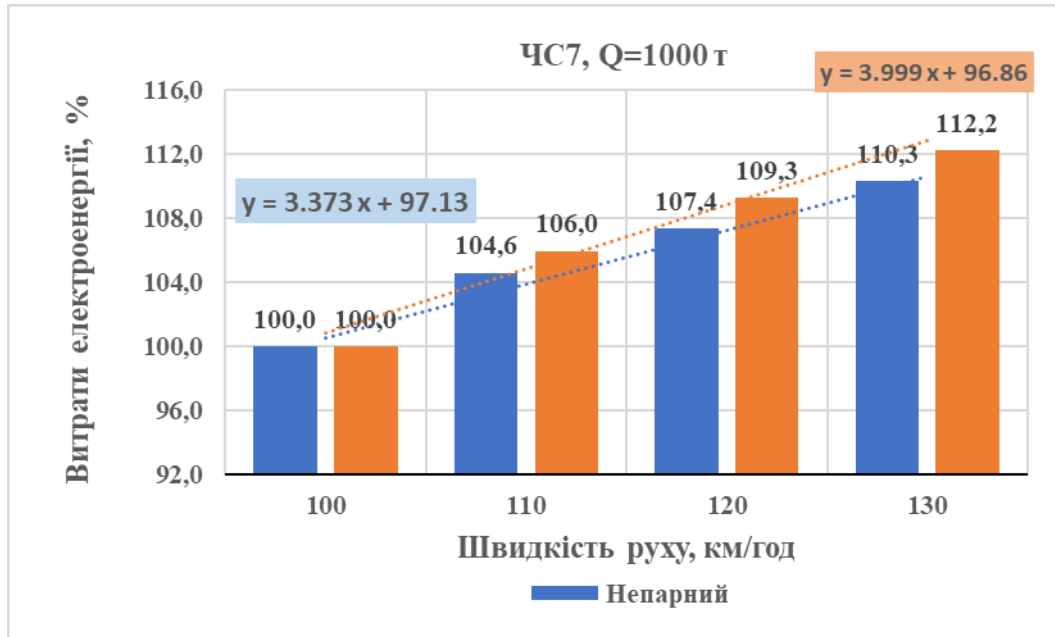


Рисунок 2.13 – Зміна витрат електроенергії в залежності від рівня максимальної швидкості

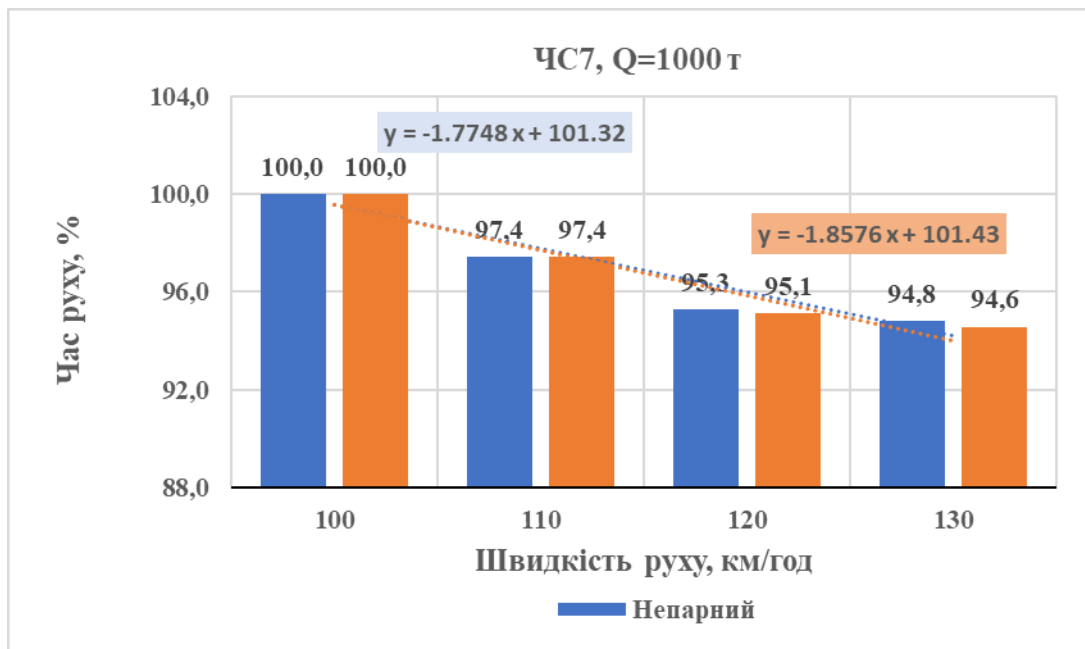


Рисунок 2.14 – Зміна часу руху поїзда в залежності від рівня максимальної швидкості

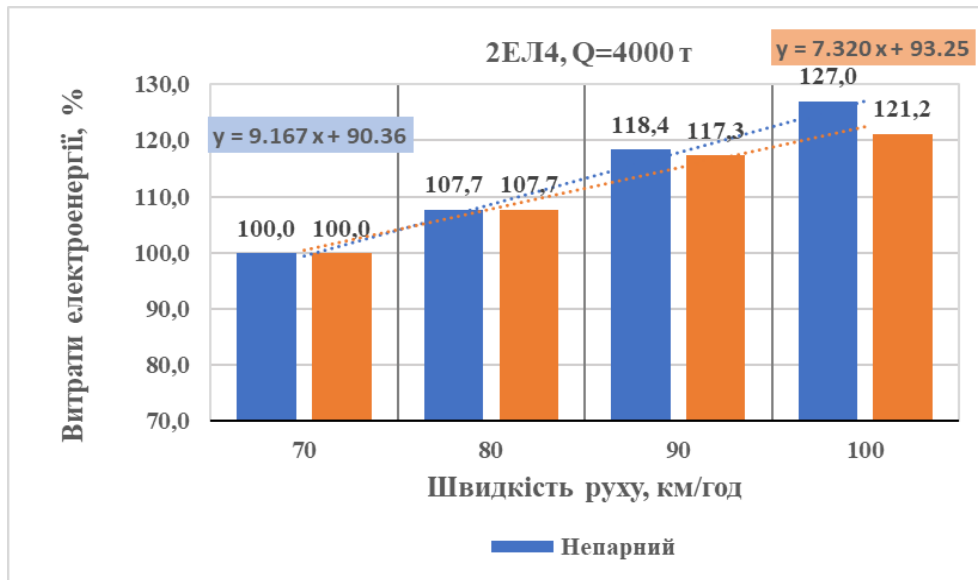


Рисунок 2.15 – Зміна витрат електроенергії в залежності від рівня максимальної швидкості

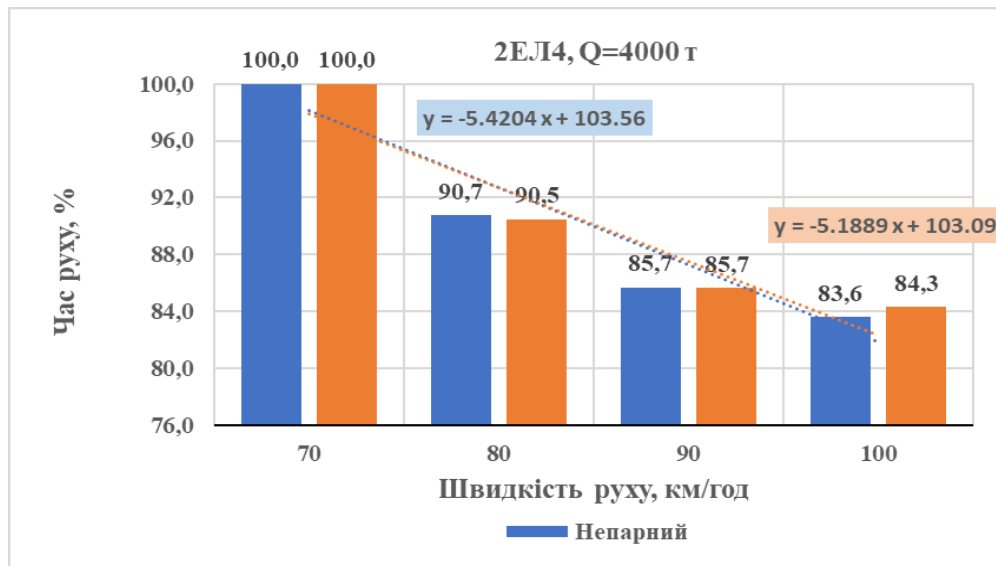


Рисунок 2.16 – Зміна часу руху поїзда в залежності від рівня максимальної швидкості

З графіків (див. рис. 2.13-2.16) випливає, що зміна таких показників як витрати електроенергії і час руху відбувається за лінійним законом.

Витрати електроенергії зростають з кожним підвищенням швидкості руху на 10 км/год: для ЧС7 в непарному напрямку на 3,4%, в парному – на 4,0%; для 2ЕЛ4 відповідно на 9,2% і 7,3%.

Час руху зменшується з кожним підвищенням швидкості руху на

10 км/год: для ЧС7 в непарному напрямку на 1,8%, в парному – на 1,9%; для 2ЕЛ4 відповідно на 5,4% і 5,2%.

Висновки до розділу 2

Отриманні результати тягових розрахунків для пасажирського й вантажного руху на напрямку Синельникове – Лозова дають можливість оцінити динаміку зміни таких важливих показників як витрати електроенергії і часу руху поїзда.

Так підвищення максимальної швидкості руху з 100 до 130 км/год для пасажирських поїздів потребує збільшення витрат електроенергії в непарному й парному напрямках відповідно на 10,1% і 12,0%. За таких же умов час руху скорочується на 5,3% і 5,6%.

Так підвищення максимальної швидкості руху з 70 до 100 км/год для вантажних поїздів потребує збільшення витрат електроенергії в непарному й парному напрямках відповідно на 27,5% і 22,0%. За таких же умов час руху скорочується на 16,3% і 15,6%.

Таким чином, вартість електроенергії та час руху є важливими факторами, які впливають на експлуатаційні витрати на пробіг поїзда. Оптимізація експлуатаційних витрат на пробіг поїзда може бути досягнута шляхом зниження витрат на електроенергію, а також шляхом скорочення часу руху.

Для зниження витрат на паливо і електроенергію можна використовувати такі заходи, як: впровадження нових технологій, які дозволяють підвищити ефективність використання електроенергії; оптимізація маршрутів руху поїздів; зменшення навантаження на поїзди.

Для скорочення часу руху можна використовувати такі заходи, як: підвищення швидкості руху поїздів; впровадження нових технологій, які дозволяють підвищити пропускну здатність залізниць; оптимізувати роботу локомотивних бригад.

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				43

3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Дослідження впливу рівня максимальної швидкості руху на тягово-енергетичні показники

Підвищення максимальної швидкості при реконструкції ділянки залізниці позитивно впливає на тягово-енергетичні показники. Це пов'язано з тим, що при підвищенні швидкості руху поїздів зменшується час проходження ними ділянки, а отже, зменшується витрата тягової енергії.

Точно оцінити, наскільки підвищиться ефективність використання тягової енергії при підвищенні максимальної швидкості, можна за допомогою розрахунків. Для цього необхідно враховувати такі фактори: тип локомотивів, які використовуються на ділянці, що підлягає реконструкції; стан колії та інших елементів інфраструктури залізниці, обсяги перевезень.

Підвищення максимальної швидкості дозволяє збільшити пропускну спроможність залізниці. Це пов'язано з тим, що при підвищенні швидкості руху поїздів зменшується час їх проходження однієї і тієї ж ділянки.

Таким чином, підвищення максимальної швидкості при реконструкції ділянки залізниці може бути позитивним фактором, який має як економічні, так і соціальні переваги.

Відповідно до теми магістерської роботи необхідно дослідити вплив максимальної швидкості на тягово-енергетичні показники при реконструкції ділянки залізниці Синельникове-Лозова. Рівень максимальної швидкості був прийнятий: для пасажирських поїздів від 100 до 130 км/год, для вантажних – від 70 до 100 км/год. Тягові розрахунки виконані для всієї ділянки (див. табл. 2.6, 2.7) і по перегонам (таблиці 3.1, 3.2).

					051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Таблиця 3.1 – Результати тягових розрахунків по перегонам
(пасажирський рух)

Напрямок руху	Відстань, м	V max, км/год	Vcp, км/год	Витрати ел., кВт-год	Мех робота ткм	Робота гальм ткм	Час руху, хв.
ЧС7, Q=1000 т							
на Самойлівку	12301	120	90	253,0	140,0	97,8	8,2
на Лозову	12301	120	92	263,5	155,8	94,7	8,1
на Варварівку							
на Варварівку	20103	120	80	222,6	108,7	151,2	15,1
на Самойлівку	20103	120	81	498,2	281,3	101,2	14,8
на Ароматну							
на Ароматну	11298	120	89	212,7	110,7	77,3	7,6
на Варварівку	11298	120	86	232,2	122,6	71,4	7,9
на Павлоград							
на Павлоград	9101	120	79	186,4	82,9	56,2	6,9
на Ароматну	9101	120	78	207,5	91,9	54,0	7,0
на Синельникове							
на Синельникове	38633	120	83	683,1	383,1	97,9	27,9
на Павлоград	38633	120	82	327,5	181,4	173,1	28,2

Таблиця 3.2 – Результати тягових розрахунків по перегонам
(вантажний рух)

Напрямок руху	Відстань, м	V max, км/год	Vcp, км/год	Витрати ел., кВт-год	Мех робота ткм	Робота гальм ткм	Час руху, хв.
2ЕЛ4, Q=4000 т							
на Самойлівку	12301	80	62,0	785,3	244,7	141,3	12,0
на Лозову	12301	80	64,0	940,2	296,5	133,2	11,5
на Варварівку							
на Варварівку	20103	80	69,0	472,9	146,3	320,3	17,5
на Самойлівку	20103	80	63,0	2165,1	705,2	103,0	19,2
на Ароматну							
на Ароматну	11298	80	64,0	709,6	223,7	128,5	10,6
на Варварівку	11298	80	63,0	848,1	266,0	117,8	10,8
на Павлоград							
на Павлоград	9101	80	64,0	600,2	188,6	125,8	8,5
на Ароматну	9101	80	61,0	742,2	234,1	121,3	9,0
на Синельникове							
на Синельникове	38633	80	66,0	3235,1	1051,3	152,2	35,0
на Павлоград	38633	80	70,0	1124,6	356,4	401,0	33,0

Для аналізу результатів і виявлення факторів, що впливають на тягово-енергетичні показники при різних рівнях швидкості, побудовані гістограми розподілу електроенергії (кВт-год/км) і часу руху (хв./км) віднесені до 1 км довжини перегону.

Для пасажирського руху такі залежності наведені на рисунках 3.1, 3.2.

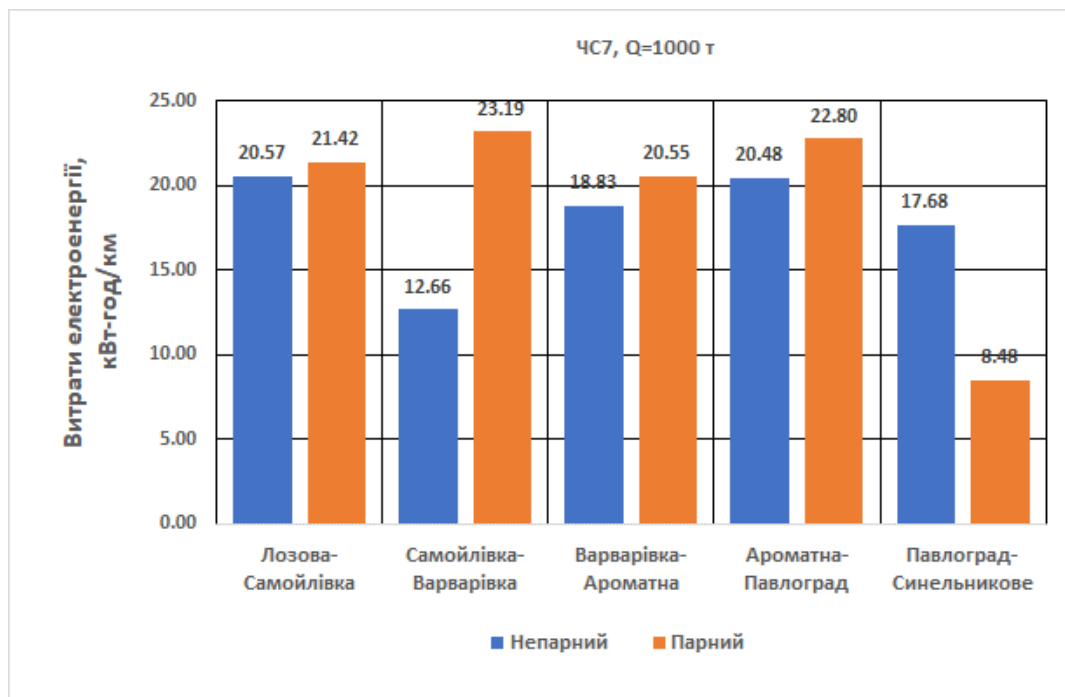


Рисунок 3.1 – Витрати електроенергії по перегонам ділянки Синельникове – Лозова (пасажирський рух)

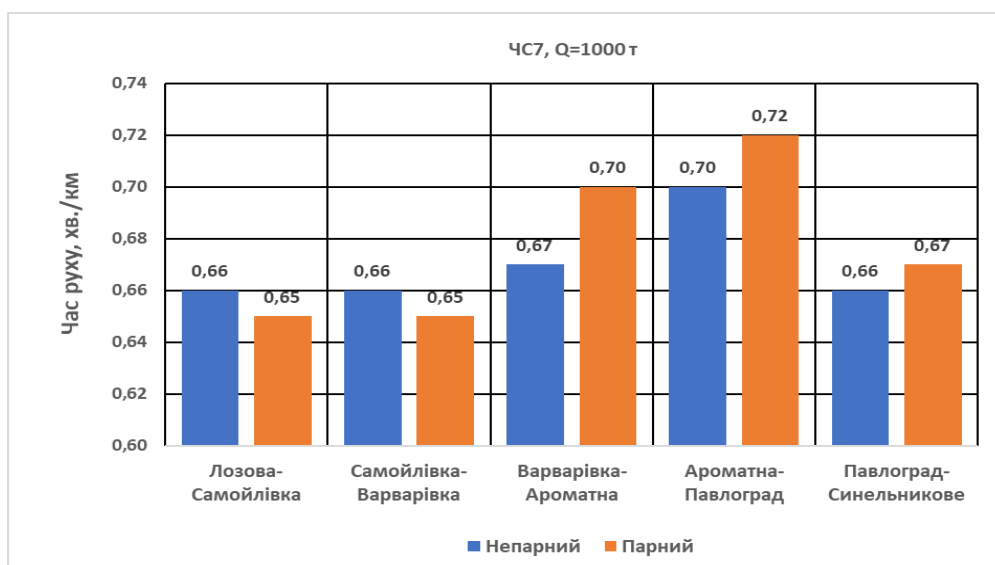


Рисунок 3.2 – Час руху по перегонам ділянки Синельникове – Лозова (пасажирський рух)

З аналізу рисунка 3.1 випливає, що найбільші витрати електроенергії мають місце на перегонах Самойлівка – Варварівка і Ароматна – Павлоград в парному напрямку. На перегоні Ароматна – Павлоград спостерігається також найбільший час руху. Щоб в'яснити причини, звернемося до кривих швидкостей рух (рисунки 3.3 і 3.4).

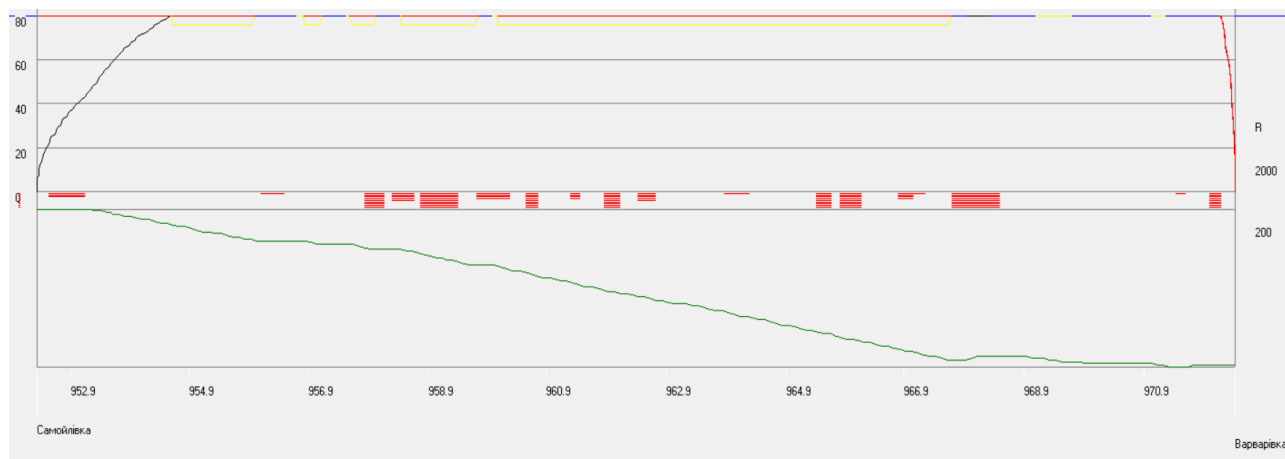


Рисунок 3.3 – Крива швидкості руху у напрямку на Варварівку (пасажирський рух)

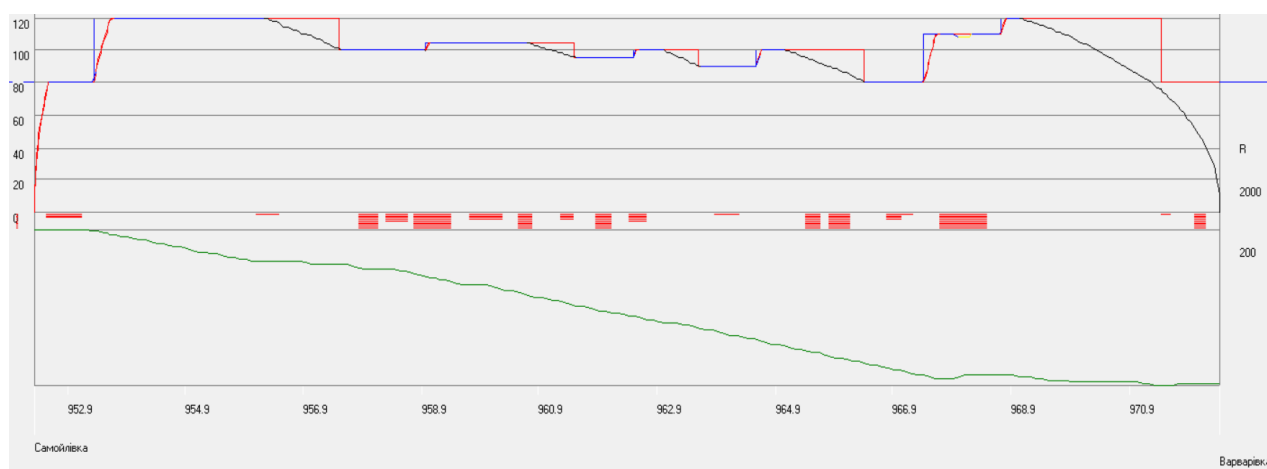


Рисунок 3.4 – Крива швидкості руху у напрямку на Самойлівку (пасажирський рух)

З рисунка 3.4 випливає, що факторами, які обмежують швидкість на рівні 90-100 при максимальній дозволений 120 км/год є крутий підйом з ухилами до 8-10‰ і наявність коротких перехідних кривих, на яких крутизна відводу підвищення зовнішньої рейки до 1,7‰.

Для вантажного руху аналогічні залежності наведені на рисунках 3.5, 3.6 і на рисунках 3.7, 3.8.

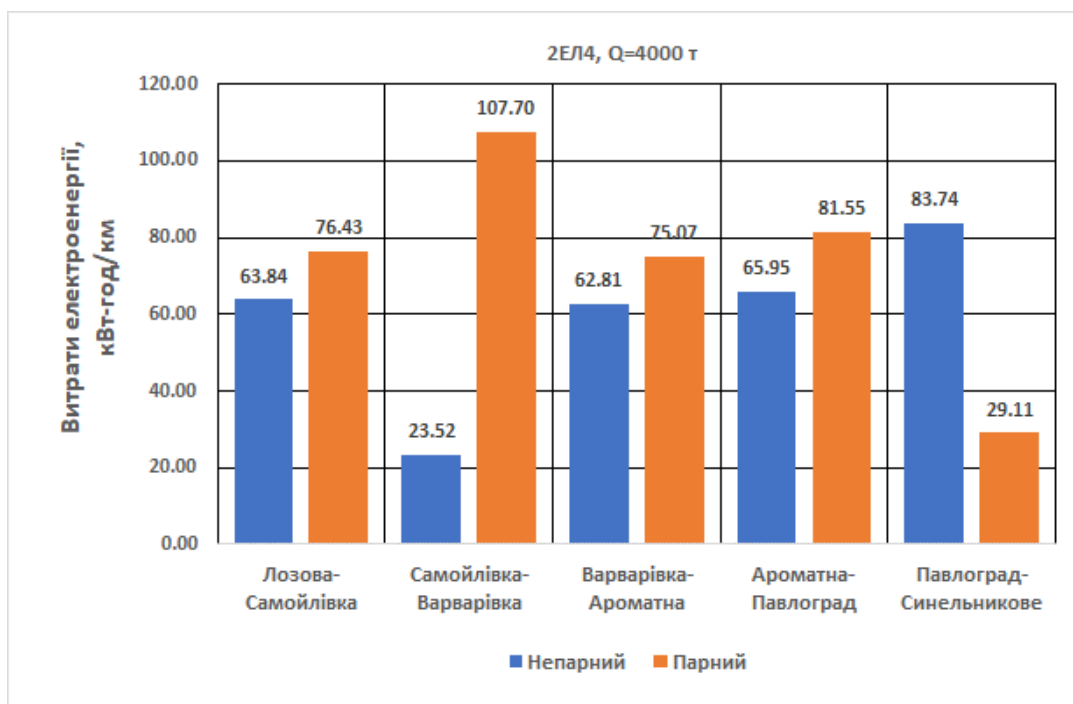


Рисунок 3.5 – Витрати електроенергії по перегонам ділянки Синельникове – Лозова (вантажний рух)

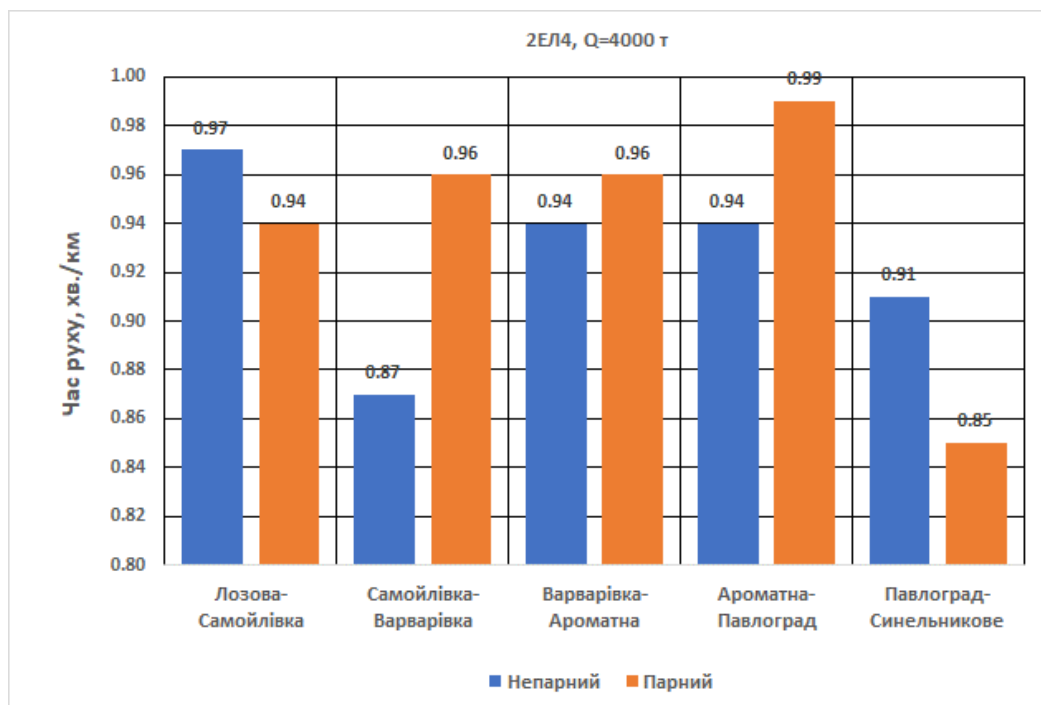


Рисунок 3.6 – Час руху по перегонам ділянки Синельникове – Лозова (вантажний рух)

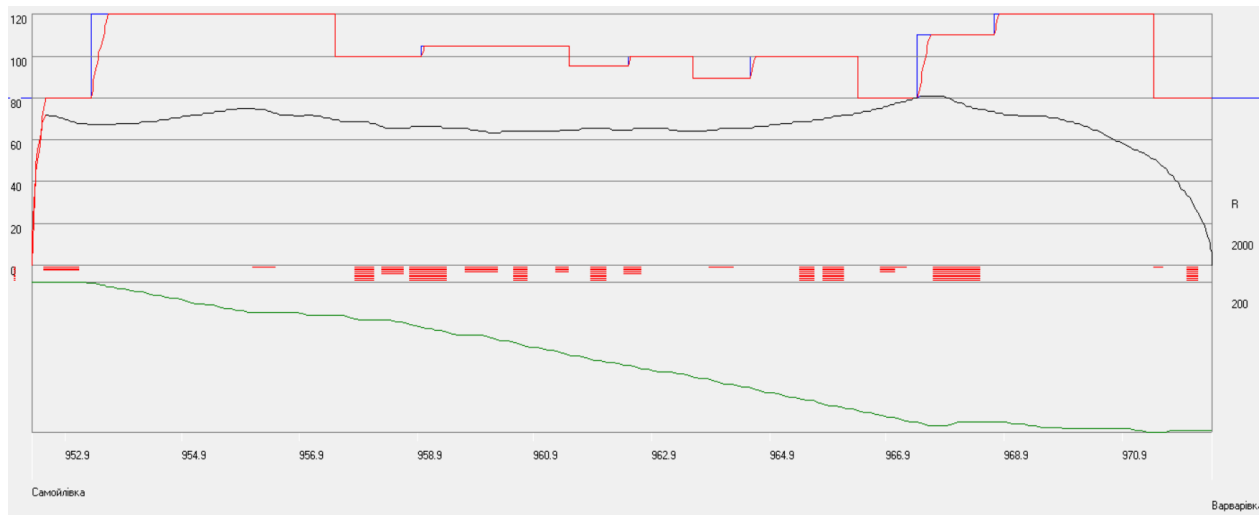


Рисунок 3.7 – Крива швидкості руху у напрямку на Самойлівку
(вантажний рух)

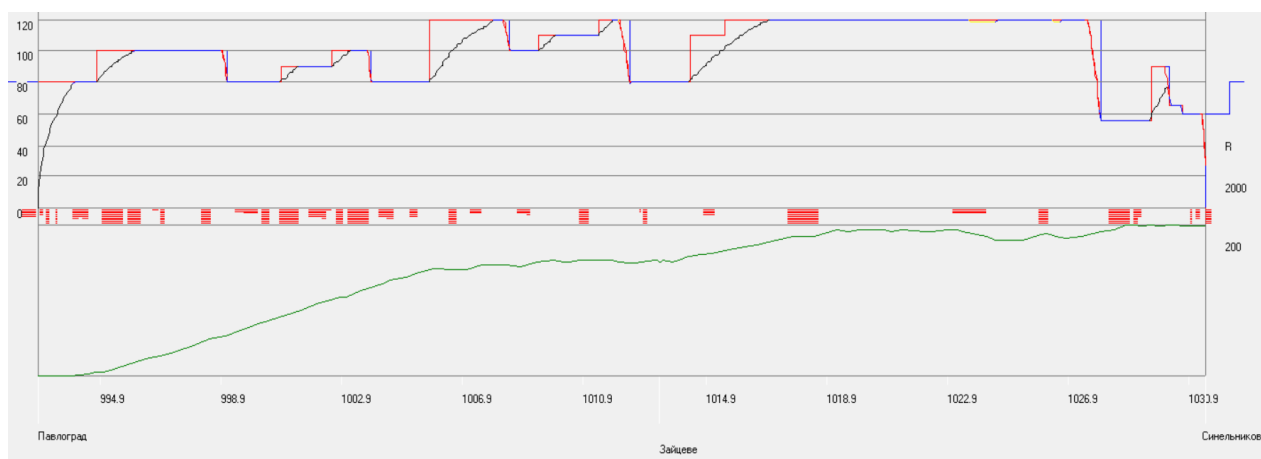


Рисунок 3.8 – Крива швидкості руху у напрямку на Синельникове
(вантажний рух)

Як випливає з рисунків 3.1, 3.2, 3.5, 3.6 найбільші витрати електроенергії і часу руху спостерігаються на одних і тих же перегонах Самойлівка – Варварівка й Ароматна – Павлоград, як для пасажирського, так і для вантажного руху. Такі закономірності проявляються в основному в парному напрямку, який характеризується більш крутими ухілами. На підвищення витрат додатково впливають обмеження швидкості руху в кривих ділянках колії.

3.2 Порівняння варіантів за тягово-енергетичними показниками

Оптимальне рішення щодо підвищення швидкості руху поїзда залежить

від багатьох факторів, таких як: тип локомотива, який використовується; стан колії та інших елементів інфраструктури залізниці, обсяги перевезень, вартість електроенергії. Таким чином, підвищення швидкості руху поїзда дозволяє скоротити час руху, але при цьому збільшує витрати електроенергії.

На залізничному транспорті України діє довгострокова Програма енергозбереження. Із загального обсягу паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) найбільші витрати припадають безпосередньо на тягу поїздів.

Для визначення факторів, які впливають на енергетичні витрати, розглянемо рівняння поїзда.

$$F_k = m a + W_o + W_i + W_r . \quad (3.1)$$

У виразі (3.1) F_k - сила тяги локомотива; m - маса поїзда; a - прискорення поїзда; W_o – сила основного опору руху; W_i , W_r – сили додаткового опору руху відповідно від ухилів і кривизни колії.

Значення основного і додаткових опорів руху, визначаються для кожного рухомого складу емпірично за даними [16].

При відомій силі тязі, що витрачається на тягу поїздів, механічна робота локомотива на ділянці довжиною L визначається як:

$$R_m = \int_l F_k ds , \quad (3.2)$$

де l – частина ділянки L , на якій сила тяги локомотива $F_k > 0$.

До ділянок l відносяться ділянки розгону, а також ділянки, на яких поїзд рухається з постійною швидкістю на підйомах, площадках і спусках, якщо сила додаткового опору руху від ухилу W_i і кривизни колії W_r не перевищує величини основного опору руху, тобто $(W_i + W_r) < W_o$ (див. рис. 3.7, 3.8).

Основний опір руху має місце при русі поїзда по прямій і горизонтальній колії, і, в свою чергу, залежить від тертя кочення і ковзання коліс по рейкам, втрат живої сили від ударів і коливань, тобто в кінцевому підсумку – від стану рухомого складу і колії.

									Аржун
									50
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				

Витрати електроенергії на тягу поїзда визначаються за формулою

$$E = \frac{R_m}{\eta}, \text{ або } E = \left(\int_{l_1} W_o ds + \int_{l_2} W_i ds + \int_{l_3} W_r ds + \int_{l_4} mads \right) \frac{1}{\eta}, \quad (3.3)$$

де η – коефіцієнт корисної дії електровоза

З аналізу складових формули (3.3) були встановлені основні фактори, які впливали на величину витрат електроенергії при русі пасажирських і вантажних поїздів на напрямку Синельникове – Лозова. Як було раніше відмічено, це тип локомотива і маса рухомого складу, а також додаткові сили, які діють на поїзд – сили опору руху від ухилів (підйоми на рисунках 3.4, 3.7 і 3.8, а також сили додаткового опору руху від кривизни колії. Якщо зміна ухилів – це трудомісткий і дорогий захід, який при реконструкції майже не застосовується, то корегування параметрів кривих (зміна підвищення зовнішньої рейки, подовження перехідних кривих) часто виконуються при реконструкції залізниці. Застосовуючи різні технології енергозбереження, можна зменшити витрати електроенергії на тягу поїздів [17, 18].

Отже, оптимальне рішення щодо підвищення швидкості руху поїзда є комплексним і залежить від багатьох факторів. Одним з основних факторів можуть бути експлуатаційні витрати на пробіг поїзда – це сума витрат, які пов'язані з рухом поїзда. Вони включають в себе витрати на паливо і електроенергію, оплату праці локомотивних бригад, амортизацію рухомого складу тощо.

Специфічною особливістю залізничного транспорту є те, що електроенергія виступає тут у ролі сировини для виробництва транспортної продукції. Витрати енергії на тягу поїздів є однією з основних статей витрат, пов'язаних з рухом. Частка витрат на енергоносії в собівартості продукції складає 15-18%.

В свою чергу, витрати електроенергії залежать від механічної роботи сили тяги локомотива, яка витрачається якнайбільше на ділянках обмеження швидкості руху. Чим менше таких обмежень, тим менше протяжність розгонів і

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				51

гальмувань і, як слідство, дешевше вартість пробігу поїзду.

Експлуатаційні витрати по пробігу поїздів пропорційні витратам енергії (e_1), пробігу (e_2) і часу руху з урахуванням простоїв (e_3) поїздів:

$$e = e_1 + e_2 + e_3, \quad (3.1)$$

де $e_1 = a_l R_l + a_c R_c + a_A A$;

$e_2 = t_{MH} a_{MH} + t_{Mh} a_{Mh} + m t_{nH} a_{nH} 10^{-3}$;

$e_3 = La_{ns} 10^{-3} + mL a_{ns} 10^{-3} + (P + Q) La_{pl} 10^{-6}$.

У доданків, що входять до формули 3.1:

$a_l, a_c, a_A, a_{MH}, a_{Mh}, a_{nH}, a_{ns}, a_{pl}$ – одиничні норми витрат на відповідний вимірник;

R_l, R_c, A – відповідно механічна робота сили тяги локомотива, робота сил опору і витрати електроенергії – визначаються програмно при тягових розрахунках;

t_{MH}, t_{Mh}, t_{nH} – відповідно, час руху, простою локомотивів і роботи локомотивних бригад, руху і простою вагонів;

m – кількість вагонів у поїзді.

Після проведення реконструкції експлуатаційні витрати зменшуються і досягається економія Δe , яка буде тим більшою, чим більше усунуто бар'єрних місць, що обмежували швидкість руху поїздів. Для розглянутих варіантів (таблиця 3.1) експлуатаційні витрати на ділянці Синельникове – Лозова при обсягах перевезень 10 пар пасажирських поїздів за добу наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Експлуатаційні витрати

Варіант	Середня ходова швидкість, км/ГОД	Вартість пробігу 1-го поїзда, тис. грн./поїзд за напрямком		Сумарні експлуатаційні витрати, млн. грн
		непарний	парний	
1	88	1,592	1,644	21,630
2	90	1,544	1,569	21,022
3	92	1.502	1.513	20,984

Як показує аналіз даних таблиці 3.3 загальні експлуатаційні витрати відрізняються менше ніж на 5%, що знаходиться у межах точності розрахунків.

Оптимальне рішення щодо підвищення швидкості руху поїзда залежить від того, наскільки важливим є скорочення часу руху, а також від вартості електроенергії.

Якщо вартість електроенергії є високою, то підвищення швидкості руху поїзда може бути економічно недоцільним. І, навпаки, якщо вартість електроенергії є низькою, то підвищення швидкості руху поїзда може бути економічно доцільним.

Висновки до розділу 3

Підвищення максимальної швидкості при реконструкції ділянки залізниці впливає на тягово-енергетичні показники. Це пов'язано з тим, що при підвищенні швидкості руху поїздів зменшується час руху, що може сприяти підвищенню пропускної спроможності.

Точно оцінити, наскільки підвищиться ефективність використання енергії на тягу поїздів при підвищенні максимальної швидкості, можна за допомогою тягово-експлуатаційних розрахунків. Для цього необхідно враховувати такі фактори як: тип локомотивів, які використовуються на ділянці, що підлягає реконструкції; стан колії та інших елементів інфраструктури залізниці, обсяги перевезень.

Як показали розрахунки, на напрямку Лозова – Синельникове загальні експлуатаційні витрати по варіантам відрізняються менше ніж на 3%, що знаходиться у межах точності розрахунків. Остаточним може бути такий висновок: підвищення максимальної швидкості при реконструкції ділянки залізниці може бути позитивним фактором, який враховує як економічні, так і соціальні показники.

						051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата			53

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Охорона праці при виправленні плану й поздовжнього профілю

Важливими нормативними актами з питань охорони праці є міжнародні договори та угоди, до яких приєдналась Україна. Переважна більшість міжнародних договорів та угод, у яких бере участь Україна і які більшою або меншою мірою стосуються охорони праці, – це такі чотири групи документів:

конвенції та рекомендації Міжнародної Організації Праці (МОП); Директиви Європейського Союзу, Договори та угоди, підписані в рамках Співдружності Незалежних Держав; Двосторонні договори та угоди.

У навчальному посібнику [20] розглянуто правові та організаційні питання охорони праці на залізничному транспорті, міжнародні норми та законодавчі документи в галузі охорони праці, представлено практичні основи щодо зниження травматизму і захворюваності шляхом проведення організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці, наведено вимоги до забезпечення виробничої та пожежної безпеки під час технологічних операцій на залізничному транспорті.

Охорона праці при виправленні плану й поздовжнього профілю залізниці полягає в комплексі заходів, спрямованих на забезпечення безпеки працівників, які виконують ці роботи, а також на запобігання негативного впливу на навколишнє середовище.

Основні заходи з охорони праці при виправленні поздовжнього профілю залізниці включають в себе:

Забезпечення безпеки руху транспорту і пішоходів. На ділянці будівництва залізниці необхідно встановити відповідні дорожні знаки і огороження, які б попереджали про небезпеку і перешкоджали проникненню на територію будівництва сторонніх осіб.

Забезпечення безпеки праці працівників. Працівники, які виконують

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				54

роботи з виправлення поздовжнього профілю залізниці, повинні бути забезпечені відповідним спецодягом і засобами індивідуального захисту, такими як каски, рукавички, захисні окуляри, респіратори.

Забезпечення дотримання технології виконання робіт. Перед початком робіт необхідно провести інструктаж працівників з техніки безпеки і навчити їх правильному виконанню робіт.

Забезпечення дотримання санітарно-гігієнічних норм. На території будівництва залізниці необхідно забезпечити наявність питної води, туалетів і місць для відпочинку працівників.

Особливу увагу при виправленні поздовжнього профілю залізниці необхідно приділяти таким питанням:

Забезпечення безпеки руху техніки. Техніка, яка використовується для виправлення поздовжнього профілю залізниці, повинна бути в справному стані і відповідати вимогам безпеки. Працівники, які керують технікою, повинні мати відповідну кваліфікацію.

Забезпечення безпеки праці при застосуванні важких механізмів. При використанні важких механізмів, таких як бульдозери, екскаватори, необхідно дотримуватися всіх заходів безпеки, передбачених інструкцією по експлуатації цих механізмів.

За дотриманням правил охорони праці при виправленні плану й поздовжнього профілю залізниці повинен здійснюватися контроль. Відповідальність за забезпечення охорони праці при виконанні цих робіт покладається на керівника будівництва.

Нижче наведено деякі конкретні рекомендації щодо охорони праці при виправленні поздовжнього профілю залізниці:

- перед початком робіт необхідно провести ретельний огляд ділянки залізниці, щоб виявити та усунути будь-які потенційні небезпеки;
- працівники повинні бути навчені правильному виконанню робіт і дотриманню правил безпеки;

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				55

– застосування заходів управління безпекою праці, таких як навчання працівників, розробка і впровадження інструкцій з охорони праці, проведення інспекцій та аудитів;

– техніка, яка використовується для виправлення поздовжнього профілю залізниці, повинна бути в справному стані і відповідати вимогам безпеки. При використанні важких механізмів необхідно дотримуватися всіх заходів безпеки, передбачених інструкцією по експлуатації цих механізмів.

Дотримання цих рекомендацій допоможе забезпечити безпеку працівників і запобігти негативному впливу на навколишнє середовище при виправленні поздовжнього профілю залізниці.

4.2 Виконання колійних робіт при поточному утриманні залізничної колії

Залізнична колія – фундамент залізничного транспорту, від стану якої залежить робота залізничного транспорту. Для утримання цього фундаменту в постійно справному стані здійснюється його поточне утримання. При

поточному утриманні виконуються роботи, пов'язані з постійною підтримкою усіх елементів колії в стані, який забезпечує безпечний рух поїздів зі встановленими швидкостями [19].

З досвіду забезпечення безпеки руху поїздів прийнято роботи з поточного утримання колії поділяти на невідкладні, першочергові та планово-запобіжні. Це є основою системи поточного утримання [21].

Склад і обсяги колійних робіт змінюються залежно від пори року, вантажонапруженості, конструкції, плану і профілю колії, виду відхилень від її нормативного стану, кліматичних умов та використання технічних засобів.

Виконання невідкладних та першочергових колійних робіт пов'язано з усуненням несправностей колії, які або самі по собі, або при деяких обставинах можуть бути загрозливими для безпеки руху поїздів чи перерости в такі в період до чергової перевірки стану колії, якщо їх не ліквідувати.

Тому залежно від ступеня несправності вона ліквідується відразу або в

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				56

першу чергу згідно з планом. Такі несправності з'являються в окремих місцях колії, як правило, миттєво і їх усунення передбачається по мірі знаходження в ході огляду та перевірок колії.

До невідкладних робіт належать:

заміна гостродефектних рейок, гостряків і хрестовин на стрілочних переводах; усунення відхилень IV ступеня в утриманні колії за показниками вагона-вимірювача; усунення розривів рейкових стиків та інше.

До першочергових робіт належать такі роботи, які пов'язані, наприклад, з усуненням відхилень від встановлених нормативів III ступеня в утриманні рейкової колії за показниками вагона-вимірювача, усуненням осідань колії в стиках з виплесками баласту і цілий ряд інших.

Профілактика колії здійснюється за рахунок проведення планово-запобіжних робіт. Виконання їх спрямовано на запобігання появи несправностей. Це основа всієї роботи з поточного утримання колії.

Виконання планово-запобіжних робіт повинно чітко плануватися. Вони, як правило, виконуються на ділянці з багатьма відхиленнями. Наприклад, виправлення колії з підбиттям шпал на ділянці з великою кількістю відхилень II ступеня за рівнем, перекосами, осіданням, відхиленнями в плані та інше.

При виконанні планово-запобіжних робіт є можливість використовувати ефективно колійні машини, більш якісно виконувати профілактичні роботи, з більшою мірою забезпечувати безпеку руху поїздів зі встановленими швидкостями, отримувати більший ефект від експлуатації колії.

Залежно від використання технічних засобів і кількості монтерів колії роботи поділяються на роботи, які виконуються за допомогою машин, механізмів та ручного інструменту.

Вся технічна політика повинна будуватися на машинному виконанні робіт при поточному утриманні колії.

Роботи з поточного утримання колії поділяються на роботи, які виконуються в інтервали часу між поїздами, у технологічні та поєднані «вікна».

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				57

Враховуючи це, проектування організації і технології робіт з поточного утримання колії повинно бути пов'язано з графіком руху поїздів.

Якщо роботи виконуються в інтервали часу між рухом поїздів, передбачається використання переносних, які легко знімаються з колії перед пропусканням поїзда, механізмів і ручного інструменту. При виконанні робіт у «вікно» треба максимально використовувати колійні машини та інше важке обладнання.

Колійний майстер і бригадир колії повинні пам'ятати, що завжди необхідно усунути не тільки саму несправність, а й обов'язково її причину. Якщо цього не зробити, вона з'явиться знову.

Виправлення колії в повздовжньому профілі та за рівнем. Роботами з виправлення колії в повздовжньому профілі та за рівнем ліквідуються та попереджуються такі порушення стану колії:

- відхилення від норм розташування рейкових ниток за рівнем;
- видимі вздовж рейкових ниток осідання;
- нещільне спирання подошви рейки на підкладку, підкладки на шпалу, шпали на баласт (потайні осідання).

Ці роботи можуть виконуватися одним з таких способів: підбиттям шпал ручними торцевими підбійками (електричними шпалопідбійками) або колійними машинами ВПР-1200, ВПРС-500, ВПО-3000 (рисунки 4.1 – 4.3).



Рисунок 4.1 – ВПР-1200 виправно-підбивочно-рихтувальна машина циклічної дії



Рисунок 4.2 – ВІР-02 – Машина обладнана мікропроцесорною системою керування виправкою колії



Рисунок 4.3 – ВПО-3000 виправно-підбивочно-рихтувальна машина безперервної дії

Якість виконання цих робіт залежить від точності виконання вимірювальних робіт, які виконуються за показниками колісвимірювальних

									Аркуш
									59
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				

вагонів, ручних візків або натурними перевірками колійними майстрами і бригадами стану колії.

При виправленні локальних відхилень підбиттям шпал спочатку піднімається та вирівнюється в поздовжньому напрямку за допомогою оптичних приладів рейкова нитка з меншою величиною просідання. По ній встановлюється в необхідне положення за допомогою рівня інша рейкова нитка, після чого виконується підбиття шпал.

Планово-запобіжні роботи з виправлення колії повинні виконуватися колійними машинами із суцільним підбиттям шпал.

Роботи виконуються в інтервали часу між поїздами колійною бригадою кількістю чотири-шість монтерів колії.

4.3 Захист навколишнього середовища

В законі України «Про залізничний транспорт» передбачені такі питання як охорона праці, захист навколишнього середовища тощо. Так, залізниці та підприємства залізничного транспорту загального користування повинні забезпечувати безпеку життя і здоров'я громадян, які користуються його послугами, а також безпеку руху поїздів, охорону навколишнього природного середовища згідно з чинним законодавством України. Перевізники зобов'язані забезпечувати: своєчасне якісне перевезення пасажирів, вантажів; розвиток інфраструктури залізничного транспорту; охорону навколишнього природного середовища від шкідливого впливу залізничного транспорту загального користування.

Захист навколишнього середовища при виконанні робіт з виправлення плану залізниці й поздовжнього профілю залізниці полягає в комплексі заходів, спрямованих на запобігання негативному впливу на довкілля, пов'язаному з цими роботами [14].

Нижче наведено деякі конкретні рекомендації щодо захисту навколишнього середовища при виправленні плану й поздовжнього профілю залізниці.

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				60

Перед початком робіт необхідно провести ретельний огляд території де планується проводити реконструкцію ділянки залізниці, щоб виявити та усунути будь-які потенційні загрози навколишньому середовищу.

При виконанні робіт необхідно використовувати тільки екологічно чисті матеріали і технології, екологічно чисте обладнання, щоб запобігти виділенню шкідливих речовин в повітря.

Необхідно проводити заходи з очищення повітря, щоб запобігти забрудненню атмосфери, проводити заходи з охорони рослин і тварин, щоб запобігти їхньому знищенню.

Дотримання цих рекомендацій допоможе запобігти негативному впливу на навколишнє середовище при виправленні поздовжнього профілю залізниці.

Ось деякі додаткові заходи, які можуть бути застосовані для підвищення ефективності заходів щодо захисту навколишнього середовища при виправленні поздовжнього профілю залізниці: використання сучасних технологій і обладнання, які дозволяють зменшити обсяги відходів і забруднення навколишнього середовища; застосування заходів управління навколишнім середовищем, таких як навчання працівників, розробка і впровадження інструкцій з охорони навколишнього середовища, проведення інспекцій та аудитів.

Створення культури охорони навколишнього середовища, яка сприяє усвідомленню працівниками важливості захисту навколишнього середовища.

Підвищення швидкості руху поїздів призводить до зростання потреби електроенергії і до скорочення часу руху. Розглянемо, як ці фактори можуть впливати на навколишнє середовище.

Зростання потреби електроенергії для поїздів може призвести до збільшення забруднення повітря, а скорочення часу руху - до збільшення шуму.

Зростання потреби електроенергії. Підвищення швидкості руху поїздів призводить до збільшення їхньої потужності, оскільки для руху з більшою швидкістю потрібно більше енергії. Це, у свою чергу, призводить до збільшення

					051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		61

споживання електроенергії.

Електроенергія виробляється в основному з викопних видів палива, таких як вугілля, нафта та природний газ. При спалюванні цих видів палива в атмосферу виділяються шкідливі речовини, такі як оксиди азоту, оксиди сірки, діоксид вуглецю та частки пилу. Ці речовини негативно впливають на здоров'я людей і навколишнє середовище.

Щоб зменшити негативний вплив електроенергії на навколишнє середовище, потрібно використовувати відновлювані джерела енергії, такі як сонячна, вітрова та гідроенергетика. Так, вітроенергетика – галузь відновлюваної енергетики, яка спеціалізується на використанні кінетичної енергії вітру. Цей вид джерела енергії є непрямою формою сонячної енергії, і, тому, належить до відновлюваних джерел енергії. Зараз вітер використовується для видобутку електроенергії. Хоча ціна з 01 січня 2020 року 1 Квт-години видобутої з енергії вітру порівняно невисока – 10,5 євроцента/кВт·год – але всі проекти з будівництва нових вітряків зазвичай дуже повільно окуповують себе.

Переваги. Вітрова енергетика є екологічно чистим способом вироблення енергії. Вона не забруднює атмосферу, не споживає палива і не спричинює теплового забруднення довкілля. Максимальне ефективне використання енергії вітру в Україні, дасть можливість щорічно виробляючи 5,71 млн МВт-год, забезпечити 2,5% загального річного електроспоживання в Україні.

Недоліки. Вітрові електростанції створюють шум високої частоти, тому потребують великих земельних ділянок для свого розміщення, а також заважають близько розташованим населеним пунктам.

За висновками науковців, найголовнішим джерелом енергії є Сонце. Приблизно 30% сонячної енергії, досягаючи Землі, відбивається назад у космос, 47% – витрачається на нагрівання земної поверхні, 22% – на кругообіг води у природі, 0,1% – на утворення вітру, хвиль, океанічних течій і лише 0,03% поглинається під час фотосинтезу. Середньорічна кількість сумарної сонячної енергії, що надходить на 1 км² території України, становить майже 1070 кВт*год

										Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000					62

у північній частині країни та 1400 кВт·год і вище у південних областях. Якщо порівняти цю величину з оцінками енергії, що міститься у розвіданих запасах енергоємних корисних копалин, то стане зрозуміло, що за один тиждень Земля отримує від Сонця таку кількість енергії, яка більше ніж удвічі перевищує всі відомі запаси енергії на Землі.

Сонячна енергетика використовує поновлюване джерело енергії і в перспективі може стати екологічно чистою, тобто такою, що не виробляє шкідливих відходів (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4 – Сонячна електростанція

Переваги сонячної енергетики: загальнодоступність і невичерпність джерела; теоретично, повна безпека для навколишнього середовища (проте в даний час у виробництві фотоелементів і в них самих використовуються шкідливі речовини).

Недоліки сонячної енергетики: через відносно невелику величину сонячної енергії постійної для сонячної енергетики потрібне використання великих площ землі під електростанції, але фотоелектричні елементи на великих

сонячних електростанціях встановлюються на висоті 1,8 – 2,5 метра, що дозволяє використовувати землі під електростанцією для сільськогосподарських потреб, наприклад, для випасу худоби.

Зменшити частину недоліків через недостатню кількість сонячних днів чи безвітряної погоди можна поєднанням використання енергії сонця і вітру (рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Поєднання сонячної і вітрової електростанцій

Скорочення часу руху поїздів. Призводить до збільшення кількості поїздів, які проходять через певну ділянку за одиницю часу. Це, у свою чергу, призводить до зростання шуму.

Шум від поїздів може негативно впливати на здоров'я людей, викликаючи такі проблеми, як порушення сну, підвищення артеріального тиску та стрес.

Щоб зменшити шум від поїздів, можна використовувати такі заходи: використання сучасних локомотивів і вагонів, встановлення шумозахисних екранів уздовж залізниць, зменшення швидкості руху поїздів в зонах проживання міського населення.

В цілому, підвищення швидкості руху поїздів може мати як позитивний, так і негативний вплив на навколишнє середовище. Для того, щоб мінімізувати негативний вплив, потрібно використовувати відновлювані джерела енергії та впроваджувати заходи щодо зниження шуму.

Висновки до розділу 4

Охорона праці при виправленні плану й поздовжнього профілю залізниці полягає в комплексі заходів, спрямованих на забезпечення безпеки працівників, які виконують ці роботи, а також на запобігання негативного впливу на навколишнє середовище.

Якщо роботи виконуються в інтервали часу між рухом поїздів, передбачається використання переносних, які легко знімаються з колії перед пропусканням поїзда, механізмів і ручного інструменту. При виконанні робіт у «вікно» треба максимально використовувати колійні машини та інше важке обладнання.

Підвищення швидкості руху поїздів призводить до зростання потреби електроенергії і до скорочення часу руху. Зростання потреби електроенергії для поїздів може призвести до збільшення забруднення повітря, а скорочення часу руху – до збільшення шуму.

Підвищення швидкості руху поїздів може мати як позитивний, так і негативний вплив на навколишнє середовище. Для того, щоб мінімізувати негативний вплив, потрібно використовувати відновлювані джерела енергії та впроваджувати заходи щодо зниження шуму.

Невідкладним кроком у напрямку покращення енергетичної ситуації України, зменшення її енергозалежності, а також подальшої інтеграції в Європейську співдружність, повинна стати усебічна підтримка держави розвитку та впровадження альтернативних енергетичних установок у регіонах з найвищими показниками економічної доцільності.

									Аркуш
									65
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу наукових праць було встановлено, що підвищенню швидкості руху поїздів повинно передувати посилення конструкції колії. Особлива увага повинна приділятися питанням міцності і стійкості земляного полотна, якості баластових матеріалів, створенню високоефективних систем дренажу і водовідводу. Розподілення напрямків за спеціалізацією дасть змогу зменшити знос рейок та коліс рухомого складу, обсяги робіт з поточного утримання колії, скоротити витрати електроенергії на рух поїздів, підвищити комфортабельність їзди пасажирів.

Отримані результати тягових розрахунків для пасажирського й вантажного руху на напрямку Синельникове-Лозова дають можливість оцінити динаміку зміни таких важливих показників як витрати електроенергії і часу руху поїзда. Встановлено, що вартість електроенергії та час руху є важливими факторами, які впливають на експлуатаційні витрати на пробіг поїзда. Оптимізація експлуатаційних витрат на пробіг поїзда може бути досягнута шляхом зниження витрат на електроенергію, а також шляхом скорочення часу руху.

Для зниження витрат на тягу поїздів можна використовувати такі заходи, як впровадження нових технологій, які дозволяють підвищити ефективність використання електроенергії; оптимізацію маршрутів руху поїздів; зменшення навантаження на поїзди.

Для скорочення часу руху можуть використовуватися такі заходи, як підвищення швидкості руху поїздів; впровадження нових технологій, які дозволяють підвищити пропускну спроможність залізниць; оптимізувати роботу локомотивних бригад.

Підвищення максимальної швидкості при реконструкції ділянки залізниці впливає на тягово-енергетичні показники. Це пов'язано з тим, що при підвищенні швидкості руху поїздів зменшується час руху, що може сприяти підвищенню пропускну спроможності.

									Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				66

Точно оцінити, наскільки підвищиться ефективність використання енергії на тягу поїздів при підвищенні максимальної швидкості, можна за допомогою тягово-експлуатаційних розрахунків, що потребує врахування таких факторів як тип локомотивів, які використовуються на ділянці, що підлягає реконструкції; стан колії та інших елементів інфраструктури залізниці, обсягів перевезень.

Як показали розрахунки, на напрямку Лозова – Синельникове загальні експлуатаційні витрати по варіантам відрізняються менше ніж на 5%, що знаходиться у межах точності розрахунків. Остаточним може бути такий висновок: підвищення максимальної швидкості при реконструкції ділянки залізниці може бути позитивним фактором, який враховує як економічні, так і соціальні показники.

					051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		67

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>.

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.

3. Ефективність впровадження нових типів електровозів / М.Б. Курган, С.Ю. Байдак, Н.П. Хмелевська // Електрифікація транспорту – Вип. 8 – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2014. – С. 86-92.

4. Дослідження ефективності електрифікації одноколійних залізниць для підвищення пропускної спроможності / М.Б. Курган, С.Ю. Байдак, Н.П. Хмелевська // Електрифікація транспорту. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2015. – №9. – С. 37-43.

5. Будівництво та реконструкція залізничної мережі України для збільшення пропускної спроможності та запровадження швидкісного руху поїздів / М.Д. Костюк, В.В. Козак, В.О. Яковлев, В.С. Алейник та ін. – К.: ІЕЗ ім. Є.О. Патона, 2010. – 216 с.

6. Курган М.Б. Дослідження впливу стану залізничної колії в плані на плавність і безпеку руху поїздів / М. Б. Курган, Д. М. Курган, С. Ю. Байдак, Н. П. Хмелевська // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті, 2017, № 2.

7. Improvement of the railway track efficiency by minimizing the rail wear in curves / Kurhan M, Kurhan D., Novik R., Baydak S., Nelya Hmelevska // IOP Conf. Ser.: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 985. – p. 165475. doi: 0.1088/1757-899X/985/1/012001. – 1-6 s.

8. Курган М. Підготовка колії для підвищення швидкості руху поїздів / М. Курган, Д. Курган, Н. Хмелевська // Українська залізниця, № 9–10 (51–52),

									Аркуш
									68
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата	051.КГ2226.МР.2024.000				

18. Дослідження ефективності електрифікації напрямку Запоріжжя – Комиш Зоря – Волноваха / М. Б. Курган, С. Ю. Байдак, Н. П. Хмелевська // Електрифікація транспорту – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2018. – № 15. ISSN 2307-4221. <http://etr.diit.edu.ua/>. – С. 43-53.

19. Норми допустимих швидкостей руху рухомого складу по залізничних коліях державної адміністрації залізничного транспорту України шириною 1520 мм: ЦП-0235 / затв. наказом Укрзалізниці від 14.12.2010 № 776-Ц. – К., 2011. – 51 с.

20. Охорона праці на залізничному транспорті: Навч. посібник / Д. С. Козодой, О. В. Костиркін, С. О. Кисельова та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 124 с.

21. Сушков В. Ф., Шраменко В. П., Белорусов О. І., Возненко А. Д. Технологія ремонту й утримання колії: Підручник. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 314 с.

					051.КГ2226.МР.2024.000	Аркуш
Ар.	Зм.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ДОДАТКИ

Додаток А

А.1 Результаты тяговых расчетов для вантажного руху в парному напрямку

Лозова-Павлоград-Синельникове

Расчет для участка: Платф. 940 к - Синельникове

Локомотив : 2ЭС4К. Позиция - . Кол-во секций 1

Масса состава = 4000 т. Длина поезда = 500 м

Основное удельное сопротивление локомотива:

$$w_0 = 1.700 + 0.0100 * V + 0.000126 * V * V$$

Удельное сопротивление локомотива на холостом ходу:

$$w_0 = 1.740 + 0.0110 * V + 0.000126 * V * V$$

Основное удельное сопротивление состава:

$$w_0 = 1.200 + 0.0105 * V + 0.000153 * V * V$$

Коэффициент трения:

$$\phi = 0.360 * (1.000 * V + 150.00) / (2.000 * V + 150.00)$$

Тормозной коэффициент = 0.660

Коэффициент использования тормозной силы = 0.600

Шаг интегрирования (м) = 50

Шаг печати (м) = 1000

Километры	Скорость км/ч	Время мин.	Мех. работа 10*кН*км	Работа торм. 10*кН*км	Режим
Синельникове					
1031.450	0.0	0.00	0.00	0.00	СТАРТ
1030.410	48.3	2.41	51.49	0.00	ТЯГА
1030.060	55.0	2.81	65.80	0.00	ОГР Т
1029.060	55.0	3.90	76.33	0.00	ОГР Т
1028.960	55.0	4.01	76.46	0.09	РЕГ Т
1027.960	51.0	5.18	76.46	14.91	РЕГ Т
1027.060	56.3	6.22	78.76	24.74	ТЯГА
1026.060	67.6	7.18	121.72	24.74	ТЯГА
1025.060	80.3	7.98	149.09	24.74	ТЯГА
1024.060	79.0	8.72	171.76	24.74	ТЯГА
1023.060	76.7	9.50	197.15	24.74	ТЯГА
1022.060	81.8	10.25	221.02	24.74	ТЯГА
1021.060	83.9	10.98	242.63	24.74	ТЯГА
1020.060	85.7	11.69	262.74	24.74	ТЯГА
1019.060	88.7	12.38	281.93	24.74	ТЯГА
1018.910	86.0	12.48	283.78	25.40	РЕГ Т
1018.410	90.0	12.82	283.78	30.78	ОГР Т
1017.710	90.0	13.29	289.01	30.79	РЕГ Т
1016.710	86.0	13.99	289.01	41.27	РЕГ Т
1015.710	90.0	14.68	289.01	46.03	РЕГ Т
1015.160	90.0	15.04	289.02	46.52	ОГР Т
1014.910	85.4	15.21	289.13	67.94	ТОРМОЖ
1014.860	80.0	15.25	289.13	68.00	РЕГ Т
1013.860	80.0	16.03	289.14	77.72	ОГР Т
1013.373	80.0	16.39	294.58	77.72	ОГР Т
1012.823	80.0	16.80	298.96	77.74	РЕГ Т
1012.523	80.0	17.03	299.00	78.57	ОГР Т
1012.173	79.9	17.30	304.60	78.57	ТЯГА
1011.173	81.2	18.05	328.27	78.57	ТЯГА
1010.173	85.0	18.77	349.38	78.57	ТЯГА
1009.173	89.4	19.46	368.77	78.57	ТЯГА
1009.073	86.0	19.53	369.69	79.27	РЕГ Т
1008.873	90.0	19.67	369.75	80.45	ОГР Т
1008.623	90.0	19.84	372.94	80.45	ТЯГА
1007.923	90.0	20.30	385.27	80.45	ОГР Т
1007.473	90.0	20.60	388.37	80.55	РЕГ Т

Зайцеве

1006.923	90.0	20.98	388.39	84.27	ОГР Т	
1006.773	83.7	21.09	388.81	105.72	ТОРМОЖ	
1006.723	80.0	21.12	389.34	105.72	ОГР Т	
1006.373	80.0	21.38	395.66	105.72	ТЯГА	
1005.973	80.0	21.69	404.37	105.72	ОГР Т	
1005.823	80.0	21.80	404.73	105.84	РЕГ Т	
1004.823	76.0	22.59	404.73	121.95	РЕГ Т	
1003.823	76.0	23.38	404.73	140.92	РЕГ Т	
1002.823	76.0	24.17	404.73	161.88	РЕГ Т	
1001.823	76.0	24.96	404.73	177.44	РЕГ Т	
1000.823	76.0	25.75	404.73	201.35	РЕГ Т	
999.823	76.0	26.53	404.73	223.19	РЕГ Т	
998.823	80.8	27.32	405.89	240.43	ТЯГА	
998.173	86.0	27.78	418.15	241.72	РЕГ Т	
997.173	86.0	28.48	418.15	261.95	РЕГ Т	
996.173	86.0	29.17	418.15	271.15	РЕГ Т	
995.173	86.0	29.87	418.15	291.61	РЕГ Т	
994.723	90.0	30.18	418.15	293.90	ОГР Т	
994.373	88.4	30.41	419.05	315.25	ТОРМОЖ	
994.273	80.0	30.48	419.38	336.79	ОГР Т	
993.273	80.0	31.23	430.26	336.79	ОГР Т	
992.816	80.0	31.58	436.51	336.79	ОГР Т	Павлоград
991.816	80.0	32.33	449.85	336.79	ОГР Т	
991.316	80.2	32.70	457.64	336.79	ТЯГА	
990.316	82.4	33.44	479.98	336.79	ТЯГА	
989.316	85.9	34.15	500.79	336.79	ТЯГА	
988.316	88.0	34.84	520.03	336.79	ТЯГА	
987.316	87.6	35.52	538.78	336.79	ТЯГА	
986.416	90.0	36.13	555.17	336.79	ОГР Т	
985.566	90.0	36.70	566.26	336.79	ТЯГА	
985.266	88.0	36.90	570.78	358.16	ТОРМОЖ	
985.166	79.9	36.97	571.94	379.72	ТЯГА	
984.166	79.7	37.73	595.92	379.72	ТЯГА	
983.966	80.0	37.88	600.46	379.72	ОГР Т	
983.716	80.0	38.07	606.11	379.72	ТЯГА	
983.715	80.0	38.07	606.13	379.72	ТЯГА	Ароматна
983.015	80.0	38.59	621.76	379.72	ОГР Т	
982.865	80.0	38.71	621.94	379.86	РЕГ Т	
982.215	80.5	39.22	623.11	385.77	ТЯГА	
981.215	83.3	39.94	644.72	385.77	ТЯГА	
980.215	86.1	40.65	665.11	385.77	ТЯГА	
979.215	86.2	41.34	684.31	385.77	ТЯГА	
978.215	85.1	42.05	704.11	385.77	ТЯГА	
977.215	83.6	42.76	725.00	385.77	ТЯГА	
976.215	85.6	43.47	745.17	385.77	ТЯГА	
975.215	88.7	44.17	764.83	385.77	ТЯГА	
974.215	87.2	44.85	783.71	385.77	ТЯГА	
973.965	87.1	45.02	787.51	407.19	ТОРМОЖ	
973.915	80.0	45.06	787.77	407.19	ОГР Т	
972.915	80.0	45.81	800.00	407.19	ОГР Т	
972.417	80.0	46.18	806.86	407.19	ОГР Т	Варварівка
971.417	80.0	46.93	816.35	407.19	ОГР Т	
971.267	80.0	47.05	819.64	407.19	ТЯГА	
970.767	80.0	47.42	830.95	407.19	ОГР Т	
969.767	80.0	48.17	848.20	407.19	ОГР Т	
969.667	80.0	48.25	850.51	407.19	ТЯГА	
968.667	79.7	49.00	874.22	407.19	ТЯГА	
968.517	80.0	49.11	877.24	407.19	ОГР Т	
968.217	80.0	49.34	879.43	407.26	РЕГ Т	
967.817	80.0	49.65	879.62	409.03	ОГР Т	
967.617	80.0	49.80	883.06	409.03	ТЯГА	
966.617	73.2	50.58	908.54	409.03	ТЯГА	
965.617	68.8	51.43	939.66	409.03	ТЯГА	

964.617	65.8	52.32	975.64	409.03	ТЯГА	
963.617	63.8	53.24	1015.64	409.03	ТЯГА	
962.617	65.3	54.16	1055.96	409.03	ТЯГА	
961.617	65.1	55.08	1095.58	409.03	ТЯГА	
960.617	64.2	56.02	1136.74	409.03	ТЯГА	
959.617	65.9	56.95	1178.42	409.03	ТЯГА	
958.617	65.4	57.86	1216.64	409.03	ТЯГА	
957.617	69.0	58.75	1252.93	409.03	ТЯГА	
956.617	71.9	59.59	1284.15	409.03	ТЯГА	
955.617	74.1	60.40	1312.09	409.03	ТЯГА	
954.617	69.8	61.24	1341.99	409.03	ТЯГА	
953.617	67.4	62.11	1376.46	409.03	ТЯГА	
952.617	71.7	62.99	1410.84	409.03	ТЯГА	
952.314	74.0	63.24	1419.73	409.03	ТЯГА	Самойлівка
951.314	75.9	64.02	1445.86	409.03	ТЯГА	
950.314	81.6	64.80	1471.17	409.03	ТЯГА	
949.464	90.0	65.39	1487.32	409.03	ОГР Т	
948.464	90.0	66.06	1497.71	409.03	ОГР Т	
947.964	90.0	66.39	1506.16	409.03	ТЯГА	
946.964	83.7	67.08	1525.41	409.03	ТЯГА	
945.964	83.8	67.79	1545.68	409.03	ТЯГА	
944.964	84.1	68.50	1566.14	409.03	ТЯГА	
943.964	84.4	69.21	1586.30	409.03	ТЯГА	
942.964	83.4	69.93	1607.30	409.03	ТЯГА	
941.964	84.2	70.65	1628.27	409.03	ТЯГА	
941.014	80.1	71.33	1646.90	430.70	ТОРМОЖ	
940.964	80.0	71.37	1647.08	430.70	ОГР Т	
940.914	80.0	71.40	1647.08	430.77	РЕГ Т	
940.214	73.7	71.96	1647.08	462.09	ТОРМОЖ	
940.014	0.0	72.25	1647.08	556.98	КОНЕЦ	

КОНЕЦ

Расход электроэнергии 5164.3 квт-ч
 Нормальное завершение расчета

Поперегонные времена хода

Синельникове - Зайцеве	16.39
Зайцеве - Павлоград	15.18
Павлоград - Ароматна	6.49
Ароматна - Варварівка	8.11
Варварівка - Самойлівка	17.06

А.2 Результаты тяговых расчетов для вантажного руху в непарному напрямку

Километры	Скорость км/ч	Время мин.	Мех.работа 10*кН*км	Работа торм. 10*кН*км	Режим
-----------	------------------	---------------	------------------------	--------------------------	-------

Лозова-Павлоград-Синельникове
 Лозова-Павлоград-Синельникове
 Лозова-Павлоград-Синельникове
 Расчет для участка: Платф. 940 к - Синельникове
 Локомотив : 2ЕС4К. Позиция - . Кол-во секций 1
 Масса состава = 4000 т. Длина поезда = 500 м

Основное удельное сопротивление локомотива:

$$w_0 = 1.700 + 0.0100 * V + 0.000126 * V * V$$

Удельное сопротивление локомотива на холостом ходу:

$$w_0 = 1.740 + 0.0110 * V + 0.000126 * V * V$$

Основное удельное сопротивление состава:

$$w_0 = 1.200 + 0.0105 * V + 0.000153 * V * V$$

Коэффициент трения:

$$\phi = 0.360 * (1.000 * V + 150.00) / (2.000 * V + 150.00)$$

Тормозной коэффициент = 0.660

Коэффициент использования тормозной силы = 0.600

Шаг интегрирования (м) = 50

Шаг печати (м) = 1000

Километры	Платф. 940 к	Скорость км/ч	Время мин.	Мех.работа 10*кН*км	Работа торм. 10*кН*км	Режим
	940.014	0.0	0.00	0.00	0.00	СТАРТ
	941.054	39.0	2.76	52.43	0.00	ТЯГА
	942.054	64.9	3.90	98.37	0.00	ТЯГА
	943.054	75.9	4.75	130.45	0.00	ТЯГА
	944.054	83.4	5.50	154.17	0.00	ТЯГА
	945.054	86.9	6.20	174.04	0.00	ТЯГА
	946.054	89.2	6.88	192.80	0.00	ТЯГА
	946.154	86.0	6.95	193.72	0.54	РЕГ Т
	946.504	90.0	7.19	193.84	3.12	ОГР Т
	947.104	86.0	7.59	199.27	3.35	РЕГ Т
	947.804	90.0	8.08	199.39	13.86	ОГР Т
	948.454	90.0	8.51	209.27	13.86	ТЯГА
	949.454	89.6	9.18	227.44	13.86	ТЯГА
	950.454	84.0	9.87	246.71	13.86	ТЯГА
	950.804	81.8	10.12	252.98	35.49	ТОРМОЖ
	950.854	80.0	10.16	253.98	35.49	ОГР Т
	951.154	80.0	10.39	256.20	35.67	РЕГ Т
	951.654	80.0	10.78	256.26	39.86	ОГР Т
	952.315	80.0	11.27	264.42	39.86	ОГР Т
	953.215	80.0	11.95	275.39	39.97	РЕГ Т
	953.815	80.7	12.42	276.56	47.21	ТЯГА
	954.615	86.0	12.98	291.71	48.04	РЕГ Т
	955.615	86.0	13.68	291.71	63.20	РЕГ Т
	956.015	90.0	13.96	291.82	65.96	ОГР Т
	956.715	90.0	14.42	299.19	65.97	РЕГ Т
	957.115	90.0	14.70	299.20	67.87	ОГР Т
	957.615	86.0	15.03	302.12	68.09	РЕГ Т
	958.065	90.0	15.35	302.27	72.17	ОГР Т
	958.465	86.0	15.61	304.84	72.39	РЕГ Т
	959.465	86.0	16.31	304.84	91.97	РЕГ Т
	959.715	90.0	16.48	304.84	93.86	ОГР Т
	960.015	90.0	16.68	305.67	93.95	РЕГ Т
	961.015	86.0	17.38	305.67	113.93	РЕГ Т
	962.015	86.0	18.08	305.67	133.05	РЕГ Т
	963.015	86.0	18.78	305.67	146.54	РЕГ Т
	964.015	86.0	19.47	305.67	161.61	РЕГ Т
	965.015	86.0	20.17	305.67	179.94	РЕГ Т
	965.365	84.7	20.42	305.67	207.12	ТОРМОЖ
	965.415	76.0	20.46	305.67	207.99	РЕГ Т
	966.415	76.0	21.25	305.67	229.18	РЕГ Т
	967.415	76.0	22.03	305.67	248.26	РЕГ Т
	967.665	80.0	22.23	305.72	250.01	ОГР Т
	967.965	80.0	22.45	310.78	250.01	ТЯГА
	968.315	80.0	22.72	318.52	250.01	ОГР Т
	969.065	80.0	23.28	323.65	250.03	РЕГ Т
	969.665	80.0	23.73	323.66	251.74	ОГР Т
	970.665	80.0	24.48	330.90	251.74	ОГР Т
	971.065	80.0	24.78	332.86	251.75	РЕГ Т
	971.315	80.0	24.97	332.95	252.02	ОГР Т
	972.315	80.0	25.72	347.99	252.02	ОГР Т
	972.418	80.0	25.79	349.29	252.02	ОГР Т
	973.418	80.0	26.54	359.29	252.02	ОГР Т
	973.918	80.1	26.92	368.15	252.02	ТЯГА

Самойлівка

Варварівка

974.918	85.1	27.65	390.48	252.02	ТЯГА	
975.918	85.8	28.35	410.21	252.02	ТЯГА	
976.918	89.2	29.03	428.98	252.02	ТЯГА	
977.418	90.0	29.37	437.70	252.02	ОГР Т	
977.718	90.0	29.57	439.09	252.03	РЕГ Т	
978.268	90.0	29.95	439.12	254.48	ОГР Т	
979.118	90.0	30.52	444.91	254.55	РЕГ Т	
979.518	90.0	30.79	444.99	256.01	ОГР Т	
980.118	90.0	31.19	453.14	256.01	ТЯГА	
980.718	90.0	31.59	463.63	256.01	ОГР Т	
981.718	90.0	32.26	473.49	256.01	ОГР Т	
982.018	90.0	32.46	477.95	256.01	ТЯГА	
982.168	87.4	32.56	479.75	277.38	ТОРМОЖ	
982.218	80.0	32.59	481.20	277.38	ОГР Т	
982.268	79.9	32.63	482.37	277.38	ТЯГА	
983.268	79.5	33.40	506.75	277.38	ТЯГА	
983.368	80.0	33.47	507.93	277.50	РЕГ Т	
983.716	80.0	33.73	507.95	278.24	ОГР Т	Ароматна
984.566	80.0	34.37	511.63	278.26	РЕГ Т	
985.216	80.7	34.88	512.80	284.67	ТЯГА	
986.216	85.2	35.59	533.61	284.67	ТЯГА	
987.216	86.2	36.29	553.25	284.67	ТЯГА	
988.216	88.7	36.98	572.27	284.67	ТЯГА	
989.216	89.9	37.65	590.53	284.67	ТЯГА	
989.266	90.0	37.68	591.25	284.67	ОГР Т	
989.466	90.0	37.81	594.61	284.67	ТЯГА	
990.166	90.0	38.28	606.84	284.67	ОГР Т	
991.166	90.0	38.95	616.92	284.67	ОГР Т	
991.266	87.7	39.02	617.57	306.04	ТОРМОЖ	
991.366	80.0	39.09	618.09	327.61	ОГР Т	
992.366	80.0	39.84	629.85	327.61	ОГР Т	
992.817	80.0	40.18	638.57	327.61	ОГР Т	Павлоград
993.817	80.0	40.93	650.88	327.61	ОГР Т	
994.117	80.0	41.15	657.09	327.61	ТЯГА	
995.117	78.4	41.91	680.93	327.61	ТЯГА	
996.117	72.7	42.70	707.46	327.61	ТЯГА	
997.117	71.3	43.54	737.79	327.61	ТЯГА	
998.117	66.7	44.41	771.34	327.61	ТЯГА	
999.117	65.2	45.32	810.15	327.61	ТЯГА	
1000.117	63.5	46.26	851.28	327.61	ТЯГА	
1001.117	64.0	47.20	894.07	327.61	ТЯГА	
1002.117	62.6	48.14	936.45	327.61	ТЯГА	
1003.117	65.4	49.08	979.25	327.61	ТЯГА	
1004.117	64.6	50.00	1018.78	327.61	ТЯГА	
1005.117	63.4	50.94	1061.33	327.61	ТЯГА	
1006.117	67.9	51.88	1102.99	327.61	ТЯГА	
1007.117	74.9	52.70	1132.14	327.61	ТЯГА	
1008.117	75.9	53.51	1159.85	327.61	ТЯГА	
1009.117	78.5	54.27	1184.31	327.61	ТЯГА	
1010.117	79.6	55.04	1208.95	327.61	ТЯГА	
1011.117	82.8	55.78	1231.39	327.61	ТЯГА	
1011.867	81.0	56.32	1246.18	349.23	ТОРМОЖ	
1011.917	76.0	56.35	1246.18	349.51	РЕГ Т	
1012.217	80.0	56.59	1246.20	350.98	ОГР Т	
1012.567	80.0	56.85	1251.45	350.98	ТЯГА	
1013.117	80.0	57.26	1263.92	350.98	ОГР Т	
1013.374	80.0	57.46	1267.32	350.98	ОГР Т	Зайцеве
1013.874	80.0	57.83	1274.90	350.98	ТЯГА	
1014.874	76.3	58.60	1299.76	350.98	ТЯГА	
1015.874	75.6	59.39	1326.14	350.98	ТЯГА	
1016.874	73.3	60.20	1353.25	350.98	ТЯГА	
1017.874	72.8	61.03	1383.05	350.98	ТЯГА	
1018.874	74.7	61.83	1410.06	350.98	ТЯГА	

1019.874	77.5	62.62	1436.87	350.98	ТЯГА	
1020.874	82.0	63.37	1460.45	350.98	ТЯГА	
1021.874	85.3	64.09	1481.54	350.98	ТЯГА	
1022.874	86.7	64.79	1501.01	350.98	ТЯГА	
1023.674	86.0	65.33	1515.17	351.25	РЕГ Т	
1024.624	90.0	65.99	1515.25	358.71	ОГР Т	
1024.924	90.0	66.19	1519.05	358.71	ТЯГА	
1025.924	86.6	66.87	1537.35	358.71	ТЯГА	
1026.724	90.0	67.42	1551.83	358.71	ОГР Т	
1026.924	85.3	67.55	1553.23	380.12	ТОРМОЖ	
1027.124	55.0	67.73	1554.39	446.53	ОГР Т	
1028.124	55.0	68.82	1584.71	446.53	ОГР Т	
1029.124	55.0	69.91	1608.96	446.53	ОГР Т	
1030.124	55.9	71.00	1619.30	446.53	ТЯГА	
1030.374	60.0	71.26	1628.85	446.53	ОГР Т	
1031.324	59.7	72.21	1636.04	469.34	ТОРМОЖ	
1031.450	0.0	72.46	1636.14	517.04	ОГР Т	Синельникове
1031.450	0.0	72.46	1636.14	517.04	КОНЕЦ	

Синельникове

Расход электроэнергии 5132.7 квт-ч
Нормальное завершение расчета

Поперегонные времена хода

Платф. 940 к - Самойлівка	11.27
Самойлівка - Варварівка	14.52
Варварівка - Ароматна	7.94
Ароматна - Павлоград	6.44
Павлоград - Зайцеве	17.28
Зайцеве - Синельникове	15.00
Синельникове - Синельникове	-0.00

Мин. непогашенное ускорение (для V>20 км/ч), м/с² -0.556 (км 1.782)
Макс. непогашенное ускорение, м/с² 0.400 (км 7.782)

Додаток Б

Б.1 Результати тягових розрахунків для пасажирського руху в парному напрямку

Лозова-Павлоград-Синельникове

Расчет для участка: Платф. 940 к - Синельникове

Локомотив : ЧС7. Позиция - . Кол-во секций 1

Масса состава = 1000 т. Длина поезда = 500 м

Основное удельное сопротивление локомотива:

$$w_0 = 1.700 + 0.0100 * V + 0.000126 * V * V$$

Удельное сопротивление локомотива на холостом ходу:

$$w_0 = 1.740 + 0.0110 * V + 0.000126 * V * V$$

Основное удельное сопротивление состава:

$$w_0 = 1.200 + 0.0105 * V + 0.000153 * V * V$$

Коэффициент трения:

$$\phi = 0.360 * (1.000 * V + 150.00) / (2.000 * V + 150.00)$$

Тормозной коэффициент = 0.660

Коэффициент использования тормозной силы = 0.600

Шаг интегрирования (м) = 50

Шаг печати (м) = 1000

Километры	Скорость км/ч	Время мин.	Мех.работа 10*кН*км	Работа торм. 10*кН*км	Режим
Синельникове					
1031.450	0.0	0.00	0.00	0.00	СТАРТ
1030.785	60.0	1.20	19.01	0.00	ОГР Т
1029.785	55.0	2.22	21.98	0.00	ОГР Т
1028.935	55.0	3.15	24.33	0.05	РЕГ Т
1027.935	53.0	4.28	24.33	4.18	РЕГ Т
1027.035	57.6	5.29	25.72	6.80	ТЯГА
1026.035	87.2	6.12	51.95	6.80	ТЯГА
1025.035	112.5	6.71	76.14	6.80	ТЯГА
1024.535	120.0	6.97	87.16	6.80	ОГР Т
1023.535	120.0	7.47	99.55	6.80	ОГР Т
1022.535	120.0	7.97	106.11	6.80	ОГР Т
1021.535	120.0	8.47	112.00	6.80	ОГР Т
1020.535	120.0	8.97	117.37	6.80	ОГР Т
1019.535	120.0	9.47	122.64	6.80	ОГР Т
1019.035	118.0	9.72	124.47	6.81	РЕГ Т
1018.485	120.0	10.00	124.49	7.90	ОГР Т
1017.535	118.0	10.47	127.11	7.92	РЕГ Т
1016.835	116.5	10.83	127.11	14.62	ТОРМОЖ
1016.485	78.0	11.05	127.11	49.68	РЕГ Т
1015.485	80.0	11.81	127.11	50.84	РЕГ Т
1014.485	78.0	12.56	127.11	51.64	РЕГ Т
1013.835	80.0	13.06	127.14	53.78	ОГР Т
1013.373	80.0	13.41	128.64	53.78	ОГР Т
1012.823	80.0	13.82	129.87	53.79	РЕГ Т
1012.523	80.0	14.05	129.88	54.01	ОГР Т
1011.873	81.1	14.54	134.97	54.01	ТЯГА
1011.023	100.0	15.10	154.99	54.01	ОГР Т
1010.023	100.0	15.70	158.90	54.01	ОГР Т
1009.323	98.0	16.12	160.60	54.03	РЕГ Т
1008.873	100.0	16.40	160.64	54.84	ОГР Т
1007.873	100.0	17.00	165.53	54.84	ОГР Т
1007.473	100.0	17.24	166.41	54.84	РЕГ Т
1006.973	100.0	17.54	166.41	55.65	ОГР Т
1006.873	97.4	17.60	166.44	61.47	ТОРМОЖ

Зайцеве

1006.723	80.0	17.70	166.58	73.30	ОГР Т	
1005.823	80.0	18.38	170.89	73.33	РЕГ Т	
1004.823	77.0	19.15	170.89	77.77	РЕГ Т	
1003.823	77.0	19.93	170.89	83.01	РЕГ Т	
1002.823	78.0	20.72	170.89	88.80	РЕГ Т	
1001.823	77.0	21.49	170.89	93.08	РЕГ Т	
1000.823	76.0	22.28	170.89	99.69	РЕГ Т	
999.823	77.0	23.06	170.89	105.73	РЕГ Т	
998.823	82.0	23.84	172.17	110.48	ТЯГА	
998.573	87.0	24.01	177.21	110.78	РЕГ Т	
997.573	87.0	24.71	177.21	117.17	РЕГ Т	
996.573	88.0	25.39	177.21	120.14	РЕГ Т	
995.573	86.0	26.08	177.21	125.27	РЕГ Т	
994.723	90.0	26.66	177.22	127.99	ОГР Т	
994.373	88.4	26.89	177.47	133.92	ТОРМОЖ	
994.273	80.0	26.97	177.57	139.90	ОГР Т	
993.273	80.0	27.72	180.62	139.90	ОГР Т	
992.816	80.0	28.06	182.37	139.90	ОГР Т	Павлоград
991.816	80.0	28.81	186.11	139.90	ОГР Т	
991.316	81.4	29.18	189.24	139.90	ТЯГА	
990.316	103.4	29.83	213.88	139.90	ТЯГА	
990.216	105.0	29.89	215.37	139.90	ОГР Т	
989.216	105.0	30.46	219.08	139.90	ОГР Т	
988.216	105.0	31.03	223.50	139.90	ОГР Т	
987.216	105.0	31.60	229.78	139.90	ОГР Т	
986.716	99.6	31.89	231.06	145.69	ТОРМОЖ	
986.516	79.8	32.03	232.34	163.48	ТЯГА	
986.466	80.0	32.07	232.52	163.48	ОГР Т	
985.466	80.0	32.82	236.02	163.48	ОГР Т	
984.466	80.0	33.57	243.95	163.48	ОГР Т	
983.715	80.0	34.13	247.96	163.48	ОГР Т	Ароматна
982.865	80.0	34.77	252.33	163.51	РЕГ Т	
982.215	81.7	35.27	253.61	165.14	ТЯГА	
981.215	104.2	35.90	278.18	165.14	ТЯГА	
980.265	120.0	36.41	299.58	165.14	ОГР Т	
979.265	120.0	36.91	306.26	165.14	ОГР Т	
978.265	120.0	37.41	314.34	165.14	ОГР Т	
977.265	120.0	37.91	323.17	165.14	ОГР Т	
977.165	118.9	37.96	323.45	170.78	ТОРМОЖ	
976.915	90.0	38.11	323.63	193.74	ОГР Т	
975.915	90.0	38.77	329.12	193.74	ОГР Т	
975.615	90.0	38.97	330.01	193.76	РЕГ Т	
975.265	90.0	39.21	330.02	194.19	ОГР Т	
974.265	90.0	39.88	336.66	194.19	ОГР Т	
973.965	87.1	40.08	337.21	200.13	ТОРМОЖ	
973.915	80.0	40.11	337.29	200.13	ОГР Т	
972.915	80.0	40.86	340.71	200.13	ОГР Т	
972.417	80.0	41.24	342.63	200.13	ОГР Т	Барварівка
971.417	80.0	41.99	345.30	200.13	ОГР Т	
970.917	81.2	42.36	349.66	200.13	ТЯГА	
969.917	103.0	43.01	374.32	200.13	ТЯГА	
969.467	110.0	43.26	384.35	200.13	ОГР Т	
968.617	109.2	43.73	390.71	205.85	ТОРМОЖ	
968.367	80.0	43.89	390.85	229.25	ОГР Т	
968.217	80.0	44.00	390.97	229.27	РЕГ Т	
967.817	80.0	44.31	391.03	229.75	ОГР Т	
966.817	80.0	45.06	401.80	229.75	ОГР Т	
965.817	80.0	45.81	414.09	229.75	ОГР Т	
965.367	80.9	46.14	419.97	229.75	ТЯГА	
964.717	90.0	46.60	435.76	229.75	ОГР Т	
963.717	90.0	47.27	449.05	229.75	ОГР Т	
962.717	90.0	47.93	460.38	229.75	ОГР Т	
961.717	90.0	48.60	472.45	229.75	ОГР Т	

960.717	90.0	49.27	485.50	229.75	ОГР Т	
960.467	90.6	49.43	489.36	229.75	ТЯГА	
959.767	100.0	49.87	505.71	229.75	ОГР Т	
958.767	100.0	50.47	517.42	229.75	ОГР Т	
957.767	100.0	51.07	527.05	229.75	ОГР Т	
956.767	100.0	51.67	535.29	229.75	ОГР Т	
955.767	100.0	52.27	542.15	229.75	ОГР Т	
954.767	100.0	52.87	554.46	229.75	ОГР Т	
953.917	95.7	53.39	564.57	235.59	ТОРМОЖ	
953.767	80.0	53.49	565.14	247.47	ОГР Т	
952.767	80.0	54.24	573.21	247.47	ОГР Т	
952.314	80.0	54.58	574.72	247.47	ОГР Т	Самойлівка
951.314	80.0	55.33	581.01	247.47	ОГР Т	
950.814	81.6	55.71	585.05	247.47	ТЯГА	
950.164	98.0	56.13	599.96	247.59	РЕГ Т	
949.514	100.0	56.53	600.00	249.28	ОГР Т	
948.514	100.0	57.13	603.22	249.28	ОГР Т	
947.514	100.0	57.73	610.96	249.28	ОГР Т	
946.514	100.0	58.33	618.80	249.28	ОГР Т	
945.514	100.0	58.93	625.75	249.28	ОГР Т	
944.514	100.0	59.53	631.64	249.28	ОГР Т	
944.314	100.9	59.65	633.68	249.28	ТЯГА	
943.314	115.5	60.21	657.50	249.28	ТЯГА	
942.964	120.0	60.38	664.80	249.28	ОГР Т	
941.964	120.0	60.88	671.64	249.28	ОГР Т	
941.314	118.6	61.21	676.72	254.92	ТОРМОЖ	
940.964	80.0	61.43	676.77	289.81	ОГР Т	
940.914	80.0	61.47	676.77	289.83	РЕГ Т	
940.214	73.7	62.01	676.77	298.51	ТОРМОЖ	
940.014	0.0	62.30	676.77	324.85	КОНЕЦ	

КОНЕЦ
Расход электроэнергии 994.1 квт-ч
Нормальное завершение расчета

Поперегонные времена хода	
Синельникове - Зайцеве	13.41
Зайцеве - Павлоград	14.65
Павлоград - Ароматна	6.07
Ароматна - Варварівка	7.11
Варварівка - Самойлівка	13.34

Б.1 Результаты тяговых расчетов для пассажирского руху в непарному напрямку

Лозова-Павлоград-Синельникове
Расчет для участка: Платф. 940 к - Синельникове
Локомотив : ЧС7. Позиция - . Кол-во секций 1
Масса состава = 1000 т. Длина поезда = 500 м

Километры	Скорость км/ч	Время мин.	Мех.работа 10*кН*км	Работа торм. 10*кН*км	Режим
Платф. 940 к					
940.014	0.0	0.00	0.00	0.00	СТАРТ
941.029	67.8	1.58	29.93	0.00	ТЯГА
942.029	98.2	2.30	55.26	0.00	ТЯГА
943.029	118.0	2.86	79.06	0.00	ТЯГА
943.179	120.0	2.93	81.53	0.00	ОГР Т
944.179	118.9	3.43	83.84	5.64	ТОРМОЖ
944.379	100.0	3.54	83.99	22.77	ОГР Т
945.379	100.0	4.14	87.63	22.77	ОГР Т
946.029	100.0	4.53	90.55	22.78	РЕГ Т
946.479	100.0	4.81	90.58	23.58	ОГР Т

947.079	100.0	5.17	92.36	23.59	РЕГ Т	
947.779	100.0	5.60	92.39	26.23	ОГР Т	
948.779	100.0	6.20	97.72	26.23	ОГР Т	
949.779	100.0	6.80	104.66	26.23	ОГР Т	
950.679	99.6	7.34	113.61	32.04	ТОРМОЖ	
950.829	80.0	7.44	113.91	43.82	ОГР Т	
951.129	80.0	7.66	114.66	43.84	РЕГ Т	
951.679	80.0	8.09	114.71	45.01	ОГР Т	
952.315	80.0	8.56	116.96	45.01	ОГР Т	Самойлівка
953.215	80.0	9.24	120.04	45.04	РЕГ Т	
953.815	81.9	9.70	121.32	47.03	ТЯГА	
954.415	97.0	10.09	134.95	47.23	РЕГ Т	
955.415	98.0	10.71	134.95	51.16	РЕГ Т	
955.965	100.0	11.04	134.96	52.40	ОГР Т	
956.765	98.0	11.52	137.39	52.41	РЕГ Т	
957.115	100.0	11.74	137.41	52.76	ОГР Т	
957.615	98.0	12.04	138.43	52.80	РЕГ Т	
958.015	100.0	12.28	138.44	53.75	ОГР Т	
958.465	98.0	12.55	139.38	53.79	РЕГ Т	
959.465	97.0	13.17	139.38	58.76	РЕГ Т	
959.715	100.0	13.33	139.41	59.19	ОГР Т	
960.015	100.0	13.51	139.76	59.19	РЕГ Т	
960.415	96.6	13.75	139.76	66.47	ТОРМОЖ	
960.515	86.0	13.82	139.76	72.71	РЕГ Т	
961.515	87.0	14.51	139.76	77.97	РЕГ Т	
962.515	88.0	15.20	139.76	82.65	РЕГ Т	
963.515	87.0	15.88	139.76	85.72	РЕГ Т	
964.515	87.0	16.57	139.76	90.92	РЕГ Т	
965.365	84.7	17.16	139.76	101.32	ТОРМОЖ	
965.415	77.0	17.20	139.76	101.56	РЕГ Т	
966.415	77.0	17.98	139.76	107.42	РЕГ Т	
967.415	78.0	18.76	139.76	112.68	РЕГ Т	
967.665	80.0	18.95	139.77	113.16	ОГР Т	
968.415	81.4	19.51	144.84	113.16	ТЯГА	
969.415	106.7	20.15	169.42	113.16	ТЯГА	
969.565	110.0	20.24	171.84	113.16	ОГР Т	
970.565	110.0	20.78	174.90	113.16	ОГР Т	
970.715	106.9	20.86	175.33	118.90	ТОРМОЖ	
970.965	80.0	21.03	175.35	142.40	ОГР Т	
971.115	80.0	21.14	175.36	142.41	РЕГ Т	
971.315	80.0	21.29	175.39	142.47	ОГР Т	
972.315	80.0	22.04	179.60	142.47	ОГР Т	
972.418	80.0	22.12	179.96	142.47	ОГР Т	Варварівка
973.418	80.0	22.87	182.77	142.47	ОГР Т	
973.918	81.3	23.24	186.20	142.47	ТЯГА	
974.318	90.0	23.52	195.27	142.47	ОГР Т	
974.618	90.0	23.72	195.93	142.49	РЕГ Т	
975.018	90.0	23.99	195.96	143.00	ОГР Т	
976.018	90.0	24.66	201.06	143.02	РЕГ Т	
976.218	90.0	24.79	201.09	143.06	ОГР Т	
976.968	91.2	25.29	204.86	143.06	ТЯГА	
977.968	113.2	25.88	228.98	143.06	ТЯГА	
978.318	120.0	26.06	236.09	143.06	ОГР Т	
979.268	118.0	26.54	238.85	143.06	РЕГ Т	
979.418	120.0	26.61	238.87	143.07	ОГР Т	
980.418	120.0	27.11	244.29	143.07	ОГР Т	
981.418	120.0	27.61	249.20	143.07	ОГР Т	
981.918	118.3	27.86	250.82	148.71	ТОРМОЖ	
982.218	80.0	28.05	251.22	177.62	ОГР Т	
983.218	80.0	28.80	258.56	177.62	ОГР Т	
983.268	80.0	28.83	258.56	177.63	РЕГ Т	
983.716	80.0	29.17	258.57	177.88	ОГР Т	Ароматна
984.566	80.0	29.81	259.62	177.89	РЕГ Т	

985.466	80.0	30.50	259.65	180.23	ОГР Т	
986.466	80.0	31.25	263.13	180.23	ОГР Т	
986.616	81.4	31.36	264.77	180.23	ТЯГА	
987.616	103.8	32.01	289.43	180.23	ТЯГА	
987.716	105.0	32.06	290.81	180.23	ОГР Т	
988.716	105.0	32.64	295.28	180.23	ОГР Т	
989.716	105.0	33.21	300.57	180.23	ОГР Т	
990.716	105.0	33.78	304.58	180.23	ОГР Т	
991.166	100.9	34.04	306.15	186.01	ТОРМОЖ	
991.366	80.0	34.17	306.29	203.75	ОГР Т	
992.366	80.0	34.92	309.59	203.75	ОГР Т	
992.817	80.0	35.26	312.02	203.75	ОГР Т	Павлоград
993.817	80.0	36.01	315.47	203.75	ОГР Т	
994.317	81.1	36.39	319.69	203.75	ТЯГА	
994.767	90.0	36.70	330.17	203.75	ОГР Т	
995.767	90.0	37.37	341.05	203.75	ОГР Т	
996.767	90.0	38.03	352.05	203.75	ОГР Т	
997.767	90.0	38.70	364.02	203.75	ОГР Т	
998.767	90.0	39.37	377.16	203.75	ОГР Т	
998.817	87.0	39.40	377.16	209.68	ТОРМОЖ	
998.867	80.0	39.44	377.76	209.68	ОГР Т	
999.867	80.0	40.19	390.52	209.68	ОГР Т	
1000.867	80.0	40.94	403.18	209.68	ОГР Т	
1001.867	80.0	41.69	415.78	209.68	ОГР Т	
1002.867	80.0	42.44	427.53	209.68	ОГР Т	
1003.867	80.0	43.19	438.83	209.68	ОГР Т	
1004.867	80.0	43.94	452.17	209.68	ОГР Т	
1005.867	80.0	44.69	463.63	209.68	ОГР Т	
1006.167	80.0	44.91	464.38	209.70	РЕГ Т	
1006.417	80.0	45.10	464.40	209.75	ОГР Т	
1006.767	81.4	45.36	466.49	209.75	ТЯГА	
1007.767	99.6	46.02	491.28	209.75	ТЯГА	
1007.817	100.0	46.05	491.53	209.75	ОГР Т	
1008.817	100.0	46.65	495.58	209.75	ОГР Т	
1009.817	100.0	47.25	504.43	209.75	ОГР Т	
1010.817	100.0	47.85	508.91	209.75	ОГР Т	
1011.767	94.9	48.43	513.05	215.59	ТОРМОЖ	
1011.917	78.0	48.53	513.05	227.56	РЕГ Т	
1012.217	80.0	48.76	513.05	227.95	ОГР Т	
1013.217	80.0	49.51	518.43	227.95	ОГР Т	
1013.374	80.0	49.63	519.00	227.95	ОГР Т	Зайцеве
1014.374	80.0	50.38	526.58	227.95	ОГР Т	
1015.374	80.0	51.13	535.14	227.95	ОГР Т	
1016.374	80.0	51.88	543.21	227.95	ОГР Т	
1016.574	81.0	52.03	545.92	227.95	ТЯГА	
1017.574	97.3	52.70	570.82	227.95	ТЯГА	
1018.574	114.7	53.27	594.72	227.95	ТЯГА	
1019.124	120.0	53.55	606.78	227.95	ОГР Т	
1020.124	120.0	54.05	612.67	227.95	ОГР Т	
1021.124	120.0	54.55	617.65	227.95	ОГР Т	
1022.124	120.0	55.05	622.13	227.95	ОГР Т	
1023.124	120.0	55.55	628.27	227.95	ОГР Т	
1023.674	118.0	55.82	629.15	227.96	РЕГ Т	
1024.574	120.0	56.28	629.19	228.76	ОГР Т	
1025.574	120.0	56.78	635.82	228.76	ОГР Т	
1026.424	118.0	57.21	642.80	228.82	РЕГ Т	
1026.674	115.9	57.33	642.80	234.69	ТОРМОЖ	
1027.124	55.0	57.66	643.13	282.13	ОГР Т	
1028.124	55.0	58.75	651.59	282.13	ОГР Т	
1029.124	55.0	59.84	658.37	282.13	ОГР Т	
1030.124	57.3	60.93	662.03	282.13	ТЯГА	
1030.224	60.0	61.03	663.56	282.13	ОГР Т	
1031.224	60.0	62.03	665.84	282.13	ОГР Т	

1031.324	59.7	62.13	665.98	288.47	ТОРМОЖ	
1031.450	0.0	62.38	666.01	301.71	ОГР Т	Синельникове
1031.450	0.0	62.38	666.01	301.71	КОНЕЦ	

Синельникове

Расход электроэнергии 1072.3 квт-ч
 Нормальное завершение расчета

Поперегонные времена хода

Платф. 940 к - Самойлівка	8.56
Самойлівка - Варварівка	13.56
Варварівка - Ароматна	7.05
Ароматна - Павлоград	6.09
Павлоград - Зайцеве	14.37
Зайцеве - Синельникове	12.76
Синельникове - Синельникове	-0.00