

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій

Факультет Львівського інституту  
(назва факультету)

Кафедра «Рухомий склад залізниць і колія»  
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи  
бакалавра  
(ступінь вищої освіти)

на тему: Аналіз впливу експлуатації нового типу локомотива на показники роботи депо «Ковель»

за освітньою програмою Локомотиви та локомотивне господарство  
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: ЛГ19117

(підпис студента)

/ Дмитро ВОЙТЮК /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

/ доцент Ярослав БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:

(підпис)

/ викладач Іван КРАВЕЦЬ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент

(підпис)

Львів – 2022 рік

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

Faculty of the Lviv institute

---

(faculty)

Railways rolling stock and track

---

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

bachelor

(higher education degree)

on the topic: Analysis of the impact of the operation of a new type of locomotive on the performance indicators of the depot "Kovel"

according to educational curriculum Locomotives and locomotive economy

in the Speciality: 273 "Railway transport"

(speciality and its code )

Done by the student of the group: LG19117 / Dmytro VOITUCK /

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Yaroslav BOLZHELARSKYI /

(position, name, surname)

Normative controller :

/ lecturer Ivan KRAVETS /

(position, name, surname)

## ЗМІСТ

ПЕРІЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП .....	8
<b>1 РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ТЯГОВИХ ПЛІЧ ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО</b>	
КОВЕЛЬ.....	10
1.1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЯГОВИХ ПЛІЧ .....	10
1.2 ОРГАНІЗАЦІЯ ПОДОВЖЕНОГО ТЯГОВОГО ПЛЕЧА КОВЕЛЬ-ЛЬВІВ-ІВАНО- ФРАНКІВСЬК.....	12
1.3 КОРОТКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ОПИС ТА ТЯГОВІ ПАРАМЕТРИ ЕЛЕКТРОВОЗА ДС3 У ПОРІВНЯННІ З ТЕПЛОВОЗОМ 2М62 .....	14
<b>2 ПОРІВНЯЛЬНІ ТЯГОВІ РОЗРАХУНКИ.....</b>	<b>20</b>
2.1 ВИБІР ВИХІДНИХ ДАНИХ .....	20
2.2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОГО ПІДЙОМУ .....	20
2.3 СПРЯМЛЕННЯ ПРОФІЛЮ КОЛІЇ.....	22
2.4 РОЗРАХУНОК МАСИ СКЛАДУ.....	24
2.5 ПОБУДОВА ДІАГРАМИ ПИТОМИХ РІВНОДІЮЧИХ СИЛ.....	27
2.6 РІШЕННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ЗАДАЧІ .....	29
2.7 ПОБУДОВА КРИВИХ ШВИДКОСТІ, ЧАСУ ХОДУ ПОЇЗДА, СТРУМУ ЕЛЕКТРОВОЗА.....	33
2.8 ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ ХОДУ ПОЇЗДА ПО ПЕРЕГОНАХ.....	35
2.9 ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ЛОКОМОТИВАМИ.....	36
<b>3 РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ</b>	
<b>ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ НА ПОДОВЖЕНОМУ</b>	
<b>ТЯГОВОМУ ПЛЕЧІ .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1 ВИБІР ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА СПОСОБУ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПОЇЗДІВ</b>	
<b>ЛОКОМОТИВАМИ.....</b>	<b>40</b>

					0041.190535.01.ВКР.ПЗ			
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Аналіз впливу експлуатації нового типу локомотива на показники роботи депо «Ковель»	Літера	Аркуш	Аркушів
розробив		Дмитро ВОЙТЮК	<i>[підпис]</i>	10.06.				
консульт								
періварник		Я. БОЛЖЕЛАРСЬКИЙ	<i>[підпис]</i>	10.06.20				
кер.контр.		Іван КРАВЕЦЬ	<i>[підпис]</i>	10.06.20				
ав.каф.		Олена БАЛЬ	<i>[підпис]</i>	12.06.20				
						ЛІ УДУНТ		



## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

(рівень освіти)

63 с., 0 рис., 6 табл., 1 додаток, 15 джерел.

Об'єкт розробки – система технічної експлуатації локомотивів депо Ковель.

Мета роботи – підвищення ефективності використання локомотивів у депо Ковель шляхом впровадження нового типу локомотива та раціоналізації тягових пліч.

Методи дослідження – порівняльний метод, метод тягових розрахунків, метод розрахунку показників використання локомотивів.

Проаналізовано тягові плечі локомотивного депо Ковель у поєднанні з тенденціями розвитку залізничної мережі України. Запропоновано організувати подовжене тягове плече Ковель-Львів-Івано-Франківськ. Запропоновано впровадити у вантажному русі електровоз ДСЗ (дві секції) замість тепловоза 2М62.

Для запропонованого тягового плеча визначено кількісні та якісні показники використання локомотивів. Встановлено, що внаслідок запропонованих заходів показники використання локомотивів покращились.

Ключові слова: ЛОКОМОТИВ, ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ, ПОКРАЩЕННЯ, ПОДОВЖЕНЕ ТЯГОВЕ ПЛЕЧЕ, ТЯГОВІ РОЗРАХУНКИ

**ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,  
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ДНУЗТ	Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
ПР	Поточний ремонт
ПТР	Правила тягових розрахунків
ТО	Технічне обслуговування
ТРС	Тяговий рухомий склад
УДУНТ	Український державний університет науки і технологій

						Арк.
						7
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Однією з найважливіших ланок залізничного транспорту є локомотивне господарство. На його долю припадає 11,5% основних фондів і 40% експлуатаційних витрат залізниць. З усіх експлуатаційних витрат локомотивного господарства, 10% припадає на технічне обслуговування локомотивного парку. За строк служби локомотива витрати на ремонт в 10-12 разів перевищують його попередню вартість [1].

Локомотивне господарство відіграє важливу роль в усій системі залізничного транспорту. У ньому працюють 23% усіх робітників залізничного транспорту, на нього припадає 40% експлуатаційних витрат, 23% витрат енергоносіїв, близько 13% основних фондів.

Питання ефективної роботи локомотивного господарства було актуальним протягом усієї історії розвитку залізничного транспорту. Науковий доробок у даному питанні знайшов своє відображення у значній кількості навчальних праць, за якими проводилась і проводиться підготовка студентів залізничних закладів вищої освіти. Серед цих праць необхідно виділити праці С.Я. Айзинбуда, Б.І. Вількевича, В.М. Казакова та ін.

Так, праця [2] стала у певній мірі, класичним підручником, у якому розглядається система експлуатації локомотивів залізниць бувшого СРСР. Автори приводять методи розрахунку основних показників використання локомотивів і роботи депо, описується прийнята на той час система показників, наводяться актуальні для того часу заходи з їх покращення.

Більш актуальна інформація стосовно до сьогодення наведена у [3, 4], які були видані перед розпадом СРСР.

Стосовно ж наукових праць, які опубліковані уже після здобуття Україною незалежності і аж до сьогоденного часу, слід виділити праці, які виконані на кафедрах «Локомотиви», «Управління експлуатаційною роботою», а також у Львівському інституті УДУНТ (тоді ДНУЗТ). Це праці Д.В., Бобиря, Б.Є. Боднара, Ю.М. Германюк, М.І. Капіци, О.Б. Очкасова та ін [5-9].

У даних працях розглядаються різні аспекти організації роботи локомотивів

						Арк.
						8
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

та покращення показників їх використання: оцінка роботи локомотивного парку з використанням методів зменшення розмірності [5], моделювання організації ремонту локомотивів з використанням новітніх методів обробки інформації [6], вплив системи обслуговування локомотивів на організацію роботи депо [7], різні стратегії експлуатації, ТО та ремонту локомотивів та їх вплив на показники роботи депо [8], методи оцінки використання локомотивів у міжнародних перевезеннях з впровадженням нових показників ефективності [9], а також ряд інші праць.

Усі ці праці об'єднують пошук шляхів покращення показників використання локомотивів та підвищення ефективності локомотивного парку, що, у свою чергу, має призвести до зниження експлуатаційних затрат.

Слід зазначити, що практично усі автори відзначають роль оновлення локомотивного парку а також збільшення довжини тягових пліч і безперервної роботи локомотива у питанні підвищення ефективності використання локомотивів.

Таким чином можна стверджувати, що обрана тема випускної кваліфікаційної роботи є актуальною.

Метою роботи є підвищення ефективності використання локомотивів у депо Ковель за рахунок організації подовженого тягового плеча та впровадження нового типу локомотива.

Для досягнення вказаної мети необхідно проаналізувати схему тягових пліч локомотивного депо Ковель, співставити їх з напрямками подальшого розвитку залізничної мережі України, запропонувати організацію подовженого тягового плеча і перевірити можливість реалізації даного заходу а також провести порівняльні тягові розрахунки при умові застосування нового та існуючого типу локомотива з метою виявлення впливу даного заходу на покращення показників.

						Арк.
						9
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

# 1 РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ТЯГОВИХ ПЛІЧ ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО КОВЕЛЬ

## 1.1 Загальна характеристика тягових пліч

Основне локомотивне депо Ковель є відокремленим структурним підрозділом регіональної філії «Львівська залізниця» АТ «Укрзалізниця».

Депо Ковель є одним з найкрупніших депо Львівської залізниці, яке крім вантажних і пасажирських перевезень, проводить всі види поточних ремонтів та технічних оглядів рухомого складу як власної приписки так і для інших локомотивних депо

У загальну структуру депо входять:

- основне локомотивне депо Ковель;
- оборотне депо Ківерці;
- цех по обслуговуванню колії 750 мм на ст. Антонівка;
- пункт перестановки локомотивів на ст. Нові Кошари.

У локомотивному депо Ковель працює 896 чоловік, в тому числі: 196 – жінок, 330 – локомотивних бригад, 135 – слюсарів по ремонту рухомого складу, 60 – провідників.

Потужність виробничих приміщень для виробництва поточного ремонту ПР-3, ПР-2 складає шість секцій в місяць. 06.09.2007 року згідно графіка головного управління локомотивного господарства ЦТ депо атестовано на право виконання ремонту тепловозів серії М62 всіх індексів у обсязі поточного ремонту ПР-3.

Приписний парк тягового рухомого складу складає – 84 одиниці. Структура приписного парку депо наведена у табл. 1.1.

Депо обслуговує усі не електрифіковані напрямки, що прилягають до міста Ковель, а також експлуатує усі маневрові локомотиви, що працюють на станціях Ковельського вузла, прилеглих станціях і прикордонних переходах. Локомотивні бригади ТЧ-7 обслуговують пасажирські поїзди з електровозною тягою на плечі Ковель – Здолбунів – Шепетівка.

						Арк.
						10
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Оборотне депо Ківерці є експлуатаційним, де проводиться технічне обслуговування маневрових тепловозів та їх екіпіровка.

Таблиця 1.1 – Приписний парк ТРС локомотивного депо Ковель

Вид рухомого складу	Серія	Кількість
Тепловози колії 1520 мм	2М62	28
	2М62У	21
	М62	9
	ЧМЭЗ	14
	ДПЛ1	3
Тепловози колії 1435 мм	М62	3
Тепловози колії 750 мм	ТУ2	2
	ТУ7	2
Крани на залізничному ходу	КЖДЕ-16	2
	КДЕ-163	3

Основні параметри локомотивного депо наведені у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні параметри локомотивного депо Ковель

Характеристика депо	Одиниця виміру	Значення
Площа тягової території у т.ч. – забудовна	м <sup>2</sup>	74530
		12025
Загальна корисна довжина колій у т.ч. на тяговій території у спорудах депо	м	6085
		5553
		532
Загальна корисна площа цехів у т.ч. стійлової частини майстерень та підсобних цехів службово-побутових приміщень	м <sup>2</sup>	12025
		4655
		4693
		2677
Загальна кількість стійл	од.	14

Депо обслуговує тягові плечі, схема та характеристика яких наведена на листі графічної частини.

						Арк.
						11
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## 1.2 Організація подовженого тягового плеча Ковель-Львів-Івано-Франківськ

Обслуговування поїздів локомотивами здійснюється за певними схемами. Ці схеми напрацьовані практикою і застосування кожної з них залежить від багатьох факторів, а саме: від розміщення на лінії основних і оборотних депо, транзитності вантажепотоку, типу графіку руху і т.д.

Застосовуються плечовий, петлевий та кільцевий спосіб обслуговування поїздів локомотивами, недоліки і переваги яких детально описані у [17-19].

На деяких дорогах практикується організація руху за системою накладних плеч, коли одна ділянка обороту обслуговується локомотивами різних депо. Це вигідно, але потребує більш високої управлінської дисципліни і чіткого диспетчерського керівництва [18-19].

З подовженням ділянок обертання локомотивів у пасажирському русі при змінній їзді: по-перше, підвищується використання локомотивів за рахунок скорочення часу перебування їх на технічних станціях через зменшення числа кінцевих пунктів обороту; по-друге, зменшуються непродуктивні витрати на зміну локомотивних бригад у цих пунктах за рахунок проведення її (на транзитних поїздах) не на деповських коліях, а безпосередньо на станції. Це дає можливість скоротити час роботи бригад на напрямку в середньому на 10-15%. У ряді випадків при подовженні ділянок обертання створюються умови для подовження ділянок роботи бригад; по-третє, при подовженні ділянок обертання через скасування пунктів обороту і перетворення їх у пункти перечеплення локомотивів через пропуск їх без відчеплення від транзитних поїздів на 5-7 хвилин скорочуються технологічні норми стоянки поїздів, на 12-14% зменшується завантаження приймально-відправних колій і до 30% стрілочних горловин; завдяки зменшенню числа переміщень тепловозів по станційних коліях скорочується витрата палива; по-четверте, подовження ділянок обертання сприяє концентрації технічного обслуговування і поточних ремонтів локомотивів і веде до зменшення числа депо і кінцевих пунктів обороту [18].

						Арк.
						12
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Разом з тим, з подовженням ділянок обертання ускладнюється своєчасне пересилання електровозів і тепловозів зі станцій їхнього надлишку в пункти збільшеної потреби через добову нерівномірність руху поїздів, ускладнюється своєчасна постановка локомотивів на поточні ремонти і технічне обслуговування. А несвоєчасне відсилання локомотивів у пункти їх недоліку, через складність здійснення регулювальних мір на подовжених ділянках, викликають простої готових поїздів.

Тому, для забезпечення своєчасного вивозу поїздів з дільничних і сортувальних станцій, необхідно на цих пунктах підтримувати визначене число локомотивів (додатковий парк) понад частку справних по нерівномірності руху. Додатковий парк локомотивів, як показали дослідження, залежить від розмірів руху, характеру вагонопотоків на напрямку, технічного оснащення лінії, непарності руху і системи змінно-добового планування поїзної роботи (тобто глибини і точності прогнозу розмірів руху), і вимірюється в розмірах від 2 до 12%. Крім того, з подовженням ділянок обертання зростають резервні пробіги як справних локомотивів, що впливають для заміни несправних, так і самих несправних локомотивів при проходженні їх у депо і на ремонти. Тому витрати, пов'язані з заміною локомотивів у шляху проходження, з подовженням ділянок обертання збільшуються. Для ділянок обертання однакової довжини ці витрати залежать від «рейсової» надійності локомотивів, виду тяги, завантаження напрямку і розміщення пристроїв локомотивного господарства.

У зв'язку з тим, що з подовженням ділянки обертання одна група витрат скорочується, а друга зростає, найвигідніша, по техніко-економічних розуміннях, (оптимальна) довжина ділянки обертання локомотивів буде відповідати мінімуму сумарних витрат, віднесених на 1 км. Розрахунками підтверджується, що оптимальна довжина ділянки обертання залежить від характеру поїздопотоків на напрямку, довжині ділянки роботи локомотивних бригад, виду тяги, числа головних шляхів на перегоні.

Але треба враховувати, що збільшення ділянок обертання з заходом ТРС на інші залізниці (відділення) може приводити до значного погіршення технічного

						Арк.
						13
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

стану локомотивів [18].

У випускній кваліфікаційній роботі для депо Ковель пропонується організувати подовжене тягове плече Ковель-Львів-Івано-Франківськ з перспективою електрифікації напрямку Львів-Івано-Франківськ. Вибір вказаного плеча обумовлений тим, що воно є складовою частиною напрямку Ягодин-Чернівці і далі на Румунію, тобто є перспективним з точки зору розвитку європейських транспортних коридорів.

У теперішній час вантажний рух по даному плечі здійснюється тепловозами серії 2М62. Практично завершена електрифікація ділянки Ковель-Володимир-Волинський, що є складовою даного плеча і у віддаленій перспективі планується електрифікація ділянки Львів – Івано-Франківськ.

Слід зазначити, що ділянка Ковель-Володимир-Волинський електрифікується на змінному струмі, а ділянку Львів-Івано-Франківськ доцільно електрифікувати на постійному струмі. У зв'язку з цим доцільним є застосування двохсистемних електровозів на даній ділянці.

### **1.3 Короткий технічний опис та тягові параметри електровоза ДС3 у порівнянні з тепловозом 2М62**

Пропонується перевезення на проєктованому плечі здійснювати двохсистемним електровозами ДС3 спільного виробництва ДЕВЗ та фірми Siemens замість морально та фізично застарілих тепловозів 2М62.

Магістральний електровоз ДС3 призначений для роботи з вантажними і пасажирськими поїздами на залізницях України і країн СНД, електрифікованих на змінному струмі промислової частоти (50 Гц) і напруги в контактній мережі 25 кВ. Основні параметри і розміри електровоза ДС3, які отримані з [10, 11] наведені на листі графічної частини.

Електровоз ДС3 принципово відрізняється від електровозів, які експлуатуються на Львівській залізниці. Розглянемо та проаналізуємо ці відмінності.

Як бачимо, у електровоза ДС3 значне навантаження на вісь, що при

						Арк.
						14
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

високих швидкостях руху може робити негативний вплив на верхню будову колії і, відповідно, на саму механічну частину. При експлуатації електровозів ДСЗ в локомотивному депо Київ-Пасажирський виявлено, що механічна частина електровоза – найбільш проблемна. Найбільша кількість відмов електровозів трапляється саме через поломки механічної частини.

Механічна частина електровоза складається із кузова, двох візків та зв'язків візків з кузовом [11].

Візки електровоза виконані двохвісними, безшкворневими, нез'єднаними. В склад візка входить рама, гальмова система, колісні пари з тяговими двигунами, підвішування ресорне, гідродемпфери, пристрій гребнезмащування, установка тягового пристрою, установка колісно-моторних блоків на візку.

Установка тягового пристрою візка призначена для передачі тягових і гальмових зусиль між рамою візка і похилою тягою зв'язків візка з кузовом. Установка складається із двох тяг, з'єднаних шарнірно між собою, а також з двома кронштейнами середнього бруса і одним кронштейном кінцевого бруса рами візка. Всі шарнірні з'єднання виконані за допомогою валиків, які контактують з втулками із марганцю, які запресовані в відповідні отвори тяг, кронштейнів рами візка та зафіксовані планкою, болтом, гайкою.

Установка колісно-моторних блоків призначена для кріплення тягового двигуна і одного кінця тягового редуктора до рами візка. Кріплення двигуна до рами жорстке, а редуктора – пружне (опорно-рамне підвішування тягового двигуна і опорно-вісьове підвішування тягового редуктора – передача II класу).

Ресорне підвішування кожного буксового вузла складається із балансира та чотирьох циліндричних пружин. Для демпферування вертикальних коливань паралельно пружинам встановлений гідравлічний гасник коливань. Гасник кріпиться до рами візка і кришки букси.

Важільна гальмова система виконана з двостороннім натиском колодок на кожне колесо. На візку розміщені два гальмових циліндри з авторегуляторами. Наявність авторегулятора дозволяє не проводити яких-небудь регулювань важільної передачі до повного зношення гальмових колодок. Регулювання

						Арк.
						15
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

проводиться тільки при заміні зношених гальмових колодок і після обточки колісної пари і заключається у встановленні правильних зазорів гальмових колодок з колесом. Конструкція механічної частини виконана складно і при заміні колодок та регулюванні зазорів в обслуговуючого персоналу виникають деякі труднощі, що, в свою чергу, призводить до збільшення часу роботи слюсарів-ходовиків при технічному обслуговуванні та ремонтах.

Колісно-моторний блок складається із колісної пари (букс, колісного центра, бандажного кільця, бандажа) з редуктором, тягового двигуна АД-914 з торсіонним валом і кронштейна для кріплення тягового двигуна до рами [11].

Зубчата передача призначена для передачі обертового моменту з торсіонного вала на колісну пару. Вона виконана жорсткою, шевронною. Зубчате колесо виконане складним із центра та вінця. Центр зубчатого колеса з'єднаний із вінцями за допомогою прецезійних болтів, центр розміщений на вісі колісної пари. Зубчата передача змонтована в корпусі редуктора. Корпус редуктора складається із двох частин – нижньої і верхньої, зварених із листової сталі і скріплених між собою болтами з гайками і пружинними шайбами. На нижній половині корпуса розміщені пробки з магнітними вкладишами, що вловлюють частинки металу для запобігання попадання їх в зону контакту зубчатого колеса та шестерні. Тяговий редуктор одною стороною опирається на колісну пару, а іншою підвішений до рами візка при допомозі резинометалевих втулок.

Зубчата муфта служить для передачі обертового моменту з вала тягового двигуна до редуктора. Вона виконана з можливістю вісьового переміщення  $\pm 20$  мм і кутового  $\pm 1,5^\circ$ . Складається із двох зубчатих напівмуфт.

Букса електровоза безчелюсна роликів з резинометалевими елементами. В кожній буксі по два роликів підшипника фірми FAG. Конструкція букси дозволяє проводити обточку колісних пар без розбирання букс.

На трансформаторній балці та буферному брусі для обмеження повздовжніх переміщень візків в напрямку до осі електровоза встановлені упори, які представляють собою коробчасту конструкцію з листового прокату.

						Арк.
						16
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Вага кузова передається на візок за допомогою коліскових підвісок, проміжних балок, комплектів дворядних пружин.

Кожна проміжна балка опирається на три комплекти пружин і шарнірно з'єднана кронштейном на середній балці рами візка, а також з повздовжніми реактивними тягами, зв'язаними за допомогою резинових шайб з кронштейнами на боковинах рами візка. На всіх рухомих з'єднаннях встановлені підшипники, які мають антифрикційне покриття, яке саме змащує робочі поверхні напротязі всього терміну служби (з ДСЗ-015). З кожної бокової сторони візка між рамою візка і рамою кузова встановлено по два гідравлічних амортизатора, в вузлах кріплення яких використані шарнірні підшипники ШС40.

Переміщення візків відносно кузова в поперечному напрямі обмежується боковими упорами, розміщеними посередині боковин з зовнішньої сторони візків. В якості пружних елементів в упорі використані пружина і резинометалевий амортизатор. Така конструкція дозволила відмовитись від шкворневого вузла, що значно полегшує обслуговування механічної частини.

Кузов електровоза вагонного типу несучої конструкції обтічної форми з двома кабінами машиніста. Особливістю кузова є те, що бокові стінки зварної конструкції утворюють пісочниці. При експлуатації електровозів ДСЗ виявлено, що недостатня механічна міцність кузова призводить до так званого «короблення» кузова, що призвело до появи тріщин на лобовому склі кабіни машиніста.

Кабіна машиніста тепло- і звукоізолювані спеціальними матеріалами, які дозволяють в повній мірі реалізувати оснащення кабіни кондиціонерами, калориферами, що в свою чергу підвищує степінь комфортності і відповідає санітарно-гігієнічним нормам. Кабіна машиніста обладнана принципово новим обладнанням – пультом управління із розміщеним на ньому інформаційному моніторі, новими приладами безпеки та контролю пильності машиніста.

На електровозі в автозчипному пристрої використовується еластомерний поглинаючий апарат типу 73ZW, який в порівнянні з традиційними пружинно-фрикційними апаратами має наступні переваги: більша енергоємність при

						Арк.
						17
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

низькій кінцевій силі, яка переноситься на конструкцію електровоза; велика стабільність характеристики в широкому діапазоні робочих температур від – 60 до +60°С; відсутність заклинювання; легкий монтаж і демонтаж; легка консервація і догляд.

Поглинальний апарат обладнаний високонадійними еластомерними амортизаторами, встановленими в потужному корпусі. Дякуючи плавній характеристиці і високому енергопоглинанню, сила і прискорення, які впливають на раму електровоза і обладнання, більш низькі, в результаті чого збереження кузова, обладнання, встановленого на ньому, і безпека руху підвищуються. Амортизуюча речовина, яка використовується в цьому апараті зберігає свої фізико-хімічні властивості на протязі десятиріч і не забруднює навколишнє середовище.

Суттєвою перевагою електровоза ДСЗ є наявність асинхронного тягового електроприводу (тяговий двигун АД-914). Ця особливість дозволяє реалізувати наступні переваги [12]: значне спрощення тягового двигуна в порівнянні з колекторним і підвищення його надійності (відпадає необхідність кожен день оглядати колекторно-щітковий апарат); підвищення надійності кузовного електричного обладнання внаслідок використання безконтактних пристроїв перетворення потужності; покращення тягових властивостей електровоза дякуючи використанню жорсткої тягової характеристики при буксуванні; збільшення потужності і моменту тягового двигуна при тих же габаритних розмірах (відсутні колектор, обмотки додаткових полюсів і компенсаційна) можливість повної автоматизації режиму ведення поїзда; підвищення продуктивності електрорухомого складу внаслідок реалізації переваг по вищенаведеним пунктам; скорочення витрат міді на виготовлення тягових двигунів; реалізування підвищених тягових зусиль без розносного буксування через жорсткість тягової характеристики.

Підвищення надійності асинхронних тягових двигунів через усунення колекторно-щіткового апарата повністю визначається самою конструкцією асинхронної машини. Як відомо, асинхронний двигун з короткозамкненим

						Арк.
						18
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ротором має тільки одну обмотку статора, виконану з ізоляцією. Тому даний двигун не вимагає періодичних оглядів кваліфікованими слюсарями-мотористами. Його обслуговування зводиться тільки до запресування мастила в підшипники [12].

Система залізничної автоматики фірми «Siemens» типу SIBAS 32 (далі «система»), виконана на базі 32-розрядного мікропроцесора і забезпечує регулювання, контроль і захист тягового привода зі сторони перетворювача, а також виконує функції центрального приладу управління, вирішуючи задачі управління і інформаційного забезпечення всього електровоза. Крім того, в системі реалізовані функції діагностування електровоза, а також надання допомоги оператору при введенні в експлуатацію і проведенні технічного обслуговування.

Тяговий перетворювач призначений для живлення тягових двигунів електровоза трифазною напругою змінного струму, яка регулюється по амплітуді і частоті. Тяговий перетворювач включає два канали регулювання. Кожен канал складається із наступних функціональних груп: сітьового роз'єднувача з блоком попередньої зарядки; 4-х квадрантного перетворювача; ланки постійного струму (проміжного контура); імпульсного інвертора.

Великою перевагою системи управління є те, що вона забезпечує плавне регулювання сили тяги, швидкості, використання рекуперативного гальмування та ведення поїзда в автоматичному режимі.

						Арк.
						19
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## 2 ПОРІВНЯЛЬНІ ТЯГОВІ РОЗРАХУНКИ

### 2.1 Вибір вихідних даних

З метою визначення впливу заміни локомотива на покращення показників роботи депо проведемо порівняльні тягові розрахунки для ділянки Львів – Івано-Франківськ, яка є складовою проектованого плеча Ковель-Львів – Івано-Франківськ.

Вихідні дані вибрані на основі існуючих усереднених показників роботи дільниці та наведені у табл. 2.1. Розрахунки проведені за методикою [13].

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Найменування показника	Значення
Склад поїзда в % за масою:	
-8-вісних вагонів	8
-6-вісних вагонів	-
-4-вісних вагонів	92
Маса вагонів брутто, т	
-8-вісних	166
-6-вісних	-
-4-вісних	88
Гальмівних осей в складі поїзда, %	100
Довжина приймально-відправних колій $l_{\text{від}}$ , м	1200
Гальмівні колодки	Чавун

### 2.2 Визначення розрахункового підйому

Розрахунковий підйом ( $i_p$ ) – це найбільш важкий для руху в даному напрямку елемент, на якому при наявній масі складу досягається розрахункова швидкість і відповідна розрахункова сила тяги локомотива. Розрахунковий підйом – один з основних параметрів, що визначають масу складу, яка може бути перевезена по дільниці при заданих умовах.

Методика визначення розрахункового підйому наведена у [13].

Слід зазначити, що розрахунковий підйом не обов'язково є найбільш крутим. Якщо на дільниці є підйом, крутіший за розрахунковий, але який має невелику протяжність і перед ним розташовані «легкі» елементи профілю (спуски, площадки), де поїзд може розвинути велику швидкість, то навіть при умові вповільнення на даному підйомі його швидкість може не досягнути розрахункової. У такому разі підйом необхідно вважати швидкісним  $i_{ш}$ .

Слід зазначити, що правильне визначення розрахункового, а також швидкісного підйомів має важливе значення для повного використання тягових можливостей локомотива, провізної та пропускнуї спроможності заданої дільниці. Якщо помилково за розрахунковий прийняти підйом, що є за своїми властивостями швидкісним, то в такому разі буде зменшено масу складу, яку можна провезти по дільниці, збільшено питомі витрати енергоресурсів на перевезення. У зворотному випадку, при неправильному прогнозуванні накопичення достатньої кількості кінетичної енергії перед початком руху по швидкісному підйому, розрахована маса складу буде надто великою і швидкість на такому підйомі буде менша за розрахункову.

Заданий профіль колії ділянки наведений у табл. А.1.

В якості розрахункового підйому приймаємо елемент №248  $i_p = +8,7\%$ ,  $S = 1120$  м.

Необхідно відмітити, що на данному елементі знаходиться крива, для врахування опору від якої необхідно розрахувати фіктивний підйом, що буде виконано у наступних підрозділах. З врахуванням цього сумарна крутизна розрахункового підйому буде більшою. В якості швидкісного підйому вибираємо елемент №298  $i_{ш} = +9,0\%$ ,  $S = 415$  м.

### 2.3 Спрявлення профілю колії

Для спрощення тягових розрахунків, а також для скорочення їх об'єму і відповідно часу на їхнє виконання необхідно спрямити профіль колії [13].

						Арк.
						21
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Спрявлення профілю полягає в заміні двох або декількох суміжних елементів поздовжнього профілю колії одним елементом, довжина якого  $S_c$  дорівнює сумі довжин елементів, що спрямляються ( $S_1, S_2, \dots, S_n$ ), тобто

$$S_c = S_1 + S_2 + \dots + S_n, \quad (2.1)$$

а крутизна  $i'_c$  розраховується за формулою:

$$i'_c = \frac{i_1 S_1 + i_2 S_2 + \dots + i_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (2.2)$$

де  $i_1, i_2, \dots, i_n$  – крутизна елементів дільниці, що спрямляється, ‰.

Щоб розрахунки швидкості і часу руху поїзда по дільниці були достатньо точними, необхідно виконати перевірку можливості спрявлення групи елементів профілю за формулою:

$$S_i \leq \frac{2000}{\Delta i}, \quad (2.3)$$

де  $S_i$  – довжина елемента, що спрямляється, м;

$\Delta i$  – абсолютна величина різниці між ухилом спрявленої дільниці і ухилом елемента, що перевіряється, ‰, тобто  $|i'_c - i_i|$ .

Перевірці за формулою (2.3) підлягає кожний елемент групи, що спрямляється. Чим коротші елементи групи, яка спрямляється, і чим ближче вони за крутизною, тим більш вірогідно, що перевірка їх на задоволення умови (2.3) виявиться додатною.

При однаковій крутизні елемента спрявленої дільниці та реального профілю, тобто коли  $\Delta i = 0$ , перевірка за формулою (4.3) не проводиться, тому

						Арк.
						22
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

що в цьому разі забезпечується максимальна (нескінченна) точність розрахунків за спрямленим профілем.

Криві на спрямленій ділянці замінюються фіктивним підйомом, крутизна якого визначається за формулою

$$i_c'' = \frac{700}{S_c} \sum_{i=1}^n \frac{S_{крі}}{R_i}, \quad (2.4)$$

де  $S_{крі}$  і  $R_i$  – довжина і радіус кривих спрямленої ділянки, м.

Крутизна спрямленої ділянки з урахуванням фіктивного підйому від кривої

$$i_c = i_c' + i_c'', \quad (2.5)$$

Необхідно відзначити, що знак крутизни ухилу  $i_c'$  може бути і додатним (для підйому) і від'ємним (для спусків); знак крутизни фіктивного підйому від кривої  $i_c''$  завжди додатний. Тобто на підйомі крутизна спрямленої ділянки, визначена за формулою (2.5), буде більшою, а на спуску меншою за  $i_c'$ .

В групу для спрямлення об'єднані лише близькі за крутизною елементи профілю одного знаку. Горизонтальні елементи (площадки) можуть включатися в групи, що спрямляються, як з елементами, які мають додатний знак крутизни, так і з елементами від'ємної крутизни. Елементи, на яких розташовані роздільні пункти, не спрямляються.

Спрямлений профіль повинен зберігати характерні особливості дійсного профілю. Результати спрямлення занесені до табл. А.1.

З врахуванням того, що на елементі №248, який прийнятий у якості розрахункового, знаходиться крива, фіктивний підйом від якої становить +0,2 %, сумарна крутизна розрахункового підйому, буде становити  $i_p = +8,9\%$ , і саме ця величина приймається для подальших розрахунків.

						Арк.
						23
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## 2.4 Розрахунок маси складу

Маса складу – один з найважливіших показників роботи залізничного транспорту. Збільшення маси складу дозволяє підвищити перевізну спроможність залізничних ліній, зменшити витрату пального і електричної енергії, знизити собівартість перевезень. Тому масу вантажного складу визначають, виходячи з повного використання тягових якостей локомотива.

Для вибраного розрахункового підйому масу складу в тонах розраховуємо за формулою

$$Q = \frac{F_{op} - (\omega_0' + i_p) \cdot P \cdot g}{(\omega_0'' + i_p) \cdot g}, \quad (2.6)$$

де  $F_{op}$  – розрахункова сила тяги локомотива, кН;  $F_{op}^{2M62} = 392,4$  кН;

$$F_{op}^{ДС3} = 270 \text{ кН};$$

$P$  – розрахункова маса локомотива, м;  $P^{2M62} = 240$  т;  $P^{ДС1} = 90$  т;

$\omega_0'$  – основний питомий опір локомотива, Н/кН;

$\omega_0''$  – основний питомий опір складу, Н/кН;

$i_p$  – крутизна розрахункового підйому, у нашому випадку  $i_p = 8,9$  ‰;

$g$  – прискорення вільного падіння;  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.

При розрахунку маси складу величини  $\omega_0'$  і  $\omega_0''$  визначають для розрахункової швидкості локомотива  $V_p$ . Питомі сили відносять до 1 кН ваги поїзда, складу, вагона, локомотива.

Розрахункова швидкість, розрахункова сила тяги, маса локомотивів та інші розрахункові нормативи приведені в [10, 14].

Основний питомий опір локомотивів визначають за формулою:

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01 \cdot V_p + 0,0003 \cdot V_p^2, \quad (2.7)$$

						Арк.
						24
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

де  $V_p$  – розрахункова швидкість, км/ГОД;  $V_p^{2M62} = 20$  км/ГОД;  
 $V_p^{ДСЗ} = 62,7$  км/ГОД.

$$\omega_0^{2M62} = 1,9 + 0,01 \cdot 20 + 0,0003 \cdot 20^2 = 2,22 \text{ Н/кН.}$$

$$\omega_0^{ДСЗ} = 1,9 + 0,01 \cdot 62,7 + 0,0003 \cdot 62,7^2 = 3,71 \text{ Н/кН.}$$

Основний питомий опір складу, Н/кН визначають за формулою

$$\omega_0'' = \alpha \omega_{04}'' + \beta \omega_{06}'' + \gamma \omega_{08}'', \quad (2.8)$$

де  $\alpha, \beta, \gamma$  – відповідно частки 4- 6- і 8-вісних вагонів в складі за масою;

$\omega_{04}''$  – основний питомий опір 4-вісних вантажних вагонів, Н/кН:

$$\omega_{04}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot V + 0,0025 \cdot V^2}{q_{04}}, \quad (2.9)$$

-  $\omega_{06}''$  – основний питомий опір 6-вісних вантажних вагонів, Н/кН:

$$\omega_{06}'' = 0,7 + \frac{8 + 0,1 \cdot V + 0,0025 \cdot V^2}{q_{06}}, \quad (2.10)$$

-  $\omega_{08}''$  – основний питомий опір 8-вісних вантажних вагонів, Н/кН,

$$\omega_{08}'' = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot V + 0,0021 \cdot V^2}{q_{08}}, \quad (2.11)$$

де  $q_{04}, q_{06}, q_{08}$  – маса, яка приходить на одну колісну пару відповідно 4-, 6- і 8-вісного вагона, т/вісь;

$$q_{04} = \frac{g_4}{4}; q_{06} = \frac{g_6}{6}; q_{08} = \frac{g_8}{8}, \quad (2.12)$$

						Арк.
						25
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

де  $g_4, g_6, g_8$  – маса брутто відповідно 4-, 6- і 8-вісного вагона, т.

$$q_{04} = \frac{88}{4} = 22 \text{ т};$$

$$q_{08} = \frac{166}{8} = 20,75 \text{ т.}$$

$$\omega_{04}^{r2M62} = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 20 + 0,0025 \cdot 20^2}{22} = 0,97 \text{ Н/кН};$$

$$\omega_{08}^{r2M62} = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot 20 + 0,0025 \cdot 20^2}{20,75} = 1,07 \text{ Н/кН};$$

$$\omega_{04}^{rDC3} = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 62,7 + 0,0025 \cdot 62,7^2}{22} = 1,57 \text{ Н/кН};$$

$$\omega_{08}^{rDC3} = 0,7 + \frac{6 + 0,038 \cdot 62,7 + 0,0025 \cdot 62,7^2}{20,75} = 1,58 \text{ Н/кН.}$$

Основний питомий опір складу

$$\omega_0^{r2M62} = 0,08 \cdot 1,01 + 0,92 \cdot 0,97 = 0,98 \text{ Н/кН};$$

$$\omega_0^{rDC3} = 0,08 \cdot 1,57 + 0,92 \cdot 1,58 = 1,58 \text{ Н/кН.}$$

Маса складу

$$Q^{2M62} = \frac{392400 - (2,22 + 8,9) \cdot 240 \cdot 9,81}{(0,98 + 8,9) \cdot 9,81} = 3778 \text{ т};$$

$$Q^{DC3} = \frac{270000 - (3,71 + 8,9) \cdot 90 \cdot 9,81}{(1,58 + 8,9) \cdot 9,81} = 2518 \text{ т.}$$

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		26

Підраховану за формулою (2.6) масу складу у відповідності з [14] округляємо до 50 або 100 т. Приймаємо: для тепловоза 2М62  $Q = 3800$  т; для електровоза ДС3  $Q = 2500$  т.

Як бачимо з розрахунків, один електровоз ДС3 неспроможний вести по ділянці Львів - Івано-Франківськ состав з масою вищою, ніж тепловоз 2М62, що можна пояснити меншою потужністю односекційного чотиривісного локомотива.

Враховуючи, що тепловоз 2М62 двосекційний, пропонується вести состав по ділянці Львів - Івано-Франківськ двома електровозами ДС3 (модулем 2ДС3).

Тоді маса складу для модуля 2ДС3 буде:

$$Q^{2ДС3} = \frac{2 \cdot 270000 - (3,71 + 8,9) \cdot 2 \cdot 90 \cdot 9,81}{(1,58 + 8,9) \cdot 9,81} = 5035 \text{ т.}$$

Приймаємо масу складу для модуля 2ДС3  $Q = 5050$  т.

Тобто, модуль 2ДС3 спроможний вести по ділянці Львів - Івано-Франківськ состав з масою на 1250 т вищою, ніж тепловоз 2М62, що дозволить значно збільшити пропускну здатність ділянки.

## 2.5 Побудова діаграми питомих рівнодіючих сил

Для побудови діаграми питомих рівнодіючих сил попередньо складається таблиця за формою приведеною нижче для трьох режимів ведення поїзда по прямій горизонтальній дільниці:

- для режиму тяги  $f_{\partial} - \omega_0 = f_1(V)$ ;
- для режиму холостого ходу  $\omega_{0x} = f_2(V)$ ;
- для режиму гальмування:
- при службовому регульовальному гальмуванні  $\omega_{0x} + 0,5b_2 = f_3(V)$ ,
- при екстреному гальмуванні  $\omega_{0x} + b_2 = f_4(V)$ .

						Арк.
						27
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Методика розрахунку питомих рівнодіючих сил наведена у [13]. Результати розрахунку питомих рівнодіючих сил занесені до табл. А.2 та А.3. Таблиці заповнені для швидкостей від 0 до конструкційної  $V_k$  через 10 км/год.

Питомі гальмівні сили поїзда, Н/кН розраховують за формулою

$$b_2 = 1000\varphi_{кр}g_p, \quad (2.13)$$

де  $\varphi_{кр}$  -розрахунковий коефіцієнт тертя колодок по колесу, його значення розраховують за формулою:

– при чавунних колодках

$$\varphi_{кр} = 0,27 \frac{V + 100}{5V + 100}; \quad (2.14)$$

– при композиційних колодках

$$\varphi_{кр} = 0,36 \frac{V + 150}{2V + 150}; \quad (2.15)$$

$g_p$  – розрахунковий гальмівний коефіцієнт складу;

$$g_p = \frac{\sigma \sum k_p}{Qg} = \frac{\sigma(k_{p4}n_4 + k_{p6}n_6 + k_{p8}n_8)}{Qg}, \quad (2.16)$$

де  $n_4, n_6, n_8$  – число осей відповідно в групах 4-, 6- і 8-вісних вагонів складу:  $n_4 = 4m_4, n_6 = 6m_6, n_8 = 8m_8$ ;

$k_{p4}, k_{p6}, k_{p8}$  – розрахункові сили натиснення гальмівних колодок відповідно на вісь 4-, 6-, 8-вісного вагона (при чавунних колодках  $k_{p4} = k_{p6} = k_{p8} = 68,5$  кН/вісь, а при композиційних колодках  $k_{p4} = k_{p6} = k_{p8} = 41,5$  кН/вісь);

$\sigma$  – частка (не %) гальмівних осей в складі.

						Арк.
						28
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

При визначенні розрахункового гальмівного коефіцієнта вантажних поїздів на спусках до 20 ‰ маса і гальмівні засоби локомотива не враховуються; це спрощує розрахунки і не знижує їхню точність.

Питома сповільнююча сила, яка діє на поїзд в режимі гальмування, Н/кН:

- при службовому регульовальному гальмуванні  $\omega_{0x} + 0,5b_2$ ;

- при екстреному гальмуванні  $\omega_{0x} + b_2$ .

Всі результати обчислень занесено в табл 4.3 – 4.4. За даними цієї таблиці побудовано по розрахункових точках діаграму питомих рівнодіючих сил для режиму тяги  $f_{\partial} - \omega_0 = f_1(V)$ , режиму холостого ходу  $\omega_{0x} = f_2(V)$  і режиму службового гальмування  $\omega_{0x} + 0,5b_2 = f_3(V)$ .

## 2.6 Рішення гальмівної задачі

Перед тим, як приступити до побудови кривих швидкості і часу ходу поїзда по дільниці, необхідно вирішити гальмівну задачу, яка полягає в визначенні максимально допустимої швидкості руху поїзда по найбільш крутому спуску дільниці при заданих гальмівних засобах і прийнятому гальмівному шляху. Ця задача в дипломному проекті розв'язується графічним способом.

Повний (розрахунковий) гальмівний шлях:

$$S_{\Gamma} = S_{\Pi} + S_{\Delta}, \quad (2.17)$$

де  $S_{\Pi}$  – шлях підготовки гальм до дії, на протязі якого гальма поїзда умовно приймаються недіючими (від моменту встановлення ручки крана машиніста в гальмівне положення до включення гальм поїзда), м;

$S_{\Delta}$  – дійсний гальмівний шлях, на протязі якого поїзд рухається з діючими в повну силу гальмами (кінець шляху  $S_{\Pi}$  співпадає з початком шляху  $S_{\Delta}$ ), м.

						Арк.
						29
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Рівняння (4.34) дозволяє знайти допустиму швидкість як величину, що відповідає точці перетину графічних залежностей підготовчого шляху  $S_{II}$  і дійсного гальмівного шляху  $S_D$  від швидкості руху поїзда в режимі гальмування.

За даними табл. 4.4 - 4.6 питомих рівнодіючих сил будуюмо по точках залежність питомих сповільнюючих сил при екстремому гальмуванні від швидкості  $\omega_{0x} + b_z = f(V)$ , а поруч, справа, встановлюємо у відповідних масштабах систему координат  $V - S$  (графічна частина).

Осі швидкостей  $V$  в обох системах координат повинні бути паралельні, а осі питомих сил  $(\omega_{0x} + b_z)$  і шляху  $S$  повинні лежати на одній прямій. Масштаби для графічних побудов при гальмівних розрахунках беремо з [14].

Методика розв'язку гальмівної задачі детально описана у [13].

На цей же графік варто нанести залежність підготовчого гальмівного шляху від швидкості

$$S_n = 0,278V_{\text{поч}}t_n, \quad (2.18)$$

де  $V_{\text{поч}}$  – швидкість на початку гальмування, км/год;

$t_n$  – час підготовки гальм до дії, с; цей час для автогальм вантажного типу рівний:

- для складу довжиною 200 осей і менше

$$t_n = 7 - \frac{10i_r}{b_r}; \quad (2.19)$$

- для складу довжиною від 200 до 300 осей

$$t_n = 10 - \frac{15i_r}{b_r}; \quad (2.20)$$

- для складу довжиною більше 300 осей

						Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$t_n = 12 - \frac{18i_r}{b_r}, \quad (2.21)$$

де  $i_r$  - крутизна ухилу, для якого розв'язується гальмівна задача (для спусків зі знаком мінус), ‰.

$b_r$  - питома гальмівна сила при початковій швидкості гальмування  $V_{\text{поч}}$ , Н/кН.

Число осей в складі:

$$n = n_4 + n_6 + n_8; \quad (2.22)$$

де  $n_4 = m_4 \cdot 4$ ;  $n_6 = m_6 \cdot 6$ ;  $n_8 = m_8 \cdot 8$ ,  $n_4, n_6, n_8$  - кількість 4-вісних, 6-вісних і 8-вісних вагонів відповідному складі вантажного поїзда.

Результати вирішення гальмівної задачі необхідно враховувати при побудові кривої швидкості руху поїзда  $V = f(S)$  з тим, щоб ніде не перевищити швидкості, яка допускається по гальмах, тобто щоб поїзд міг бути завжди зупинений на відстані, яка не перевищує довжини повного гальмівного шляху.

Розрахунки проведемо для найкрутішого спуску на ділянці  $i_r = -10,3\%$

Кількість осей у составі:

$$n^{2M62} = 40 \cdot 4 + 2 \cdot 8 = 176 \text{ осей};$$

$$n^{2ДС3} = 53 \cdot 4 + 3 \cdot 8 = 236 \text{ осей.}$$

Приймаємо швидкість на початку гальмування  $V_{\text{поч}}$  для всіх локомотивів у вантажному русі на мережі Укрзалізниці рівною 90 км/год;

Час підготовки гальм до дії  $t_n$ :

для ухилу -10,3 ‰

						Арк.
						31
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$t_n^{2M62} = 7 - \frac{10 \cdot (-10,3)}{29,75} = 10,46 \text{ с};$$

$$t_n^{2ДС3} = 10 - \frac{15 \cdot (-10,3)}{29,75} = 15,2 \text{ с};$$

для ухилу -6 ‰

$$t_n^{2M62} = 7 - \frac{10 \cdot (-6)}{29,75} = 9 \text{ с};$$

$$t_n^{2ДС3} = 10 - \frac{15 \cdot (-6)}{29,75} = 13 \text{ с};$$

для ухилу 0 ‰

$$t_n^{2M62} = 7 - \frac{10 \cdot 0}{29,75} = 7 \text{ с};$$

$$t_n^{2ДС3} = 10 - \frac{15 \cdot 0}{29,75} = 10 \text{ с}.$$

Довжина підготовчого шляху  $S_{II}$ :

для ухилу -10,3 ‰

$$S_n^{2M62} = 0,278 \cdot 90 \cdot 10,46 = 262 \text{ м}.$$

$$S_n^{2ДС3} = 0,278 \cdot 90 \cdot 15,2 = 380 \text{ м};$$

для ухилу -6 ‰

$$S_n^{2M62} = 0,278 \cdot 90 \cdot 9 = 225 \text{ м}.$$

$$S_n^{2ДС3} = 0,278 \cdot 90 \cdot 13 = 325 \text{ м};$$

для ухилу 0 ‰

$$S_n^{2M62} = 0,278 \cdot 90 \cdot 7 = 175 \text{ м}.$$

						Арк.
						32
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$S_n^{2ДС3} = 0,278 \cdot 90 \cdot 10 = 250 \text{ м.}$$

Графічне розв'язування гальмівної задачі зображено на листі графічної частини. Зведені результати розв'язку гальмівної задачі наведені у табл. 2.2

У результаті графічного розв'язку гальмівної задачі побудовано графік, який наведений на листі графічної частини і за яким можна визначити допустиму швидкість руху поїзда по усіх спусках ділянки.

Таблиця 2.2 – Зведені результати розв'язку гальмівної задачі

Ухил $i$ , ‰	Допустимий гальмівний шлях $S_r$ , м	Значення $V_{\text{доп}}$ для серії локомотива	
		2М62	2ДС3
0	1000	87	85
- 6	1000	77	75
- 6	1200	85	82
-10,3	1200	78	75

## 2.7 Побудова кривих швидкості, часу ходу поїзда, струму електровоза

Побудова кривих виконується методом А. І. Ліпеца (Міністерства шляхів сполучення).

У відповідності з [13, 14] при виконанні тягових розрахунків поїзд розглядається як матеріальна точка, в якій зосереджена вся його маса і до якої прикладені зовнішні сили, діючи на реальний об'єкт (поїзд). Умовно приймають, що ця матеріальна точка розташована в середині поїзда. Заміна розосередженої маси поїзда матеріальною точкою, звичайно, вносить деяку похибку в розрахунки, однак така похибка допустима з точки зору практично необхідної точності в цей же час методи розрахунків при цьому спрощуються і їхній об'єм зменшується.

Крива швидкості будується для руху поїзда в одному (заданому) напрямку,

						Арк.
						33
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

виходячи з того, що поїзд відправляється зі станції Львів, проходить без зупинки проміжні станції і робить зупинку на станції Івано-Франківськ. При цьому потрібно дотримуватись умови, що швидкість поїзда по вхідних стрілках станції плюс половина довжини поїзда, на якій передбачена зупинка, у відповідності з [13] не повинна перевищувати 50 км/год внаслідок можливого прийому на бокову колію для схрещування або обгону.

На кривій швидкості зроблено відмітки про включення і виключення тягових електродвигунів локомотива і відмітки про включення і відпуск гальм («Вкл.», «Викл.», «Г», «В.г») .р

При побудові кривої  $V = f(S)$  враховано обмеження найбільшої допустимої швидкості руху поїзда:

- конструкційна швидкість вантажних вагонів 90 км/год;
- найбільша допустима швидкість поїзда за міцністю колії 100 км/год;
- найбільша допустима швидкість при рішенні гальмівної задачі.

Максимально допустима швидкість руху поїзда при побудові кривої  $V = f(S)$  повинна прийматися як найменша з чотирьох перерахованих вище, обмежуючих швидкостей.

Якщо при побудові кривої швидкості поїзда на спусках швидкість намагається перевищити допустиму, то необхідно застосовувати службове регулювальне гальмування.

При побудові кривої швидкості прийнято критерій забезпечення мінімального часу проходження поїзда по заданій ділянці.

Криві швидкості, часу і струму зображені на листі графічної частини.

## 2.8 Визначення часу ходу поїзда по перегонах

Після побудови кривої часу визначається час ходу по перегонах і технічна швидкість поїзда  $V_m$  на ділянці. Всі дані зведемо у табл. 2.3, причому розрахункові дані беруться по кривій  $t = f(S)$  з точністю до 0,1 хв, а прийняті для графіка руху поїздів час ходу по перегонах округлюються з точністю до 1

						Арк.
						34
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

хв у більшу сторону.

Технічна швидкість руху поїзда по ділянці у км/год

$$V_T = \frac{L \cdot 60}{\sum t} \quad (2.23)$$

де  $\sum t$  - сумарний час ходу поїзда по ділянці, хв;

$L$  - довжина ділянці (відстань між осями граничних станцій заданої ділянці), км.

Таблиця 2.3 - Розрахунок часу ходу поїзда по кривій часу

Перегін	Дов- жина, км	Час ходу для серії локомотива, хв.			
		розрахунковий		графіковий	
		2М62	2ДС3	2М62	2ДС3
Львів-Сихів	11,375	18,9	12,3	19	13
Сихів-Ходорів	52,150	38,9	38,2	39	39
Ходорів-Галич	48,045	39,0	35,9	39	36
Галич-Івано-Франківськ	28,435	23,9	21,8	24	22
По ділянці	140,005	120,7	108,2	121	110

$$V_T^{2M62} = \frac{140,005 \cdot 60}{120,7} = 69,6 \text{ км/год};$$

$$V_T^{2ДС3} = \frac{140,005 \cdot 60}{108,2} = 77,6 \text{ км/год}.$$

Тобто, електровоз 2ДС3 забезпечить проходження поїзда по ділянці Львів - Івано-Франківськ на 12,5 хв швидше, ніж тепловоз 2М62 що призведе до зростання технічної швидкості на 8 км/год.

## 2.9 Визначення витрат енергоресурсів локомотивами

### Визначення витрат дизельного пального тепловозом 2М62

Витрати дизельного пального тепловозом на заданій ділянці, кг, визначаються за формулою

$$E = Gt_T + g_x t_x \quad (2.24)$$

де  $G$  - витрата дизельного пального тепловозом на режимі тяги, що відповідає 15-му положенню ручки контролера, згідно [14], для тепловоза 2М62  $G = 11,6$  кг/хв;

$t_T$  - сумарний час роботи тепловоза в режимі тяги, у нашому випадку  $t_T = 82,8$  хв;

$g_x$  - витрата пального тепловозом при вимкненому струмі (режимі холостого ходу і гальмування), згідно [14],  $g_x = 0,84$  кг/хв;

$t_x$  - сумарний час руху тепловоза на режимі холостого ходу і гальмування, для нашого випадку  $t_x = 37,9$  хв.

$$E = 11,6 \cdot 82,8 + 0,84 \cdot 37,9 = 992 \text{ кг}$$

Питома витрата палива пального на вимірювач, кг/10<sup>4</sup> ткм бр

$$e = \frac{E}{Q \cdot L} 10^4, \quad (2.25)$$

$$e = \frac{992}{3800 \cdot 140,005} 10^4 = 18,6 \text{ кг/10}^4 \text{ ткм бр.}$$

Питома витрата пального звичайно приводиться до питомої витрати умовного пального

$$e_y = e \cdot E, \quad (2.26)$$

						Арк.
						36
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

де  $E$  - еквівалент дизельного пального,  $E=1,43$ .

$$e_y = 18,6 \cdot 1,43 = 26,6 \text{ кг ум п/10}^4 \text{ т км бр.}$$

*Визначення витрат електроенергії електровозом 2ДСЗ.*

По кривих  $I_{de} = f(v)$ ,  $v = f(S)$  і  $t = f(S)$  розраховуємо кількість енергії в кВт·год, яка витрачена електровозом на переміщення поїзда по дільниці і віднесена до струмоприймача. Розрахунок виконуємо шляхом підсумовування витрат енергії за окремі елементи часу.

$$A' = \frac{U_e \sum (I_{decep} \cdot \Delta t)}{60 \cdot 1000}, \quad (2.27)$$

де  $U_e$  - напруга на струмоприймачі електровоза ( $U_e = 25000\text{В}$ );

$I_{decep}$  - середнє значення струму для відрізка кривої  $I_{de} = f(v)$ , в межах якого величину струму можна прийняти постійною і рівною напівсумі струмів на початку і в кінці вказаного відрізка (відрізки беруться між сусідніми точками перелому кривої), А;

$\Delta t$  - відповідний проміжок часу, протягом якого величина струму приймається постійною, хв.; визначається за кривою  $t = f(S)$ .

Всі розрахунки з визначення витрат електроенергії для електровоза ДСЗ зводимо відповідно до табл А.2.

$$A' = \frac{25000 \cdot 6891,55}{60 \cdot 1000} = 2872 \text{ кВт·год.}$$

Для визначення повної витрати електроенергії необхідно до витрати енергії на переміщення поїзда додати витрати електроенергії на власні потреби електровоза (на роботу допоміжних машин, живлення кіл управління, освітлення та опалення). Витрати електроенергії на власні потреби електровоза

						Арк.
						37
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

визначають по середньому значенню струму і повному часу роботи електровоза:

$$A'' = r \cdot t, \quad (2.28)$$

де  $r$  - середня витрата електроенергії на власні потреби електровоза за одиницю часу,  $r = 2,28$  кВт·год/хв [11];

$t$  - повний час роботи електровоза на заданій ділянці, в нашому випадку для електровоза  $t = 102,8$  хв.

$$A'' = 2,28 \cdot 102,8 = 234 \text{ кВт год.}$$

Повна витрата електроенергії електровозом на заданій ділянці в кВт·год:

$$A = A' + A''. \quad (2.29)$$

Повна витрата електроенергії для електровоза 2ДС3:

$$A = 2 \cdot (2872 + 234) = 6212 \text{ кВт·год.}$$

Питому витрату електроенергії в кВт·год/10<sup>4</sup>т км бр розраховуємо за формулою:

$$a = \frac{A \cdot 10^4}{Q \cdot L}, \quad (2.30)$$

де  $Q$  - маса складу, т;

$L$  - довжина ділянки, для якої виконані тягові розрахунки (відстань між осями граничних станцій заданої ділянки), км.

$$a = \frac{6212 \cdot 10^4}{5050 \cdot 140,005} = 87,86 \text{ кВт·год/10}^4\text{ткм бр.}$$

Порівняльна таблиця результатів тягових розрахунків для тепловоза 2М62, та електровоза 2ДС3 подана на листі графічної частини.

						Арк.
						38
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ЛОКОМОТИВІВ НА ПОДОВЖЕНОМУ ТЯГОВОМУ ПЛЕЧІ

#### 3.1 Вибір вихідних даних та способу обслуговування поїздів локомотивами та

Обслуговування поїздів локомотивами здійснюється за певними схемами. Ці схеми напрацьовані практикою і застосування кожної з них залежить від багатьох факторів, а саме: від розміщення на лінії основних і оборотних депо, транзитності вантажепотоків, типу графіку руху і т.д [3].

У практиці знайшли застосування плечовий, кільцевий та петлевий способи обслуговування поїздів локомотивами, недоліки і переваги яких детально описані у [2-4]

Вказані способи обслуговування локомотивів рідко застосовуються в чистому вигляді. Як правило локомотив між заходами на ТО-3 чи ремонт встигає здійснити декілька поїздок за різними способами.

На деяких регіональних філіях практикується організація руху за системою накладних плеч, коли одна ділянка обороту обслуговується локомотивами різних депо. Це вигідно, але потребує більш високої управлінської дисципліни і чіткого диспетчерського керівництва [3,4].

У локомотивному депо Ковель найбільшого поширення набув плечовий спосіб обслуговування, який не є найбільш раціональним для електротяги, однак нами пропонується попередньо залишити цей спосіб з врахуванням перспективи подальшої електрифікації ділянки Ягодин-Ковель.

Вихідні дані для розрахунків наведені у табл. 3.1 і прийняті на основі статистичних даних роботи депо, характеристик пліч обслуговування та аналізу існуючих вантажепотоків на ділянці Ковель – Львів –Івано-Франківськ з урахуванням перспектив розвитку. Розрахунки проведені за методикою [15].

						Арк.
						39
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунків

Параметр	Значення
Серія локомотива	2ДС3
Довжина ділянок, км:	
Ковель - Львів	197
Львів - Івано-Франківськ	141
Характер руху	Вантаж.
Ділянкова швидкість, км/год	45
Середньодобовий пробіг, $S_{\text{доб}}$	430
Маса поїзда брутто, т	5050
Витрати електроенергії, кВт·год/ $10^4$ ткм бр	145
Кільсть пар поїздів на ділянці	15

### 3.2 Розташування пунктів екіпірування локомотивів

Пункти екіпірування електровозів встановлюються виходячи з найбільшого пробігу локомотивів між наборами дизельного палива та піску.

Найбільший пробіг електровозу між пунктами забезпечення піском визначається з виразу

$$L_n = \frac{k_n \cdot V_n}{Q_{\text{бр}} \cdot e_n} \cdot 10^6 \text{ км} \quad (3.1)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт, який враховує 10...20% запас піску в пісочних бункерах локомотива, прийmemo  $k_n = 0,85$ ;

$V_n$  – сумарна місткість пісочних бункерів, для модуля 2ДС3  $V_n = 12 \text{ м}^3$

$e_n$  – норма витрат піску, в нашому випадку  $e_n = 0,75 \text{ м}^3 / 10^6 \text{ ткм бр}$ .

$$L_n = \frac{0,85 \cdot 12}{5050 \cdot 0,75} \cdot 10^6 = 2693 \text{ км.}$$

						Арк.
						40
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Виходячи з розрахунків і заданих довжин ділянок пропонується розмістити пункт екіпірування електровозів ДСЗ піском на станції основного депо.

### 3.3 Розрахунок показників використання локомотивів на ділянці.

Розрахуємо основні кількісні та якісні показники роботи локомотивів 2ДСЗ на ділянці.

Річний пробіг локомотивів, які обслуговують задану ділянку оберту:

$$\sum MS_{pич} = 365 \cdot 2 \cdot N(l_1 + l_2)(1 + \beta_g) \cdot 10^{-6} \text{ млн. км.} \quad (3.2)$$

де  $\beta_g$  – коефіцієнт, який враховує допоміжний пробіг, прийmemo  $\beta_g = 0,05$ .

$$\sum MS_{pич} = 365 \cdot 2 \cdot 15 \cdot (197 + 141)(1 + 0,05) \cdot 10^{-6} = 3,89 \text{ млн. км.}$$

Перевозочна робота на ділянці в млн. ткм бр за рік:

$$A_p = Q_{бр} \cdot \sum MS_{pич} (1 - \beta_g), \quad (3.3)$$

$$A_p = 5050 \cdot 3,89 (1 - 0,05) = 18644 \text{ млн. ткм бр за рік.}$$

Необхідну кількість локомотивів для обслуговування заданих розмірів руху визначимо по значенню середньодобового пробігу електровозів, який спостерігався у 2010 році

$$M_e = \frac{2 \cdot (l_1 + l_2) \cdot N}{S_{доб}}, \quad (3.4)$$

$$M_e = \frac{2 \cdot (197 + 141) \cdot 15}{430} = 24 \text{ локомотива.}$$

Тобто для обслуговування заданих розмірів руху необхідно 24 подвійних модулі 2ДСЗ, або 48 електровозів ДСЗ

						Арк.
						41
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Повний оборот локомотива в годинах на ділянці обертання

$$T = \frac{48 \cdot (l_1 + l_2)}{S_{\text{доб}}}, \quad (3.5)$$

$$T = \frac{48 \cdot (197 + 141)}{430} = 37,7 \text{ години.}$$

Середньодобова продуктивність поїзного локомотива в ткм бр/добу:

$$W = S_{\text{доб}} \cdot Q_{\text{бр}}, \quad (3.6)$$

$$W = 430 \cdot 5050 = 2171500 \text{ ткм бр/добу.}$$

Технічна швидкість може бути прийнята 1,15  $v_d$

$$v_m = 1,15 \cdot 45 = 51,75 \text{ км/год.}$$

Час корисної роботи локомотива в годинах за добу може бути визначений по формулі

$$t_{\text{кор}} = \frac{S_{\text{доб}}}{v_d}, \quad (3.7)$$

$$t_{\text{кор}} = \frac{430}{45} = 9,56 \text{ год.}$$

Час роботи локомотива в чистому русі (за добу) в годинах:

$$t_{\text{ч.р.}} = \frac{S_{\text{доб}}}{v_m}, \quad (3.8)$$

$$t_{\text{ч.р.}} = \frac{430}{51,75} = 8,31 \text{ год.}$$

						Арк.
						42
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таким чином, для обслуговування заданих розмірів руху при досягнутих у депо значеннях якісних показників використання електровозів буде необхідно 24 модулі 2ДС3 (48 електровозів ДС3). Проведений розрахунок є основою для розрахунку показників ремонту і визначення параметрів проектного пункту технічного обслуговування локомотивів.

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		43

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У даній випускній кваліфікаційній роботі з метою покращення показників використання локомотивів запропоновано впровадити подовжене тягове плече Ковель – Львів – Івано-Франківськ з перспективою його електрифікації та обслуговування поїздів локомотивами за плечевим способом. Розраховані основні показники використання локомотивів на тяговому плечі, визначено необхідний інвентарний парк для обслуговування заданих розмірів руху. Обґрунтовано місце розміщення ПТОЛ, розраховані його основні параметри..

Проведено порівняльні тягові розрахунки для плеча Львів-Івано-Франківськ. Проаналізовано профіль ділянки, спрямлено близькі за значенням елементи і вибрано розрахунковий підйом.

Маса составу вибрана з умови подолання розрахункового підйому зі швидкістю не нижчою за розрахункову. Доведено, що при електрифікації ділянки необхідно запроваджувати модуль 2ДСЗ (два електровози ДСЗ, які працюють по системі багатьох одиниць).

Розраховані питомі рівнодіючі сили, які діють на поїзд, та побудовані їх графіки, які наведені на листі графічної частини. Для визначення допустимої швидкості на спусках ділянки графічним способом розв'язана гальмівна задача. Побудовані криві швидкості, часу ходу поїзда та струму електровозів, які дозволили визначити час ходу, технічну швидкість на ділянці, та витрати енергоресурсів на переміщення поїзда.

Встановлено, що електровоз 2ДСЗ забезпечить проходження поїзда по ділянці Львів - Івано-Франківськ на 12,5 хв швидше, ніж тепловоз 2М62 що призведе до зростання технічної швидкості на 8 км/год.

Таким чином, у випускній кваліфікаційній роботі запропоновано шляхи підвищення ефективності використання локомотивів за рахунок впровадження нового типу локомотива – електровоза ДС2 (дві секції) і організації подовженого тягового плеча. Розрахунок показав, що показники використання локомотивів покращились, тобто мета роботи досягнута.

						Арк.
						44
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інтегрований звіт АТ «Укрзалізниця» (Звіт про управління). 2020 р. [Електронний документ] Режим доступу: <https://www.uz.gov.ua/files/file/about/investors/UZ%20Integrated%20Report%2020%20Ukr.pdf>
2. Рылеев, Г.С. Тепловозное хозяйство / Г.С. Рылеев Г.С и др. Под ред. П.К. Крюгера // Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Транспорт, 1972 г. 224 с.
3. Айзинбуд, С.Я. Локомотивное хозяйство : [Учеб. для вузов ж.-д. трансп. по спец. "Тепловозы и тепловоз. хоз-во" / С. Я. Айзинбуд, В. А. Гутковский, П. И. Кельперис и др.]; Под ред. С. Я. Айзинбуда. - М. : Транспорт, 1986. - 262 с.
4. Айзинбуд, С.Я. Эксплуатация локомотивов / С.Я. Айзинбуд, П.И. Кельперис // 2-е изд, перераб.и доп. – М.: Транспорт, 1990. 261 с.
5. Боднар Б. Є., Очкасов О. Б., Гришечкіна Т. С., Боднар Є. Б. Оцінка роботи локомотивного парку з використанням методів зменшення розмірності. Наука та прогрес транспорту. 2019. № 6 (84). С. 45–59. DOI: 10.15802/stp2019/195762.
6. Simulation of Locomotive Repair Organization by the Methods of Queue Systems Theory / В. Е. Vodnar, О. В. Ochkasov, Е. В. Vodnar, Т. S. Hryshechkina, М. V. Ocheretnyuk // Наука та прогрес транспорту. – 2018. – № 5. – С. 28–40. – DOI: 10.15802/stp2018/147740.
7. Боднар Б. Є., Очкасов О. Б., Боднар Є. Б., Бобир Д. В., Очеретнюк М. В. Дослідження впливу системи обслуговування тепловозів на організацію роботи локомотивного депо. Наука та прогрес транспорту. 2020. № 5 (89). С. 32–44. DOI: 10.15802/stp2020/218609.
8. Капіца, М. І. Стратегії експлуатації, технічного обслуговування та ремонту локомотивів / М. І. Капіца, Р. О. Коренюк // Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 40. – С. 63–67. – DOI: 10.15802/stp2012/6925.
9. Козаченко, Д. М. Удосконалення методів оцінки роботи залізничного транспорту у сфері міжнародних транзитних перевезень / Д. М. Козаченко, А. І. Верлан, Ю. М. Германюк // Залізничний транспорт України. – 2013. – № 2 (99). – С. 40–42.

						Арк.
						45
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

10.Правила тягових розрахунків для поїзної роботи по електровозах ЧС7, ЧС8, ДЕ1, ДС3, 2ЕЛ5, 2ЕС5К, тепловозах ТЕП150, ТЕМ103, дизель-поїздах ДЕЛ-02, електропоїздах ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т. Затв. Наказом Укрзалізниці №206-ЦЗ від 21.11.2010 р. – Київ: 2011. – 56 с.

11. Электровоз магистральный ДС3. Руководство по эксплуатации. Часть I. Описание и работа. – ГП «НПК Электровозостроение», 2005. – 279 с.

12. Ротанов, Н. А. Электроподвижной состав с асинхронными тяговыми двигателями / Курбасов, А. С., Быков, Ю. Г., Литовченко, В. В. Под редю Ротанова, Н. А. – М.: Транспорт, 1991. – 336 с.

13.Теорія локомотивної тяги. Технічне обслуговування транспортних засобів: Методичні вказівки до виконання курсової роботи / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп.; уклад.: Д. В. Бобирь, О. М. Гончаров, М. І. Капіца, В. Н. Сердюк. – Д.: ДІТ, 2002. – 62 с.

14.Правила тяговых расчетов для поездной работы. - М.: Транспорт, 1985. 287 с.

15. Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство: Методичні вказівки до виконання курсового проекту / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. імені акад. В. Лазаряна; Уклад.: Л. Ф. Гагін, М. І. Капіца - Д.: ДІТ, 2007. - 44с.

						Арк.
						46
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		



Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
23	+2,6	700			3600	+1,4	+0,1	+1,5	6	
24	+1,5	260								
25	+2,8	440	1130	350						
26	+4	700								
27	+5,5	200								
28	+1,6	250								
29	-4,0	310								
30	0,0	140								
31	-3,2	200								
32	-1,7	200								
33	-2,8	200								
34	-0,9	300			300	-0,9	-	-0,9	7	Сихів
35	-3,6	430			1330	-0,7	-	-0,7	8	
36	+2,3	180								
37	+0,4	590								
38	-0,7	130								
39	-8,4	370	1550	320	3740	-8,1	+0,1	-8,0	9	
40	-10,0	200								
41	-8,9	710	1500	385						
42	-7,0	290								
43	-10,2	200								
44	-7,8	400	1030	250						
45	-7,1	300								
46	-8,0	500								
47	-9,3	260								
48	-5,6	110								
49	-8,4	170								
50	-5,0	230								

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
51	-3,9	800			6420	-2,9	+0,1	-2,8	10	
52	-4,5	200								
53	-3,0	500	950	230						
54	-4,5	560								
55	0,0	120								
56	-1,8	120								
57	-3,3	200								
58	-1,6	500								
59	-3,6	600	1850	320						
60	-2,5	200								
61	-3,7	400								
62	-4,0	700								
63	-0,8	500	1900	240						
64	0,0	420								
65	-3,0	600								
66	-4,4	280			4810	-2,9	-	-2,9	11	
67	-5,3	460								
68	-2,8	440								
69	-5,3	200								
70	-3,0	200								
71	-4,7	100								
72	-0,6	100								
73	-2,5	200								
74	-4,0	500								
75	-2,0	200								
76	0,0	100								
77	-3,2	100								
78	-3,3	400								

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
79	-2,2	1050								
80	+0,4	480								
81	-3,3	70								
82	+0,5	200								
83	-1,0	400								
84	+0,8	520								
85	-3,6	280	1100	200						
86	0,0	100								
87	-2,5	240								
88	-5,0	180			4120	-1,2	+0,1	-1,1	12	
89	-1,5	470	550	300						
90	+1,7	200								
91	-1,5	200								
92	0,0	200								
93	-2,0	300								
94	-1,4	600								
95	0,0	160								
96	+1,8	180								
97	-1,0	400								
98	-2,8	660								
99	-1,5	220								
100	-3,2	420								
101	-2,0	420			5840	-1,2	+0,1	-1,1	13	
102	-1,2	540	1040	340						
103	0,0	300	3200	100						
104	-0,7	800								
105	-1,1	300	930	290						
106	+1,0	300								

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
107	-0,7	500								
108	0,0	300								
109	-2,2	500	1770	490						
110	-0,5	200								
111	-1,8	370								
112	+3,1	170								
113	-1,4	250								
114	-4,0	200								
115	-2,8	300								
116	-1,6	400								
117	-3,4	230			3790	-1,1	+0,1	-1,0	14	
118	0,0	270								
119	-2,0	340								
120	+0,9	460	1240	450						
121	-2,4	200								
122	+1,0	100								
123	-0,6	200								
124	+3,5	100								
125	+0,3	200								
126	-0,6	200								
127	0,0	400								
128	-2,0	1300	740	430						
129	-2,8	300			5000	-1,3	+0,1	-1,2	15	
130	-0,7	400								
131	-1,6	120								
132	0,0	380								
133	-2,2	400								
134	+1,4	170								

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
135	-3,5	180								
136	+0,8	320								
137	-1,9	400								
138	-2,8	230								
139	-0,6	300								
140	-1,1	1100	1500	400						
141	-2,4	100								
142	+0,6	280	1430	200						
143	-2,9	250								
144	-1,0	370								
145	+0,1	520								
146	-3,0	450	1300	260	5180	-1,1	+0,1	-1,0	16	
147	+2,5	130								
148	-1,6	400								
149	-0,7	400								
150	+1,7	230								
151	0,0	120								
152	-4,2	310	1400	240						
153	-0,5	220								
154	+0,8	220								
155	-0,5	300								
156	0,0	700								
157	-1,5	500								
158	-0,2	200			6320	-0,7	+0,1	-0,6	17	
159	-1,2	500								
160	-2,3	200								
161	-0,5	400								
162	-1,7	280								

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
163	-0,7	1120	1700	560						
164	-2,1	500	1600	500						
165	-0,8	300								
166	+0,2	600								
167	0,0	500								
168	+1,6	300			5300	+0,8	+0,1	+0,9	18	
169	-0,9	700	2200	475						
170	-1,1	720								
171	+1,5	550								
172	+3,8	330								
173	+5,4	300								
174	+4,7	480								
175	+1,4	370								
176	-0,6	350	2800	340						
177	+0,3	530								
178	-2,8	250			300	-2,6	-	-2,6	19	Ходорів
179	-1,7	420	700	150						
180	-2,6	300								
181	-1,2	200								
182	-4,5	300								
183	-4,3	580								
184	-2,6	300								
185	-1,8	500								
186	-2,1	400	1850	220						
187	-1,6	450	1990	430						
188	-3,1	1200	4200	330	5730	-2,3	+0,1	-2,2	20	
189	-4,4	200								
190	-2,0	200								

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
191	-2,9	310								
192	+1,0	590	960	305						
193	-2,2	250								
194	0,0	250								
195	+2,9	550								
196	0,0	300								
197	-1,2	200								
198	+1,5	450	855	450						
199	0,0	250								
200	+2,0	350								
201	+4,4	400								
202	+2,3	450								
203	+3,2	700								
204	+2,6	300								
205	+1,9	1400	2000	340	9490	+1,6	+0,1	+1,7	21	
206	+3,1	200								
207	+1,8	700								
208	0,0	600								
209	+2,0	700								
210	+1,4	300								
211	+2,9	200								
212	0,0	400	1600	200						
213	-1,4	300								
214	0,0	740								
215	-5,7	400								
216	-6,7	1280	1750	410	2000	-5,4	+0,1	-5,3	22	
217	0,0	320								
218	+1,8	400								

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
219	+4,2	580			2280	+1,4	+0,1	+1,5	23	
220	0,0	1300	1050	470						
221	-7,8	320			1420	-7,7	-	-7,7	24	
222	-9,0	300								
223	-7,7	600								
224	-5,8	200								
225	-10,3	250			250	-10,3	-	-10,3	25	
226	-6,7	300			950	-4,1	-	-4,1	26	
227	-4,1	450								
228	0,0	200								
229	+2,7	200			3050	+3,6	+0,1	+3,7	27	
230	+6,0	620								
231	+4,0	430								
232	+3,0	450								
233	+5,9	200								
234	+3,0	300	1000	290						
235	+1,3	550								
236	+3,3	300	4100	140						
237	+0,7	280			1860	+1,8	+0,1	+1,9	28	
238	0,0	350								
239	+1,1	300								
240	+2,2	300								
241	+4,4	200								
242	+2,8	430	1800	300						
243	+6,1	970			1170	+6,1	-	+6,1	29	
244	+6,3	200								
245	+2,5	1100			2270	+2,2	+0,02	+2,22	30	
246	+3,1	720	1900	130						

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
247	0,0	450								
248	+8,7	1120	1200	340	1120	+8,7	+0,2	+8,9	31	
249	-6,8	280								
250	-8,3	450	1800	225						
251	-7,5	500								
252	-8,7	300								
253	-7,7	300								
254	-9,2	200								
255	-7,3	600	920	250	4680	-7,9	+0,2	-7,7	32	
256	-9,1	200								
257	-8,0	700								
258	-7,4	300	1450	300						
259	-8,6	500	1520	520						
260	-7,4	350	1400	220						
261	-1,6	1300								
262	0,0	1350	1880	270						
263	-1,2	600								
264	0,0	900								
265	-0,4	400								
266	0,0	400								
267	+0,9	300			8150	-1,0	+0,1	-0,9	33	
268	0,0	490								
269	-3,5	610	1825	520						
270	-1,6	200								
271	-2,9	300								
272	-1,3	250								
273	+1,8	250								
274	-1,8	500	765	430						

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
275	-4,1	300								
276	-5,0	650			650	-5,0	-	-5,0	34	
277	0,0	1850			2500	-0,5	-	-0,5	35	
278	-1,8	650								
279	0,0	650			650	0,0	-	0,0	36	Галич
280	-2,3	200			1700	+1,2	+0,1	+1,3	37	
281	0,0	200								
282	+1,7	300	980	160						
283	0,0	200	810	130						
284	-1,3	200								
285	+6,0	380								
286	0,0	220								
287	-2,6	360			7950	-0,7	+0,2	-0,5	38	
288	0,0	480	760	470						
289	-3,0	460	950	110						
290	0,0	720								
291	-3,1	680								
292	-0,6	500								
293	0,0	550								
294	-2,2	450								
295	0,0	2200	1800	390						
296	-0,9	200								
297	0,0	1350	930	660						
298	+9,0	415			415	+9,0	-	+9,0	39	
299	0,0	335			785	+0,01	+0,03	+0,04	40	
300	-2,2	200	4100	115						
301	+1,8	250								
302	+7,5	200			930	+8,1	-	+8,1	41	

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
303	+8,2	730								
304	0,0	720	845	720	6120	-0,2	+0,1	-0,1	42	
305	-2,5	700								
306	-1,4	950								
307	+1,6	300								
308	0,0	250								
309	-0,8	500	3470	490						
310	0,0	1150								
311	+1,9	850								
312	0,0	200								
313	+2,2	200								
314	0,0	300								
315	+3,5	720								
316	-1,5	280								
317	0,0	200								
318	+1,5	400								
319	+4,1	600	1570	550						
320	+3,0	400								
321	+5,3	300								
322	0,0	100								
323	-2,5	400								
324	0,0	300								
325	+2,2	350								
326	+4,4	350								
327	+4,1	1200	2840	850						
328	+4,9	250								
329	+1,5	750								
330	0,0	750	1500	420						

Закінчення таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
331	+2,3	830			2360	+1,1	+0,1	+1,2	44	
332	0,0	220								
333	+1,2	560								
334	+6,9	540			960	+7,5	-	+7,5	45	
335	+8,3	420								
336	+2,3	580			580	+2,3		+2,3	46	Ів.-Фр.

Таблиця А.2 – Результати розрахунку питомих рівнодіючих сил для електровоза 2ДС3

V, км/го Д	Режим тяги										Режим холостого ходу					Режим гальмування		
	$F_k$ Н	$\omega'_0$ Н/к Н	$W'_0$ Н	$\omega''_0$ Н/к Н	$W''_0$ Н	$W_0$ Н	$F_k - W_0$ Н	$f_k - \omega_0$ Н/кН	$\omega_{x'}$ Н/к Н	$W_x$ Н	$W_x + W_0$ Н	$\omega_{ox}$ Н/к Н	$\Phi_{sp}$	$b_m$ Н/к Н	$\omega_{ox} + 0,5b_m$	$\omega_{ox} + b_m$		
0	620000	2,03	3585	0,90	44586	48171	571829	11,15	2,54	4485	49072	0,96	0,27	86,11	44,01	87,07		
10	608000	2,03	3585	0,90	44749	48334	559666	10,91	2,54	4476	49226	0,96	0,20	63,15	32,53	64,11		
20	594000	2,22	3920	0,98	48591	52511	541489	10,55	2,74	4838	53429	1,04	0,16	51,67	26,87	52,71		
30	582000	2,47	4362	1,08	53563	57925	524075	10,21	3,02	5324	58887	1,15	0,14	44,78	23,54	45,92		
40	569000	2,78	4909	1,20	59667	64576	504424	9,83	3,36	5933	65600	1,28	0,13	40,18	21,37	41,46		
50	556000	3,15	5562	1,35	66903	72465	483535	9,42	3,78	6666	73569	1,43	0,12	36,90	19,89	38,34		
60	543000	3,58	6322	1,52	75269	81591	461409	8,99	4,26	7522	82792	1,61	0,11	34,44	18,84	36,06		
62,7	540000	3,71	6545	1,57	77722	84267	455733	8,88	4,40	7775	85497	1,67	0,11	33,88	18,61	35,55		
70	480000	4,07	7187	1,71	84767	91954	388046	7,56	4,82	8502	93270	1,82	0,10	32,53	18,08	34,35		
80	422000	4,62	8158	1,93	95397	103555	318445	6,21	5,44	9606	105003	2,05	0,10	31,00	17,55	33,05		
90	378000	5,23	9235	2,16	107157	116393	261607	5,10	6,14	10833	117991	2,30	0,09	29,75	17,17	32,05		
100	338000	5,90	10418	2,42	120049	130468	207532	4,04	6,90	12184	132234	2,58	0,09	28,70	16,93	31,28		
110	307000	6,63	11707	2,71	134073	145780	161220	3,14	7,74	13658	147731	2,88	0,09	27,82	16,79	30,70		
120	282000	7,42	13102	3,01	149228	162330	119670	2,33	8,64	15257	164484	3,21	0,08	27,06	16,74	30,27		
130	260000	8,27	14603	3,34	165514	180117	79883	1,56	9,62	16978	182492	3,56	0,08	26,41	16,76	29,96		
140	243000	9,18	16210	3,69	182931	199141	43859	0,85	10,66	18823	201755	3,93	0,08	25,83	16,85	29,77		
150	226000	10,15	17923	4,07	201480	219403	6597	0,13	11,78	20792	222272	4,33	0,08	25,33	17,00	29,66		
160	212000	11,18	19742	4,46	221160	240902	-28902	-0,56	12,96	22885	244045	4,76	0,08	24,88	17,19	29,63		

Таблиця А.3 – Результати розрахунку питомих рівнодіючих сил для тепловоза 2М62

v, км/го д	Режим тяги										Режим холостого ходу					Режим гальмування		
	$F_k$ Н	$\omega'_0$ , Н/к Н	$W'_0$ Н	$\omega''_0$ , Н/к Н	$W''_0$ Н	$W_0$ Н	$F_k - W_0$ Н	$f_k - \omega_0$ Н/кН	$\omega_{x'}$ , Н/к Н	$W_x$ Н	$W_x + W_0$ Н	$\omega_{ox}$ Н/к Н	$\Phi_{сп}$	$b_m$ Н/к Н	$\omega_{ox} + 0,5b_m$	$\omega_{ox} + b_m$		
0	700434	2,03	4779	0,94	35041	39821	660613	16,67	2,55	6004	41045	1,00	0,27	86,11	44,05	87,11		
10	586049,4	2,03	4779	0,90	33667	38446	547603	13,82	2,55	5992	39659	1,00	0,20	63,15	32,57	64,15		
20	392400	2,22	5227	0,98	36540	41767	350633	8,85	2,76	6498	43038	1,09	0,16	51,67	26,92	52,75		
30	272718	2,47	5815	1,08	40253	46069	226649	5,72	3,05	7169	47422	1,20	0,14	44,78	23,59	45,97		
40	209934	2,78	6545	1,20	44806	51351	158583	4,00	3,40	8005	52811	1,33	0,13	40,18	21,42	41,52		
50	170694	3,15	7416	1,35	50199	57615	113079	2,85	3,83	9006	59204	1,49	0,12	36,90	19,95	38,40		
60	143226	3,58	8429	1,51	56431	64860	78366	1,98	4,32	10171	66602	1,68	0,11	34,44	18,90	36,12		
70	121644	4,07	9582	1,70	63504	73086	48558	1,23	4,89	11501	75005	1,89	0,10	32,53	18,16	34,42		
80	103986	4,62	10877	1,92	71416	82293	21693	0,55	5,52	12996	84412	2,13	0,10	31,00	17,63	33,13		
90	88290	5,23	12314	2,15	80168	92481	-4191	-0,11	6,23	14656	94824	2,39	0,09	29,75	17,27	32,14		
100	76518	5,90	13891	2,41	89759	103650	-27132	-0,68	7,00	16481	106240	2,68	0,09	28,70	17,03	31,38		

Таблиця А.4 – Розрахунок витрати електроенергії електровозом ДСЗ

Інтервал	$v_{сеп}$ , км/ГОД	$\Delta t$ , хв	$I_{децеп}$ , А	$I_{децеп} \cdot \Delta t$ , А хв
0 – 1	0,50	5	26,70	13,35
1 – 2	0,50	15	60,20	30,10
2 – 3	0,40	25	93,70	37,48
3 – 4	0,40	35	127,20	50,88
4 – 5	0,30	45	160,70	48,21
7 – 8	1,50	35	127,20	190,80
8 – 9	1,60	45	160,70	257,13
9 – 10	0,40	50,5	179,13	71,65
10 – 11	0,50	55,5	195,88	97,94
11 – 12	0,90	65	220,00	198,00
12 – 13	2,10	73,5	220,00	462,00
13 – 14	1,50	83,5	220,00	330,00
22 – 23	0,30	81,5	220,00	66,00
24 – 25	0,20	81,5	220,00	44,00
26 – 27	0,20	81,5	220,00	44,00
28 – 29	0,30	81,5	220,00	66,00
30 – 31	0,20	81,5	220,00	44,00
32 – 33	0,30	81,5	220,00	66,00
34 – 35	0,30	81,5	220,00	66,00
36 – 37	0,20	81,5	220,00	44,00
38 – 39	0,30	82	220,00	66,00
40 – 41	0,30	82	220,00	66,00
42 – 43	0,30	82,5	220,00	66,00
44 – 45	0,30	82,5	220,00	66,00
46 – 47	0,30	82,5	220,00	66,00
48 – 49	1,10	85	220,00	242,00

Продовження табл. А.4

Інтервал	$v_{сер}$ , КМ/ГОД	$\Delta t$ , ХВ	$I_{децеп}$ , А	$I_{децеп} \cdot \Delta t$ , А ХВ
50 – 51	0,20	75,5	220,00	44,00
52 – 53	1,50	84	220,00	330,00
54 – 55	1,30	85	220,00	286,00
57 – 58	0,20	71,5	220,00	44,00
61 – 62	0,90	74	220,00	198,00
67 – 68	1,00	78	220,00	220,00
68 – 69	1,30	82,5	220,00	286,00
69 – 70	0,70	87,5	220,00	154,00
71 – 72	0,90	85,5	220,00	198,00
72 – 73	0,80	87,5	220,00	176,00
76 – 77	0,40	81,5	220,00	88,00
78 – 79	0,50	80	220,00	110,00
81 – 82	0,50	81	220,00	110,00
83 – 84	0,50	83	220,00	110,00
84 – 85	0,50	87,5	220,00	110,00
87 – 88	0,70	80	220,00	154,00
89 – 90	0,60	80,5	220,00	132,00
91 – 92	0,60	80,5	220,00	132,00
94 – 95	0,70	81,5	220,00	154,00
95 – 96	0,60	83,5	220,00	132,00
96 – 97	0,20	84	220,00	44,00
98 – 99	0,80	81	220,00	176,00
100 – 101	1,60	85	220,00	352,00
102 – 103	1,60	85	220,00	352,00
$\sum I_{децеп} \cdot \Delta t =$				6891,55