

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет Львівського інституту
(назва факультету)

Кафедра Управління перевезеннями і технологічними процесами залізниць
(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи**

Перший (бакалаврський) ступінь вищої освіти
(ступінь вищої освіти)

на тему: Удосконалення приміських пасажирських перевезень на залізній ділянці

за освітньою програмою **Організація перевезень та управління на залізничному транспорті**

зі спеціальності: **275 Транспортні технології**
(номер і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: УЗ19117


(підпис студента)

/ Роман ДОЛИНЮК /

(підпис)

Керівник:


(підпис)

/доцент Микола БАБ'ЯК/

(посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

/доцент Олег ВОЗНЯК/

(посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

(назва розділу)

(підпис)

/ (посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ) /

(назва розділу)

(підпис)

/ (посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ) /

(назва розділу)

(підпис)

/ (посада, ім'я ПРІЗВИЩЕ) /

(назва розділу)

(підпис)

/ (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 Lviv Institute
(faculty)

Department "Management of transportation and technological processes of railways"
(department)

**Explanatory Note
to the Qualification Work**

First (bachelor's) higher education degree
(higher education degree)

on the topic: Improving suburban passenger traffic on a given section

according to educational curriculum Organisation of transportation and management of railway transport

in the Speciality: 275 Transport technologies
(speciality and its code)

Done by the student of the group: UZ19117 / Roman DOLYNIUK /
(name, surname)

Scientific Supervisor: /Associate Professor Mykola BABYAK/
(position, name, surname)

Normative controller : /Associate Professor Oleh VOZNYAK/
(position, name, surname)

Supervisors

_____ (Chapter title heading)	/ _____ / (position, name, surname)
_____ (Chapter title heading)	/ _____ / (position, name, surname)
_____ (Chapter title heading)	/ _____ / (position, name, surname)
_____ (Chapter title heading)	/ _____ / (position, name, surname)

ЗМІСТ

ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	6
ВСТУП	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА МОТОРВАГОННОГО ДЕПО.....	8
1.1 Історична довідка	8
1.2 Основні параметри депо та мета його діяльності.....	9
2 АНАЛІЗ ШЛЯХІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ.....	12
2.1 Вплив режимів ведення електропоїзда на витрату електроенергії.....	12
2.2 Впровадження технічних засобів для вибору раціональної швидкості руху	26
2.3 Раціоналізація ділянок обертання електропоїздів.....	30
2.4 Підвищення середньодобового пробігу електропоїздів.....	31
3 ТЯГОВІ РОЗРАХУНКИ	34
3.1 Основні технічні параметри електропоїзда ЕР-2	34
3.2 Спрямлення профілю заданої ділянки колії	36
3.3 Побудова кривих швидкості, часу ходу поїзда, струму	45
3.4 Визначення часу ходу поїзда по перегонах.....	47
3.7 Визначення витрат енергетичних ресурсів.....	50
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	54

					0042. 190570.01.ВКР.ПЗ			
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Удосконалення приміських пасажирських перевезень на заданій ділянці	Літера	Аркуш	Аркуші
Розробив		Роман ДОЛІНКО		10.05.22				
Консульт							5	54
Перевірив		Микола БАБ'ЯК		10.06.22		ЛІ УДУНТ		
Н. контр.		Олег ВОЗНЯК						
Зав. каф.		Богдан ГЕРА						

**(ЗАВДАННЯ НА РОБОТУ (ОКРЕМИЙ ДОКУМЕНТ, ОДИН ЛИСТ З
ДВОХ СТОРІН ЗГІДНО ШАБЛОНУ))**

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

54 с., 3 рис., 7 табл., 10 джерел.

Об'єкт дослідження – перевізна робота приміських електропоїздів.

Мета роботи – удосконалення приміських пасажирських перевезень на заданій ділянці шляхом економії енергоресурсів на тягу поїздів.

Методи дослідження – аналітичні, графічні.

З метою удосконалення приміських пасажирських перевезень шляхом економії енергоресурсів у моторвагонному депо запропоновано низку конструктивних та організаційних заходів з економії електроенергії у приміському русі. Серед них такі заходи як вибір раціональної швидкості руху, раціоналізація ділянок обертання електропоїздів, підвищення середньодобового пробігу електропоїзда, підвищення середньодобової продуктивності електропоїзда, автоматизація процесу ведення електропоїздів, автоматизація керування локомотивним парком.

Результати роботи можуть бути впроваджені у моторвагонному депо Львів.

Ключові слова: ДЕПО, ЕЛЕКТРОПОЇЗД, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ЕНЕРГОРЕСУРСИ, ЕКОНОМІЯ.

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

ПТЕ	Правила технічної експлуатації залізниць України
ЕР-2	Електропоїзд Ризький
ЕПЛ2т	Електропоїзд Луганський

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						6
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних ринкових економічних умовах, які склалися на залізницях України, гостро постала проблема удосконалення роботи лінійних підприємств залізничного транспорту.

Основними задачами транспорту є своєчасне, якісне і повне задоволення потреб народного господарства і населення в перевезеннях, підвищення економічної ефективності його роботи. Для цього необхідно забезпечити удосконалювання організації експлуатаційної роботи залізниць, ремонту й утримання колії і рухомого складу, значно підвищити продуктивність локомотивів і вагонів, збільшити швидкості руху поїздів, прискорити оборот вагонів; забезпечити подальший розвиток і технічне переозброєння локомотивних і вагонних депо, заводів по ремонту рухомого складу.

Метою даного дипломного проекту є удосконалення приміських пасажирських перевезень на заданій ділянці шляхом розробки техніко-економічних заходів для економії енергоресурсів у моторвагонному депо.

Досягнення цієї мети дозволить значно покращити ефективність використання рухомого складу депо.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						7
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА МОТОРВАГОННОГО ДЕПО

1.1 Історична довідка

У 2023 році моторвагонному депо Львів виповниться сорок років з часу його введення в експлуатацію. Цей відокремлений підрозділ є наймолодшим на Львівській залізниці та виконує важливу функцію приміських пасажирських перевезень на теренах Галичини та Закарпаття.

На початку створення депо парк електропоїздів складався в основному із серії поїздів СР-3, 1949 року випуску. З 1988 року рухомий склад поповнюється електропоїздами серії ЕР-2. В 1995 році повністю проведено заміну електропоїздів серії СР-3, випущених в 1963 році, на ЕР-2, які надійшли з інших залізниць. Перший новий електропоїзд серії ЕР-2Т депо отримало в 1994 році виробництва Ризького вагонобудівного заводу.

Першочерговими напрямками розвитку моторвагонного депо Львів стали: будівництво котельні депо, будівництво цеху ПР-2 та ПР-3, добудова цеху ТО-3 та ПР-1, будівництво пункту для круглорічної зовнішньої обмивки кузовів вагонів, обладнання технологічної площадки для прибирання та миття салонів вагонів, встановлення колесотокарного верстату та кран-балки. Постійно відбувався розвиток колійного господарства депо.

У 2001...2008 роках депо отримало нові електропоїзди покращеної комфортності українського виробництва ХК “Луганськтепловоз” серії ЕПЛ-2т, які експлуатуються на дільниці Львів-Моршин, Львів-Трускавець, Львів – Самбір – Сянки, Львів – Мостиська-ІІ – Держкордон, Львів – Шкло, Львів - Ужгород. Приписний парк депо поповнився новими електропоїздами, які обладнані автоматичною локомотивною сигналізацією магістральних локомотивів АЛС-МУ, для цього сучасного МВРС впроваджена комп’ютерна розшифровка касет швидкостемірних стрічок з контролем за 8 параметрами руху, що забезпечує високу якість цієї роботи і дозволяє накопичувати і зберігати результати довготривалий час.

Парк електропоїздів постійного струму наведено у табл. 1.1.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						8
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Інвентарний парк депо

Серія електрорухомого складу	Значення
ЕР-1	5
ЕР-2	84
ЕР-2Т	10
ЕПЛ-2Т	26
Всього секцій	125
Всього составів	15
Середній склад поїзда, секцій	8,3

1.2 Основні параметри депо та мета його діяльності

Метою діяльності моторвагонного депо Львів є: забезпечення технічно справного стану парку МВРС і стабільної та ефективної роботи його в експлуатації; забезпечення безпеки руху поїздів, розробка і здійснення заходів щодо попередження порушень, аварій і випадків браку в роботі; розвиток, утримання у справному стані і раціональне використання деповських пристроїв та устаткування, впровадження новітніх досягнень науки й техніки, передового досвіду, максимальне використання виробничих потужностей, підвищення рівня механізації трудових процесів, організація двозмінного, а на унікальному й дорогому устаткуванні й там, де необхідно за умовами виробництва, трьох або чотирьох змінного режиму роботи; поліпшення умов праці, організації робочих місць і дотримання вимог, правил і норм техніки безпеки та виробничої санітарії.

Продукцією моторвагонного депо Львів є перевезення та ремонт. Для обліку продукції моторвагонного депо прийняті наступні одиниці: 1000 т-км бруто, поїздо-кілометри та секціє-кілометри, одна відремонтована секція по серіях і видах ремонту, об'єм ремонту в приведених одиницях [2].

Моторвагонне депо Львів виконує роботи і надає додаткові послуги відповідно до плану та укладених договорів. Ділянки експлуатації, технічного

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						9
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

обслуговування, поточного ремонту МВРС та інші підрозділи, що входять до складу депо працюють на умовах внутрішнього господарського розрахунку або колективного підряду.

Моторвагонне депо розробляє річні плани на основі контрольних цифр, показників, що впливають із госпрозрахункових відносин, економічних нормативів і лімітів, затверджених службою приміських перевезень.

Затверджуваними показниками, які впливають із госпрозрахункових взаємин, є: приведені тонно-кілометри бруто у приміському русі в межах ділянок обслуговування локомотивними бригадами; програма поточного ремонту і технічного обслуговування моторвагонного рухомого складу по видах ремонту та серіях локомотивів, у тому числі для депо інших доріг та інших міністерств і відомств; деповський відсоток несправних МВРС; норма простою несправних МВРС у ремонті; норма витрати електроенергії на тягу; експлуатаційний парк МВРС.

Виходячи з конкретних умов роботи моторвагонного депо Львів, служба приміських перевезень може затвердити інші показники, що впливають із госпрозрахункових відносин депо з різними підприємствами та організаціями.

План моторвагонного депо розробляється на основі економічних нормативів: плати у службу приміських перевезень за виробничі фонди; відрахувань службі приміських перевезень від розрахункового прибутку для централізованих розрахунків; відрахувань від розрахункового прибутку, а також від амортизаційних відрахувань на повне відновлення основних фондів у централізований фонд розвитку виробництва, науки й техніки; утворення фонду соціального розвитку; утворення фонду розвитку виробництва, науки й техніки; утворення фонду матеріального заохочення; утворення загального фонду заробітної плати; граничного рівня запасів товарно-матеріальних цінностей на гривню витрат; співвідношення між приростом середньої заробітної плати і приростом продуктивності праці.

Моторвагонному депо Львів установлюється ліміт на матеріально-технічні ресурси, що розподіляються централізовано, з урахуванням їх

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						10
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

економії. Річний план економічного й соціального розвитку депо включає наступні розділи: об'єм експлуатаційної роботи та програма ремонту МВРС; техніко-виробничі показники; план по праці; план експлуатаційних витрат; визначення собівартості і розрахункової ціни по депо.

Моторвагонне депо Львів забезпечує перевезення пасажирів на плечах обороту, характеристика яких наведена у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 –Характеристики тягових пліч моторвагонного депо Львів.

Плече	Довжина, км	Кількість пар поїздів на добу
Приміський рух		
Львів-Сянки	168	5
Львів-Стрий	75	3
Львів-Лавочне	147	3
Львів-Моршин	90	2
Львів-Самбір	78	2
Львів-Шкло	44	4
Львів-Мостиська	78	6
Львів-Судова Вишня	52	1
Львів-Клепарів	2	2
Стрий-Моршин	15	2
Стрий-Самбір	69	5
Самбір-Сянки	91	1
Пасажирський рух		
Львів-Мукачево	224	1
Львів-Ужгород	283	1
Львів-Трускавець	114	4

2 АНАЛІЗ ШЛЯХІВ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

2.1 Вплив режимів ведення електропоїзда на витрату електроенергії

Фактори, що впливають на режими ведення електропоїзда. Режим ведення електропоїзда вибирається відповідно до розкладу і умов руху. Режимів руху поїзда в експлуатації може бути безліч, оскільки вони визначаються багатьма факторами. Це профіль колії (підйом, ухил, площадка), порядок виведення пускових резисторів, втрати в тягових двигунах, розташування сигналів, сигнальних знаків, тощо).

Багато факторів мають непостійний характер. Так, на приміських ділянках неоднакові відстані між зупинними пунктами, ухил колії, обмеження швидкості по стрілочних переводах, чистота рейок, покази сигналів, рівень напруги в контактній мережі, заселеність вагонів пасажирами, кліматичні умови, параметри устаткування електропоїзда, його регулювання і якість роботи, тощо.

Усі ці та багато інших факторів впливають на режим ведення поїзда, а отже, і на енергетичні затрати. Тому ідеального повторення одного і того ж режиму ведення поїзда добитися практично неможливо.

При такій складній залежності дуже важко досліджувати і порівнювати роботу електропоїздів в експлуатації. Витрату електроенергії можна визначити безпосередніми масовими вимірюваннями і методом статистики, оскільки взаємозв'язок факторів і взаємний вплив законів зміни кожного фактора ще недостатньо вивчені.

У депо, за статистичними даними витрати електроенергії, за допомогою передових машиністів розробляють наближений режим руху поїзда і поширюють його серед локомотивних бригад у вигляді режимних карт.

Для розгляду режиму руху поїзда треба знати основні складові втрат електроенергії в експлуатації:

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						12
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$$A_{\text{екс}} = A_{\text{кін. р}} + A_{\text{ор}} + A_{\text{ір}} + A_{\text{п}} + A_{\text{сн}} - A_{\text{рек}}, \quad (2.1)$$

де $A_{\text{кін. р}}$ – кінетична енергія розгону;

$A_{\text{ор}}$ – енергія на подолання руху при розгоні;

$A_{\text{ір}}$ – енергія на подолання підйомів;

$A_{\text{п}}$ – пускові втрати енергії;

$A_{\text{сн}}$ – електроенергія на власні потреби;

$A_{\text{рек}}$ – електроенергія, що отримана у результаті рекуперації.

Режими руху. Режим руху поїзда можна розділити на декілька фаз (рис. 2.1): розгін, сталий рух, вибіг, гальмування і стоянка.

Розглянемо фазу розгону поїзда.

При їзді під струмом сила тяги двигунів здійснює роботу, необхідну для зміни швидкості і подолання сил опору. Для визначення умов руху поїзда користуються діаграмою $F_k - W_0 = f(v)$ або у вигляді питомих значень $f_k - \omega_0 = f(v)$, яка називається діаграмою прискорюючих і уповільнюючих сил. Якщо рівнодіюча сила рівна нулю ($f_k - \omega_0 = 0$), то має місце рівномірний рух поїзда, якщо більше нуля ($f_k - \omega_0 > 0$), – рух прискорений, а якщо менше нуля ($f_k - \omega_0 < 0$), – сповільнений.

Фазу розгону поїзда можна розділити на два періоди: перший – до моменту виходу на автоматичну характеристику і другий – рух поїзда від швидкості виходу на автоматичну характеристику v_i до досягнення сталої швидкості руху v_y .

Перший період, який називається періодом пуску, характеризується постійним прискоренням $a_{\text{п}} = \text{const}$, з ним пов'язана пускова потужність тягових двигунів, яка може бути реалізована при розгоні.

Час пускового періоду $t_n = v_n / a_n$ для заселеного електропоїзда становить приблизно 14,6 с.

Пускова швидкість v_n відповідає моменту повного виводу пускових резисторів.

У пусковий період багато електричної енергії втрачається в пускових резисторах (для електропоїздів ЕР-2 – близько 4,6 кВт), Залежно від довжини перегону відсоток втрат електроенергії в пускових резисторах змінюється: чим менша відстань між зупинними пунктами, тим більші втрати. Втрати в пускових резисторах залежать і від швидкості. При малих швидкостях і коротких перегонах відсоток втрат у 3 рази більший, ніж при великих швидкостях.

На перегонах завдовжки від 6 до 12 км відсоток втрат на малих швидкостях приблизно в 2 рази більший, ніж на великих швидкостях. Це пояснюється тим, що рух поїзда на великих швидкостях проходить тривалий час на ходових безреостатних позиціях з повністю виведеними пусковими резисторами. Час виходу на безреостатну позицію складає приблизно 14,6 с. Втрати в пускових резисторах, у Вт·год визначаються:

$$A_n = \sum_1^k A_k = \frac{1}{3600} \left(\sum I_{\text{пер}}^2 R_{k1} t_k + 2 \sum I_{\text{пер}} R_{k2} t_k \right), \quad (2.2)$$

де A_k – втрати енергії на k -ій реостатній позиції, Вт·год;

k – кількість позицій реостатного пуску;

k_1 – кількість позицій реостатного пуску при послідовному з'єднанні двигунів;

k_2 – те ж на послідовно-паралельному з'єднанні;

R_{k1} – опір пускових резисторів на k -ій позиції при послідовному з'єднанні, Ом;

R_{k2} – те ж на k -ій позиції при послідовно-паралельному з'єднанні, Ом;

t_k – час пуску на k -ій позиції, с;

$I_{n.cp}$ – середнє значення пускового струму, А.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						14
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Відсоток пускових втрат на електропоїздах ЕР-2Р приблизно в 1,5 рази вищий, ніж на електропоїздах ЕР-2. Це пояснюється тим, що на електропоїздах ЕР-2Р передбачено тільки послідовне з'єднання тягових двигунів.

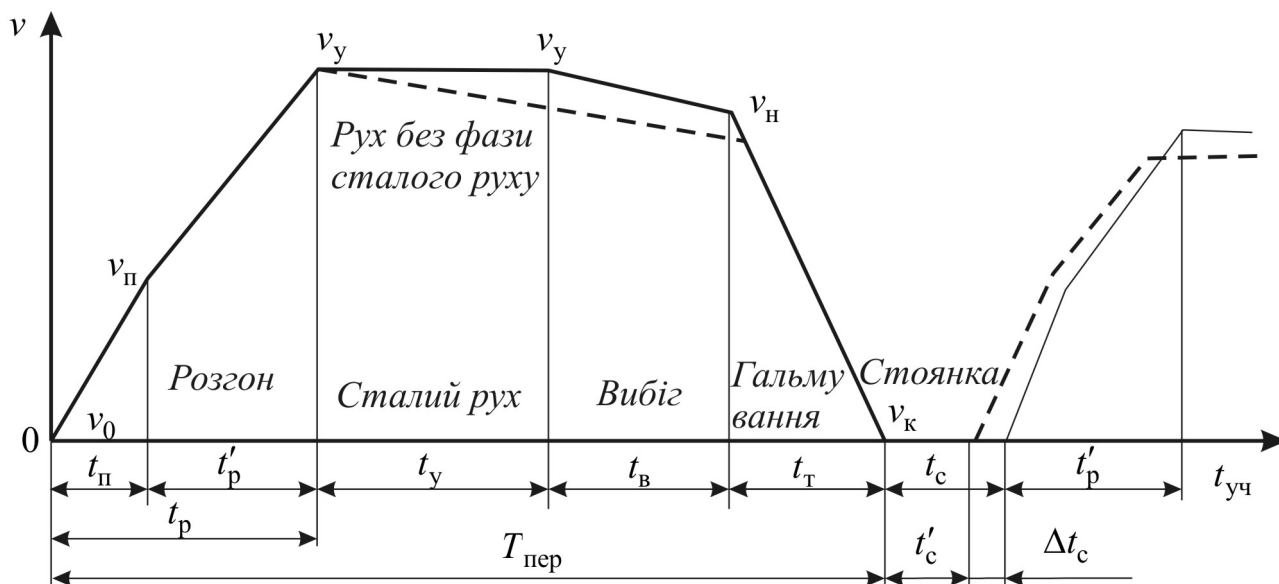


Рисунок 2.1 – Об'єднані фази кривої руху приміського поїзда

Слід відзначити, що пускові втрати на практиці бувають дещо вищі, ніж отримані по формулі. Відбувається це тому, що деякі машиністи при відправленні поїзда із зупинного пункту тривалий час затримують рукоятку контролера машиніста в маневровому положенні, тим самим здійснюють їзду з повністю введеними пусковими резисторами. Це приводить до перевитрати електроенергії в пусковий період. Протягом 2 с в пускових резисторах поїзда втрачається близько 1 кВт·год електроенергії.

При другому періоді розгону час ходу поїзда від швидкості пуску $v_п$ до сталої швидкості v_y

$$t'_p = (v_y - v_п) / a'_{cp}, \quad (2.3)$$

де a'_{cp} – середнє прискорення на шляху розгону поїзда від пускової до сталої швидкості, м/с².

Загальний час ходу від початкової швидкості $v_0 = 0$ до сталої v_y

$$t_p = v_y / a_{cp} , \quad (2.4)$$

де a_{cp} – середнє прискорення по усій фазі розгону від v_0 до v_y .

Режим розгону поїзда характеризується вибором правильного положення рукоятки контролера машиніста в період пуску. Машиніст перед вибором режиму розгону поїзда повинен врахувати відстань між зупинними пунктами, час, закладений в розкладі, пускові характеристики електропоїзда, стан рейок (брудні або чисті), втрати в тягових двигунах тощо.

При роботі тягового двигуна виникають електричні втрати в міді, які збільшуються пропорційно квадрату струму, і магнітні втрати в якорі і полюсах, що зростають із збільшенням частоти обертання якоря, тобто із збільшенням швидкості руху електропоїзда.

Отже, перші досягають великих величин при розгоні, другі — при їзді в тяговому режимі з високими швидкостями.

Під час ведення поїзда машиніст, вибираючи положення рукоятки контролера, повинен враховувати електричні втрати в тягових двигунах. Наприклад, при другому положенні рукоятки контролера машиніста електричні втрати дещо менші унаслідок того, що послідовне з'єднання тягових двигунів при ослабленому збудженні зменшує опір обмоток та к.к.д. двигунів підвищується до 0,782. Електричні втрати також змінюються залежно від ступеня нагріву тягових двигунів.

При послідовно-паралельному з'єднанні тягових двигунів (третє положення рукоятки контролера) з підвищенням частоти обертання якоря росте потужність двигуна і збільшуються втрати, але потужність росте швидше, ніж втрати, і це приводить до підвищення к.к.д. до 0,847. При ослабленому збудженні (четверте положення рукоятки контроллера) потужність втрат в двигуні знижується і к.к.д. двигуна зростає до 0,868.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						16
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Механічні втрати залежать від стану якірних підшипників, наявності в них мастила, правильності установки якоря в буксових щитах тягового двигуна по інших причинах, пов'язаних з монтажем і експлуатацією. Механічні втрати із збільшенням швидкості електропоїзда зростають.

Для того, щоб правильно вибрати режим розгону залежно від відстані між зупинними пунктами і часу, закладеного в розкладі руху поїздів, необхідно врахувати ще ряд факторів, які можуть впливати на режим руху поїзда в інших фазах, тобто в період вибігу і гальмування.

Якщо попереду профіль колії легкий і є можливості проходження його на вибігу без додаткового підключення тягових двигунів, розгін поїзда машиніст здійснює до найбільшої необхідної швидкості при послідовно-паралельному з'єднанні тягових двигунів і ослабленому збудженні.

Якщо попереду профіль і план важкі (підйом, криві), можливість використання тривалого вибігу відсутня із-за різкого падіння швидкості поїзда. Машиністові доводиться на перегоні проводити повторні пуски і розгони, що викликає додаткові втрати в пускових резисторах і тягових двигунах.

Спосіб розгону в таких випадках і рух поїзда по перегону можуть бути вигідними при рівномірній, постійній, приблизно незмінній швидкості руху поїзда. Машиніст підбирає таке положення рукоятки контроллера машиніста, при якому рух поїзда відповідатиме сталому режиму, а швидкість — виконанню графіка руху поїзда.

Перед затяжними підйомами, якщо перед ними розташовані майданчики або ухил, необхідно використовувати їх для розгону поїзда. У цих випадках в період розгону машиніст повинен враховувати кінетичну енергію, яка пропорційна масі поїзда і квадрату швидкості, і пам'ятати, що чим вища швидкість підходу до підйому, тим менше буде витрачено електроенергії на його подолання. Тому перед затяжними підйомами машиніст здійснює інтенсивний розгін поїзда. Після розгону він ставить рукоятку контроллера в нульове положення. Потім після невеликого вибігання машиніст ставить

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						17
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

рукоятку контроллера в одне з вибраних положень для підтримки постійної сталої швидкості по всьому перегону.

Описаний спосіб розгону поїзда вигідний на ділянках, де застосований зонний графік руху або відстань між зупинними пунктами не менше 5 км.

Процес розгону поїзда пов'язаний із запасом кінетичної енергії, якої набуває поїзд, набираючи швидкість. По співвідношенню між енергією кінетичною і енергією, узятою з контактної мережі, можна визначити коефіцієнт корисної дії розгону (рис. 2.2).

З кривої для руху на підйомі видно, що найбільший к.к.д. розгону досягається при швидкості 65–70 км/год. При розгоні вище вказаних швидкостей к.к.д. різко знижується. Швидкість 65 км/год є приблизно середнім значенням швидкості на ділянках доріг приміського руху.

Цим можна ще раз пояснити вигідність та найбільш раціональну витрату електроенергії при сталому русі на підйом. Така ж ситуація складається при їзді на майданчику, але найбільший к.к.д. розгону поїзда на майданчику досягається при швидкості 80 км/год.

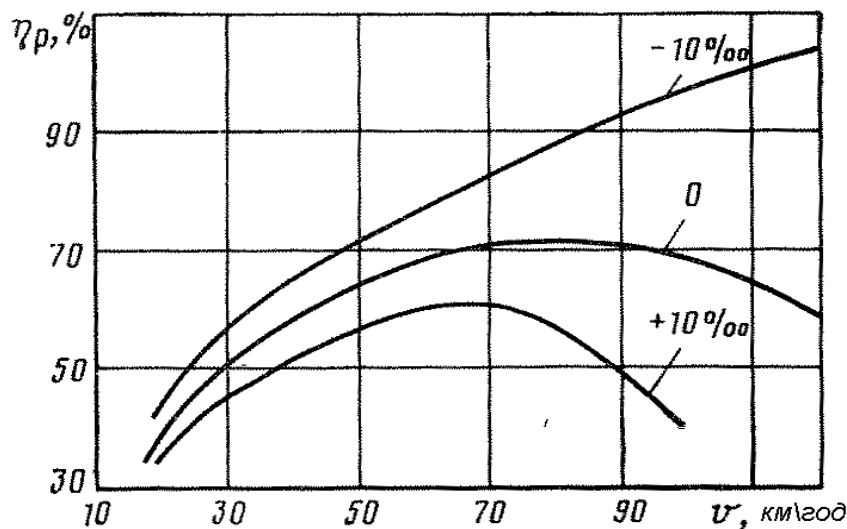


Рисунок 2.2 – Криві к.к.д. розгону поїзда ЕР-2

Розгін поїзда на ухилі характеризується найбільшим к.к.д і, може доходити до 100% і вище [3]. Це пояснюється тим, що на ухилі додається потенційна енергія. При коротких перегонах, коли поїзд рухається зі всіма

зупинками, розгін поїзда повинен здійснюватися з розрахунком максимального використання вибігу і максимально ефективного гальмування.

При коротких перегонах дуже важливо вибрати правильне положення рукоятки контроллера машиніста, а отже, і з'єднання тягових двигунів. Дослідними поїздками електропоїздів на одних і тих же ділянках колії в однакові відрізки часу за допомогою лічильників встановлено, що при наборі швидкості до 50 км/год найбільш вигідним є друге положення рукоятки КМ (табл. 2.1), що відповідає послідовному з'єднанню тягових двигунів з ослабленим збудженням.

Таблиця 2.1 – Результати вимірювань витрати електроенергії при різних режимах руху

Положення рукоятки контроллера машиніста	Задана швидкість, км/год	Час їзди під струмом, с	Витрата електроенергії. кВт·год
Друге	40	22	3,1
	50	37	3,6
	60	53	4,6
	65	85	7,5
Третє	50	25	3,8
	60	30	4,4
	70	40	6,7
	80	56	8,9
	85	70	10
Четверте	50	24	3,8
	60	28	4,4
	70	37	6,5
	80	50	8,6
	90	70	10
	100	103	13,5

Примітки: заміри проводилися на горизонтальній ділянці колії; при другому

положенні рукоятки при швидкості 65 км/год і третьому положенні при швидкості 85 км/год рух сталий.

При необхідності збільшення швидкості вище 50 км/год друге положення рукоятки КМ стає невигідним із-за малої інтенсивності розгону, тобто із-за збільшення часу досягнення заданої швидкості, а отже, збільшення часу їзди під струмом.

Цей недолік особливо виявляється у години «пік», коли поїзди йдуть переповненими, а напруга в контактній мережі занижена. У цих випадках вигідно зібрати схему послідовно-паралельного з'єднання тягових двигунів з ослабленим збудженням, що відповідає четвертому положенню рукоятки контроллера машиніста.

Необхідно відзначити, що для підтримки певної швидкості процес розгону поїзда на окремих перегонах може здійснюватися неодноразово. Статистика показує, що повторне підключення контроллера машиніста для розгону поїзда на перегонах застосовують машиністи приблизно 15-25 % загальної кількості поїздів. Це позначається на збільшенні витрати електричної енергії.

Фаза сталого руху, як уже було відмічено вище, застосовується на ділянках з складним профілем колії, тобто там, де ускладнюються умови вибігу (наприклад, руху поїзда по затяжному підйому). Машиністи, ведучи електропоїзд під уклон або по майданчику, прагнуть зменшити фазу сталого руху або взагалі її не застосовувати (унаслідок збільшення вибігу) і тим самим зменшити витрату електроенергії. На коротких перегонах при будь-якому профілі колії сталий рух, як правило, не застосовується.

Час ходу у фазі сталого руху

$$t_{\text{с}} = (l - (l_{\text{д}} + l_{\text{а}} + l_{\text{о}})) / v_{\text{с}}, \quad (2.5)$$

де $l_{\text{д}}, l_{\text{а}}, l_{\text{о}}$ – шлях, пройдений поїздом при розгоні, вибіганні і гальмуванні.

l – довжина перегону, або дальність безупинного руху поїзда;

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						20
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Величина $l = (l_{\delta} + l_{\hat{a}} + l_{\delta})$ визначає шлях, пройдений поїздом із сталою швидкістю.

Розглянемо тепер питання вибору тривалості вибігу і моменту початку гальмування.

Вибіг – рух за інерцією з моменту відключення тягових двигунів до моменту включення гальм. Час руху в період вибігу

$$t_{\text{в}} = (v - v_{\text{н}}) / a_{\text{в}}, \quad (2.6)$$

де $v_{\text{н}}$ – швидкість початку гальмування;

$a_{\text{в}}$ – середнє уповільнення при вибігу.

При русі поїзда під уклон швидкість $v_{\text{н}}$ може бути більшою, ніж v_{δ} . У цьому випадку $a_{\text{в}}$ потрібно розглядати не як уповільнення, а як прискорення.

Згідно із статистичними даними і аналізом дослідження режимів руху фаза вибігу застосовується в експлуатації приміських електропоїздів дуже часто – майже на всіх поїздах з механічним гальмуванням. Тривалість вибігу займає від загального часу ходу по перегону (при нормальному режимі ведення поїзда, тобто за розкладом) від 30 до 80%.

Машиністи намагаються якомога більший час їхати без струму, тобто збільшувати час вибігу $t_{\text{в}}$. Оскільки загальний час руху по перегону $t_{\text{п}}$ інтенсивність гальмування відомі заздалегідь, залишається вирішити питання правильного вибору моменту виключення тягових двигунів, тобто моменту переходу електропоїзда на вибіг.

Від початку фази вибігу залежить початок фази гальмування. Пізній перехід на вибіг приведе до необхідності почати гальмування при більшій швидкості, і, отже, зайва електрична енергія, витрачена на розгін поїзда, поглинеться в гальмах у вигляді теплової енергії. При ранньому переході на вибіг може бути не витриманий встановлений час поїзда по перегону.

Практика показує, що при середній довжині перегону 3 км тривалість

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						21
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

вибігу на них складає близько 65%.

Для правильного визначення тривалості вибігу на ділянці необхідно розглядати декілька різних варіантів по кожному перегону окремо, тільки тоді можна оцінити кількісно витрату електроенергії і вибрати найвигідніший варіант. На кожній ділянці можливий такий взаємний розподіл загального часу ходу по трьох, чотирьох і більше перегонах, при якому сумарна витрата електричної енергії буде мінімальною.

Час гальмування поїзда від швидкості у момент початку гальмування v_n до кінцевої швидкості $v_k = 0$.

$$t_r = v_n / b_{cp} , \quad (2.7)$$

де b_{cp} – середнє гальмівне уповільнення.

Від швидкості початку гальмування і самого гальмівного режиму в значній мірі залежить витрата електричної енергії. На електропоїздах з пневматичним гальмуванням чим менше час t_r , тим більше економічний ефект. На електропоїздах з реостатно-рекуперативним гальмуванням процес рекуперації машиністи прагнуть затягнути шляхом зменшення інтенсивності гальмування і тим самим збільшити віддачу енергії.

На режим гальмування мають безпосередній вплив багато факторів: швидкість початку гальмування, завантаження вагонів, стан рейок, регулювання гальмівної важільної передачі, досвід локомотивної бригади та ін.

Швидкість початку гальмування залежить від режиму розгону і тривалості вибігу. Вибір початку гальмування і його інтенсивність залежать від графіка руху і кваліфікації машиніста.

Часто машиністи повну зупинку поїзда здійснюють із застосуванням ступінчастого гальмування до певної швидкості з переходом на ступінчатий відпуск (рис. 2.3, а).

Ступені гальмування здійснюються різним натисненням на колодки, а отже, в процесі ступінчатого гальмування кілька разів змінюється інтенсивність

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						22
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

гальмування.

Гальмівний шлях L_T при ступінчастому гальмуванні і відпуску значно збільшується. Це приводить до збільшення часу гальмування поїзда. При цьому машиністові для виконання графіка руху доводиться збільшувати перегінну швидкість, а це приводить до перевитрати електричної енергії.

Багато машиністів здійснюють гальмівний процес іншим методом. У початковий період застосовують інтенсивне гальмування, а поступово з пониженням швидкості знімають гальмівне зусилля, тобто під'їзд і зупинку поїзда здійснюють шляхом ступінчастого відпуску (рис. 2.3, б).

Час гальмування електропоїзда ЕР-2 і енергія, що поглинається при гальмуванні, залежно від швидкості початку гальмування і заселеності приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Час гальмування, та енергія, яка при цьому поглинається

Швидкість початку гальмування, км/год	Час від початку гальмування до повної зупинки, с	Енергія, що поглинається, кВт·год	Заселеність електропоїзда
40	10	2,08	Середня
50	14	3,25	Мала
60	17	4,67	Середня
70	19	6,37	Мала
80	21,5	8,31	Мала
90	30	10,52	Мала
Примітки: час гальмування визначався практичними вимірами на ділянці з найбільшим ухилом; енергія, що гаситься при гальмуванні, розрахована відповідно до Правил тягових розрахунків.			

При такому режимі гальмування гальмівний шлях і час гальмування трохи менший у порівнянні з режимом ступінчатого гальмування і ступінчастого відпуску, але все таки залишаються збільшеними.

Найбільш ефективним режимом гальмування є одноступінчатий режим (рис. 2.3, в). Інтенсивність гальмування при цьому способі найбільша, гальмівний шлях і час гальмування найменші. Але такий спосіб гальмування на брудних рейках не виключає можливості юза і вимагає точного розрахунку гальмівного шляху.

Найбільш правильним режимом гальмування як з погляду економії електричної енергії, так і з позиції виключення неприємних наслідків вважається режим з незначним пригальмовуванням в початковий період (долі секунди) і подальшим повним гальмуванням (рис. 2.3, з).

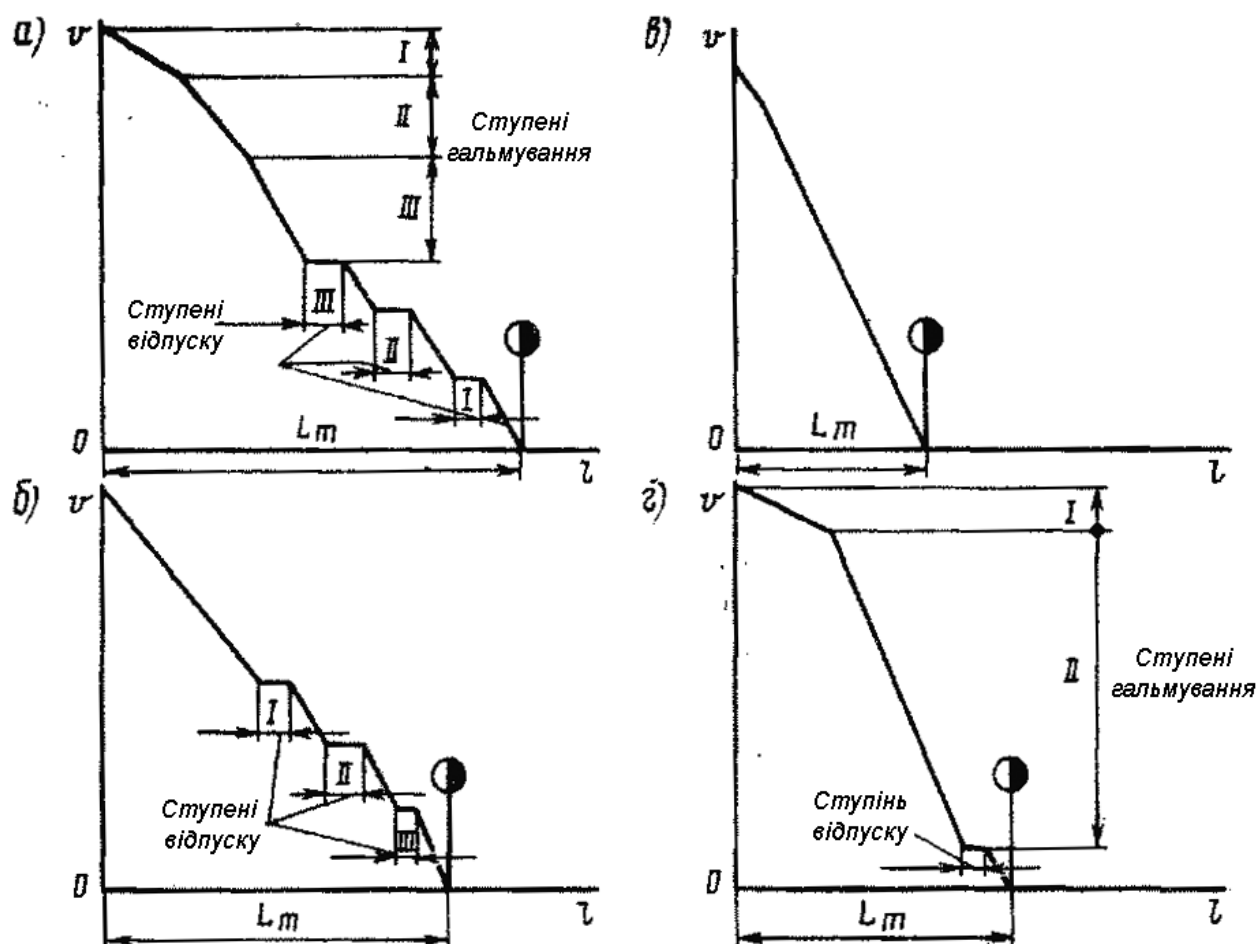


Рисунок 2.3 – Режими гальмування електропоїзда

Застосовуючи першу ступінь незначного гальмування на брудних рейках, машиніст очищає бандажі колісних пар від бруду і покращує зчеплення коліс з рейками.

Фаза стоянки включає тривалість проміжних стоянок поїзда для посадки і висадки пасажирів. У службовому розкладі, як правило, на проміжну стоянку передбачений час, заокруглений до 30 або 60 с. Фактичний час стоянки може бути менший, рівний або більший часу стоянки t'_c , який визначений розкладом.

Скорочення часу стоянок приводить до зменшення швидкості руху на перегонах, а отже, до скорочення витрати електроенергії. Час руху по ділянці $t_{\text{уч}}$ складається з сумарного часу руху по усіх перегонах і сумарного часу $\sum t_{\text{пер}}$, витраченого на стоянку поїзда: $t_{\text{уч}} = \sum t_{\text{пер}} + \sum t_{\text{ст}}$.

Від фактичної тривалості стоянок на проміжних зупинках залежить час знаходження поїзда в русі, а отже, і середня швидкість руху по перегону. Передові машиністи, розуміючи, який істотний вплив роблять на витрату електроенергії заощаджені секунди на стоянці поїзда, прагнуть не затримувати поїзд з відправленням, а, де можливо, скорочувати час, передбачений службовим розкладом.

Можливість використання частини часу стоянки для руху поїзда по перегону не скрізь однакова, оскільки пасажиропотік в населених пунктах різний, і, крім того, неоднаковий розподіл пасажирів по вагонах. Він залежить від розташування посадочної платформи і проходу на неї (місця знаходження тунеля, перехідного моста).

Тому, для того, щоб визначити час стоянки на зупинних пунктах, необхідно враховувати не тільки загальну кількість пасажирів, але і фактор розподілу їх в поїзді. На деяких зупинних пунктах посадка і висадка пасажирів проводяться тільки з одного або двох вагонів, що приводить до збільшення стоянки.

Проте на практиці середня фактична тривалість стоянок поїздів менше закладеної в розкладі. В деяких випадках, якщо заселеність електропоїзда мала, час стоянок скорочується на 50% і більше. При високих швидкостях руху на швидкісних перегонах навіть незначне скорочення стоянки приводить до значної економії електроенергії.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						25
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Скороченню часу стоянки поїзда на проміжних зупинних пунктах багато в чому сприяє злагодженість роботи локомотивної бригади і провідника хвостового вагону. Передача інформації машиністові про закінчення посадки і висадки пасажирів, а також про закриття автоматичних дверей повинна здійснюватися чітко і швидко.

Машиніст, що очолює локомотивну бригаду, повинен систематично проводити роботу із закріпленням помічника і провідником по відпрацюванню процесу відправлення поїзда.

2.2 Впровадження технічних засобів для вибору раціональної швидкості руху

Для вибору раціональної швидкості руху нами пропонується впровадження уніфікованої системи автоведення електропоїздів УСABП.

Система автоведення поїзда (УСАВП) є мікропроцесорним комплексом. Його апаратна частина уніфікована для всіх типів моторвагонного рухомого складу. Програмне забезпечення (бортова управляюча програма) реалізує енергооптимальне ведення електропоїзда.

Система складається з наступних функціональних блоків: центрального процесора, блоку комутації і сполучення, індикації, клавіатури, датчика шляху і швидкості, комплекту кабелів. У САВПЭ-Л блоки центрального процесора індикації і клавіатури конструктивно виконані у вигляді єдиного блоку центрального процесора. У САВПЕ-ЛМ блок індикації суміщений з блоком процесора. У системах САВПЭ-М і Савпе-М1 блок комутації і сполучення об'єднаний з блоком центрального процесора і конструктивно оформлений як блок автоматики.

Апаратура УСАВП отримує живлення від бортової мережі напругою 50 або 110 В постійного струму. Максимальна споживана потужність не перевищує 75 Вт. Система живлення гальванічно розв'язана від низьковольтних

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						26
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

кіл управління і сигналізації електропоїзда. Апаратура системи УСАВП встановлена в головному вагоні і підключена до вказаних кіл.

У блоці центрального процесора зберігаються програма автоведення, що управляє, і база даних для ділянок обслуговування конкретного депо, а також формуються команди управління електропоїздом. Блок комутації і сполучення підключений до кіл управління електропоїзда. У режимах тяги і гальмування він відпрацьовує команди процесора і подає напругу на відповідні дроти ланцюгів управління. Для цього в блоці є вихідні реле або транзисторні ключі, які підключені паралельно контакторам контролера машиніста КТМ. Логіка роботи реле і ключів аналогічна розгортці контролера машиніста.

При управлінні електропневматичним гальмом система автоведення також подає напругу на відповідні провода електропоїзда — 47 і/або 49. Система автоведення підключена також до низьковольтних кіл, які є вхідними для блоку комутації і сполучення (приймач вхідних сигналів). Вхідними сигналами для УСАВП є: сигнали АЛСН; імпульси датчика шляху і швидкості; сигнали РН, РБ, СОТ, 22Ш і 47.

У блоці комутації і сполучення вхідні сигнали гальванічно розв'язуються, приводяться до рівня напруги 5 В і подаються в центральний процесор, який з дискретністю 1 с проводить перерахунок управляючих дій. Окрім режимів управління електропоїздом, система автоведення видає в кабінку і салони вагонів мовні повідомлення. Вони підрозділяються на інформацію тільки для локомотивної бригади (відтворюються в кабінці машиніста) і повідомлення для пасажирів, які передаються в салонах електропоїзда.

При видачі мовних повідомлень тільки в кабінку система УСАВП за допомогою одного ключа К12 включає підсилювач УЮО. Інший ключ К14 розриває лінію сповіщення салонів.

На блоці індикації відображається оперативна інформація для машиніста про роботу системи автоведення: позиція контролера, розрахункова швидкість відключення і підключення тяги, режим роботи ЕПТ, час, що залишився до прибуття на зонну станцію, координата і величина

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						27
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

тимчасового обмеження швидкості і ін. У останній версії програми машиніст може встановити на блоці індикації значення фактичної швидкості руху, астрономічний час, номер і назву перегону, діаметр обода (бандажа) колеса, максимальну позицію розгону поїзда, режим роботи гальма.

Блок клавіатури служить для введення і коректування інформації про номер поїзда, введення тимчасових обмежень, завдання режимів роботи системи автоведення і ін.

У кабіні машиніста поряд з пультом розташована панель управління з тумблером включення живлення системи УСАВП, тумблером включення вихідних ланцюгів і кнопкою «Пуск».

Датчик шляху і швидкості, що встановлюється на буксу колісної пари, виробляє 42 імпульси за один оборот колеса. Він має два виходи, і у разі відмови одного каналу можна перейти на резервний канал. У програмі визначаються (з урахуванням діаметру бандажа) фактична швидкість руху і пройдений шлях між зупинними пунктами.

Бортова управляюча програма УСАВП забезпечує: розрахунок раціонального по витраті електроенергії часу ходу поїзда по окремих перегонах, виходячи з передбаченого графіка часу проходження контрольних станцій;

- визначення фактичної швидкості руху;
- розрахунок поточного астрономічного часу і часу, що залишився до контрольної станції;
- порівняння фактичної швидкості руху з розрахунковою і визначення необхідної швидкості руху поїзда для виконання розрахункового часу ходу, зокрема на ділянках наближення до сигналів світлофора, що вимагають зниження швидкості, при під'їзді до місць дій обмеження швидкості;
- вибір ходової позиції залежно від розрахункової величини швидкості;
- розрахунок координат шляху і місцеположення поїзда.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						28
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Вона також реагує на сигнали локомотивного світлофора і буксування, знижуючи позицію тяги або відключаючи тягу і відновлюючи її після припинення буксування.

У разі ручного управління система інформує машиніста про наступне:

- рекомендовані режими руху;
- розрахункове значення енергетично раціональної швидкості (розрахунковій швидкості) з точністю ± 1 км/год;
- фактичне значення швидкості поїзда (± 1 км/ч);
- часу ходу, що залишився до контрольної станції (± 10 с);
- довжина шляху до найближчої платформи з точністю 100 м (1 пікет);
- координаті початку найближчого тимчасового обмеження швидкості з точністю індикації 100 м (1 пікет), а при наближенні до нього — про довжину шляху, де місця, що залишилося до початку обмеження;
- тяговій позиції розгону або про стан гальма в режимі гальмування.

Додатково машиніст може отримати інформацію про номер і назву перегону, на якому знаходиться поїзд, астрономічний час з дискретністю 1 с діаметр обода колеса (бандажа) колісної пари, на якій встановлений датчик шляху і швидкості, координаті на якій знаходиться поїзд (км., пікет), максимальну позицію розгону поїзда.

УСАВП безперервно контролює правильність роботи функціональних вузлів апаратури. У разі виявлення порушень в їх роботі подає на індикатор сигнал «Збій». Бортова програма завантажується за допомогою персонального комп'ютера або спеціалізованого завантажувального модуля.

Переносний пульт САВПЕ-100ПМ служить для оперативної локалізації несправностей в системі на рівні блоків, при якій не потрібно демонтувати систему з електропоїзда. Він підключається між бортовою апаратурою електропоїзда і апаратурою системи і дозволяє імітувати і контролювати сигнали, що поступають з борту електропоїзда, датчика шляху і швидкості, забезпечує індикації: сигналів ланцюгів управління, сигналізації електропоїзда і команд управління.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						29
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Стационарний пульт САВПЕ-100СМ служить для повної функціональної перевірки і діагностики системи в умовах депо. Він виконує наступні функції:

- формує всі необхідні для роботи системи УСАВП напруги;
- імітує сигнали, що поступають з борту електропоїзда, датчика шляху і швидкості і датчика тиску;
- забезпечує індикацію імітованих сигналів що видаються видаваних системою сигналів.

2.3 Раціоналізація ділянок обертання електропоїздів

З подовженням ділянок обертання електропоїздів при змінній їзді: по-перше, підвищується використання МВРС 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 зміни локомотивних бригад на 5-7 хвилин скорочуються технологічні норми стоянки поїздів, на 12-14% зменшується завантаження приймально-відправних шляхів і до 30% стрілочних горловин; завдяки зменшенню числа переміщень електропоїздів по станційних коліях скорочується витрата електроенергії; по-четверте, подовження ділянок обертання сприяє концентрації технічного обслуговування і поточних ремонтів МВРС і веде до зменшення числа депо і кінцевих пунктів обороту [2].

Разом з тим, з подовженням ділянок обертання ускладнюється своєчасне пересилання електропоїздів зі станцій їхнього надлишку в пункти збільшеної потреби через добову нерівномірність руху поїздів, ускладнюється своєчасна постановка МВРС на поточні ремонти і технічне обслуговування.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Тому, для забезпечення об'єму перевезень необхідно на цих пунктах підтримувати визначене число МВРС (додатковий парк) понад частку справних по нерівномірності руху.Dodatkoviy park MBPC, 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 МВРС, що висилаються для заміни несправних, так і самих несправних МВРС при проходженні їх у депо і на ремонті. Тому витрати, пов'язані з заміною МВРС з подовженням ділянок обертання збільшуються.

Для ділянок обертання однакової довжини ці витрати залежать від «рейсової» надійності МВРС, 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 колій на перегоні.

Але треба враховувати, що збільшення ділянок обертання з заходом ТРС на інші залізниці (відділення) може приводити до значного погіршення технічного стану МВРС [2].

2.4 Підвищення середньодобового пробігу електропоїздів

Поряд з максимально можливим (раціональним) використанням потужності МВРС необхідно підвищувати середньодобовий їхній пробіг.

Найвище його значення, мабуть, буде, коли час перебування МВРС на станціях обороту $t_{\text{ст о}}$ і перечеПЛення $t_{\text{ст п}}$, а також зміни локомотивних бригад

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						31
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

$t_{зм}$ не перевищує технологічної норми часу, встановленої для виконання технічних операцій, тобто коли фактичний час очікування відправлення в пунктах обороту $t_{ст\ o}$, перечеплення $t_{ст\ п}$ і зміни локомотивних бригад $t_{зм}$ дорівнює нулю [2].

Це звичайно неможливо, оскільки при досягненні на заданому напрямку гранично можливого скорочення питомих простоїв МВРС подальше підвищення швидкості руху буде супроводжуватися визначеним зниженням часу корисної роботи МВРС, але середньодобовий пробіг і продуктивність електропоїзда будуть рости.

Якщо простої електропоїздів на станціях їхньої приписки, включаючи час перебування в основному депо, і на станціях обороту, що складають a відсотків загальної витрати локомотиво-годин на перевезення $\sum Mt$, зменшаться на b , то експлуатований парк скоротиться на:

$$\Delta M_e = 0,01ab \frac{\sum Mt}{24} \cdot \frac{24}{\sum M \cdot t} = 0,01ab. \quad (2.8)$$

В 2020 році, в цілому по Укрзалізниці, простої в основних депо та оборотних складали для електропоїздів 46% загальних витрат локомотиво-годин на перевезення. Якщо ці простої зменшаться на 10%, то зменшення потреби парку електропоїздів сягне:

$$\Delta M_e^e = 0,01 \cdot 46 \cdot 10 = 4,6\%.$$

Тобто експлуатаційний парк електропоїздів по Укрзалізниці зменшиться на 25 одиниць за добу.

Підвищення середньодобового пробігу електропоїздів можливо за рахунок зменшення питомого (віднесеного на 1 км пробігу) часу їхнього перебування на станціях обороту і перечеплення.

Збільшення середньодобового пробігу вивільняє частину електропоїздів, забезпечує ріст продуктивності праці локомотивних бригад, дозволяє краще використовувати основні засоби, зменшує експлуатаційні витрати, зв'язані з

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						32
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

перевезеннями вантажів, і, в остаточному підсумку, підвищує рентабельність локомотивного господарства й ефективність перевізного процесу.

Найважливішими організаційно-технічними заходами щодо збільшення середньодобового пробігу електропоїздів є : подовження ділянок обертання, подовження ділянок роботи локомотивних бригад, поліпшення планування поїзної роботи й оперативного керівництва рухом поїздів, удосконалювання плану формування і графіка руху поїздів, скорочення часу стоянок для технічних потреб.

Підвищення середньодобового пробігу МВРС з $S_{л}''$ до $S_{л}'$ за рахунок скорочення простоїв зменшує витрати, зв'язані з простоями МВРС, а також зменшує необхідний експлуатований парк на величину

$$\Delta M_e = \left(\sum MS_{л}'^{лин} / S_{л}' \right) - \left(\sum MS_{л}''^{лин} / S_{л}'' \right), \quad (2.9)$$

а у процентному відношенні

$$\Delta M_e = 100 \left(1 - \frac{S_{л}'}{S_{л}''} \right). \quad (2.10)$$

Тобто, якщо середньодобовий пробіг збільшити в середньому на 10%, то необхідний експлуатований парк зменшиться на 9%.

Якщо вивільнені секції відставають у запас, то відповідно їхній вартості скорочуються відрахування на капітальні ремонти. Ці скорочення представляють реальну річну економію $\Delta \epsilon$, грн:

$$\Delta \epsilon = \Delta M_e C_{л} \alpha_{рен}^л, \quad (2.11)$$

де $C_{л}$ – ціна локомотива (МВРС), грн;

$\alpha_{рен}^л$ – реноваційні відрахування, %.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						33
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

3 ТЯГОВІ РОЗРАХУНКИ

3.1 Основні технічні параметри електропоїзда ЕР-2

Електропоїзд ЕР-2 призначений для приміського сполучення на електрифікованих ділянках залізниць з шириною колії 1524 (1520) мм при напрузі в контактній мережі 3000 В постійного струму. Вагони мають комбінований вихід, що допускає їх експлуатацію на ділянках з високими і низькими платформами.

Управління електропоїздом здійснюється з кабіни машиніста в головних вагонах. Кожен моторний вагон має електричний привід від чотирьох електродвигунів, що отримують живлення від контактної мережі через пускову регулюючу контакторну апаратуру.

Вагони електропоїзда обладнані електропневматичним гальмом з двостороннім натисненням колодок на колеса.

За основну поїзну одиницю прийнятий 10-вагонний електропоїзд, що складається з двох головних, п'яти моторних і трьох причіпних вагонів. Проте поїзд можна формувати з 4, 6, 8 і 12 вагонів. Зменшення кількості вагонів досягається виключенням однієї, двох або трьох секцій. Кожна секція складається з моторного і причіпного вагонів. Проте, у кожному випадку електропоїзд має два головних вагони, а кількість моторних повинна бути рівною кількості половини усіх вагонів.

Електропоїзд ЕР2 можна експлуатувати на лініях, що мають як високі, так і низькі платформи. Для цієї мети є підніжки і знімні мостики, які на дорогах з низькими платформами зберігаються в шафах кожного вагону.

При експлуатації поїзда на ділянках з високими платформами мостики кріплять болтами до підлоги тамбура.

Параметри електропоїзда ЕР-2 приведені у табл. 3.1.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						34
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Параметри електропоїзда ЕР-2.

Параметр	Значення
Конструкційна швидкість, км/год	130
Повна довжина поїзда по осях автозчепів, м	201,81
Кількість вагонів:	
моторних	5
головних	2
причіпних	3
Маса тари вагонів, т:	
моторного	54,6
головного	40,9
причіпного	38,3
Кількість місць для сидіння у вагоні:	1037
моторному	110
головному	107
причіпному	83
Розрахункова заселеність, чол.	1555,5
Вага при розрахунковій заселеності, кН	5828,9
Кількість гальмівних осей у вагоні:	
моторному	4
головному	4
причіпному	4
Натиснення гальмівної колодки на вісь, тс у вагоні:	
моторному	10
головному	9
причіпному	9
Сумарне натиснення гальмівник колодок, тс	368

3.2 Спрямлення профілю заданої ділянки колії

Для спрощення тягових розрахунків, а також для скорочення їх об'єму і відповідно часу на їхнє виконання спрямимо профіль колії згідно методики [7].

Спрямлення 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

$$S_c = S_1 + S_2 + \dots + S_n \quad (3.1)$$

а крутизна i'_c розраховується за формулою:

$$i'_c = \frac{i_1 S_1 + i_2 S_2 + \dots + i_n S_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_n}, \quad (3.2)$$

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

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

$$i''_c = \frac{700}{S_c} \sum_{i=1}^n \frac{S_{кр_i}}{R_i}, \quad (3.3)$$

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

Крутизна спрямленої ділянки з урахуванням фіктивного підйому від кривої

$$i_c = i'_c + i''_c, \quad (3.4)$$

Необхідно відзначити, що знак крутизни ухилу i_c може бути і додатним (для підйому) і від'ємним (для спусків); знак крутизни фіктивного підйому від

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						36
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

кривої i_c'' завжди додатний. Тобто на підйомі крутизна спрямленої ділянки, визначена за формулою (3.4), буде більшою, а на спуску меншою за i_c' .

Це враховано при обчисленнях.

Об'єднуємо в групу для спрямлення 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 спрямляємо.

Не включаємо у групи елементів, що підлягають спрямленню, розрахунковий підйом, а також швидкісний підйом, тому що такі дії можуть внести похибку при визначенні маси складу і розрахунку часу руху поїзда. Спрямлений профіль повинен зберегти характерні особливості дійсного профілю.

Криві на цій ділянці попередньо спрямлені і замінені фіктивними підйомами, та враховані у крутизні їх ділянок.

Подальше спрямлення заданого профілю колії проведемо з використанням методики, що наведена вище.

Профіль заданої ділянки колії Львів-Стрий і результати спрямлення занесені до таблиці 3.2.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						37
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 - Результати спрямлення профілю заданої ділянки

Номер елемента	Крутизна елемента i , ‰	Довжина елемента S , м	Довжина спрямленої ділянки S_c , м	Крутизна спрямленої ділянки i_c , ‰	Номер спрямленої ділянки	Станція
1	2	3	6	7	11	12
1	0	300	815	3,09	1	Львів
2	3	210				
3	7,4	255				
4	0	50				
5	-8,9	345	545	-8,39	2	
6	-7,5	200				
7	3	200	600	1,33	3	
8	0	200				
9	1	200				
10	-4	100	100	-4	4	
11	1,7	200	560	10,7	5	
12	15,7	360				
13	0	260	1960	3,85	6	
14	3,4	150				
15	6,8	250				
16	5,2	200				
17	3,6	250				
18	4,0	850				
19	-1,3	200	1430	-2,02	7	Скнилів
20	-0,3	200				
21	-2,5	1030				
22	-6,5	320	1030	-7,29	8	
23	-8,6	510				
24	-5,2	200				
25	-0,4	480	1190	-2,91	9	
26	-4,3	300				
27	-8,2	210				
28	-1,3	200				

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
25	-0,4	480	1190	-2,91	9	
26	-4,3	300				
27	-8,2	210				
28	-1,3	200				
29	1,1	500	500	1,1	10	
30	-8,0	300	610	-5,05	11	
31	-2,2	310				
32	2,9	280	840	3,83	12	
33	5,9	360				
34	1,4	200				
35	7,1	190	690	6,42	13	
36	8,5	350				
37	0,7	150				
38	-0,3	110	460	-1,88	14	Оброшин
39	-3,0	110				
40	-2,1	240				
41	-4,7	360	710	-3,57	15	
42	-2,4	350				
43	3,1	150	800	2,61	16	
44	4,6	270				
45	1,0	380				
46	-4,0	190	1960	-6,69	17	
47	-8,0	340				
48	-6,6	190				
49	-7,1	330				
50	-5,0	290				
51	-7,7	310				
52	-7,1	310				
53	-7,2	310	2050	-5,97	18	Глина-Наварія
54	-7,0	100				
55	-8,1	340				
56	-1,6	410				
57	-4,0	250				
58	-7,0	300				
59	-8,2	340				

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ		Арк.
							39
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
60	-6,7	350	2980	-6,81	19	з.п. Пустомити
61	-7,1	350				
62	-6,1	750				
63	-6,6	300				
64	-10,3	230				
65	-8,2	200				
66	-7,7	200				
67	-5,9	100				
68	-6,9	240				
69	-4,3	260				
70	0,2	340	3210	4,68	20	з.п. Семенівка
71	4,2	240				
72	6,2	200				
73	7,3	400				
74	8,5	270				
75	4,8	730				
76	2,2	340				
77	6,2	260				
78	7,1	230				
79	0	200				
80	-1,3	300	2930	-7,16	21	
81	-6,8	670				
82	-7,4	800				
83	-7,6	250				
84	-6,7	370				
85	-10,6	540				
86	-3,8	340	640	-4,4	22	
87	-5,1	300				
88	4,7	200	530	2,4	23	Щирець
89	1,0	330				
90	-0,8	420	620	-2,25	24	
91	-5,3	200				

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
92	0,0	220	3550	-1,34	25	з.п. Щирець-2
93	-3,4	130				
94	-5,5	150				
95	-2,4	220				
96	-0,8	230				
97	-2,0	130				
98	-5,8	360				
99	0,0	1060				
100	-0,8	250				
101	-0,3	800				
102	1,0	200				
103	2,5	200				
104	0,0	100				
105	1,4	500				
106	3,5	160				
107	-4,0	480	970	-3,24	27	
108	-2,5	490				
109	2,1	170	750	1,62	28	
110	1,0	300				
111	2,0	280				
112	-2,8	220	620	-2,17	29	
113	-4,3	170				
114	0,0	230				
115	4,3	200	1200	1,7	30	
116	1,3	400				
117	1,7	300				
118	1,5	100				
119	0,0	200				
120	1,6	100	400	1,02	31	Черкаси-Львівські
121	1,3	100				
122	1,2	100				
123	0,0	100				
124	-3,9	700	1040	-3,74	32	
125	-3,4	340				

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
126	0,0	360	760	1,06	33	
127	1,0	230				
128	3,4	170				
129	-1,0	300	900	-2,54	34	
130	-3,0	250				
131	-6,0	150				
132	-1,7	200				
133	0,2	900	5800	-0,96	35	з.п. Задорожна
134	0,3	200				
135	3,0	100				
136	1,4	200				
137	1,3	150				
138	1,0	250				
139	0,7	100				
140	0,4	340				
141	3,0	160				
142	1,1	500				
143	0,2	200				
144	1,4	450				
145	1,5	500				
146	0,8	200				
147	0	300				
148	1,5	150				
149	0,9	280				
150	0	200	1400	1,25	36	Миколаїв- Дністровський
151	1,6	620				
152	0,5	150				
153	2,0	500				
154	0,7	500				
155	1,3	250				

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
156	-5,3	250	3090	-2,89	37	
157	-6,7	300				
158	-5,1	300				
159	-3,3	200				
160	-0,3	200				
161	-1,0	100				
162	-0,6	110				
163	-5,0	230				
164	-3,4	240				
165	-2,0	220				
166	-0,4	340				
167	-1,0	230				
168	-1,5	210				
169	-0,5	160				
170	0,0	100	2880	2,04	38	
171	0,7	230				
172	0,0	420				
173	2,0	130				
174	1,0	250				
175	0,6	450				
176	2,5	200				
177	4,1	350				
178	6,2	200				
179	5,1	550				
180	4,0	220	700	1,46	39	Пісочна
181	0,5	280				
182	0,0	200				
183	-1,6	410	410	-1,6	40	
184	-0,6	840	1300	-0,46	41	
185	-0,2	460				

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
186	0,8	300	3040	1,91	42	
187	1,8	400				
188	0,0	200				
189	1,0	300				
190	0,7	200				
191	1,4	750				
192	2,1	300				
193	4,6	590	1360	-0,37	43	
194	-0,9	340				
195	0,0	420				
196	-0,3	200				
197	0,0	200				
198	-0,7	200	1300	-0,27	44	Більче-Волиця
199	0,0	290				
200	-1,5	130				
201	0,0	380				
202	-0,5	300				
203	0,0	200				
204	1,1	100	300	0,37	45	
205	0,0	200				
206	1,2	200	12800	2,1	46	з.п. Угерско
207	2,2	200				
208	1,5	400				
209	1,0	300				
210	2,2	450				
211	1,7	350				
212	0,6	200				
213	1,6	500				
214	1,9	800				
215	2,4	300				
216	1,5	580				
217	2,4	720				
218	1,0	210				
219	1,9	490				

Завершення таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
220	1,5	200				
221	2,3	900				
222	3,0	200				
223	0,8	200				
224	2,5	200				
225	1,7	480				
226	2,6	1080				
227	1,7	240				
228	2,6	300				
229	2,1	300				
230	2,6	600				
231	2,7	500				
232	2,0	300				
233	2,5	700				
234	2,7	900				
235	3,2	200	1340	2,71	48	
236	4,5	100				
237	2,9	250				
238	2,3	790				
239	0,0	2000	2000	0	49	Стрий

3.3 Побудова кривих швидкості, часу ходу поїзда, струму

Побудову кривих виконуємо методом А. І. Ліпеца (МПС). У відповідності з [10] 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.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						45
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Крива швидкості побудована для руху електропоїзда ЕР-2 в одному (заданому) напрямку, виходячи з того, що поїзд відправляється з приміського вокзалу станції Львів, робить зупинки на усіх проміжних станціях і посадкових платформах і на станції Стрий.

При цьому витримана умова, що швидкість поїзда по вхідних стрілках усіх станцій, не повинна перевищувати 60 км/год внаслідок можливого прийому на бокову колію для схрещування або обгону.

На кривій швидкості зроблено відмітки про включення («Т») і виключення («Х.Х.») тягових електродвигунів електропоїзда і відмітки про включення («Г») і відпуск гальм.

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

- конструкційна швидкість згідно табл. 2.1;
- 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 $V = f(S)$ прийнята як найменша з трьох перерахованих вище обмежуючих швидкостей.

Крива швидкості побудована для двох варіантів.

У першому варіанті за основу вирішення задачі проходження поїзда по заданій ділянці покладено критерій максимуму: забезпечення мінімального часу руху (і, таким чином, освоєння найбільшої пропускної спроможності). У цьому випадку повністю використовуються тягові можливості МВРС, який переважно рухається в режимі тяги.

Перехід з режиму тяги на режим холостого ходу, або гальмування може бути виправданий лише у випадках, коли швидкість, збільшуючись, доходить до найбільшого допустимого значення або до станції чи платформ, де передбачені зупинки.

У другому варіанті за основу прийнято критерій максимальної економічності. У цьому випадку зроблена спроба максимально використати

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						46
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

кінетичну енергію електропоїзда. На спусках в основному застосовувався холостий хід.

При побудові кривої $V = f(S)$ потрібно враховувати перевірку гальм на шляху прямування, яка згідно з [10] для моторвагонних поїздів може бути виконана при під'їзді до першої зупиночної платформи.

При побудові кривої часу $t = f(S)$ при досягненні ординати, яка рівна 10 хв, крива обривається, точку обриву зноситься по вертикалі вниз на вісь абсцис і продовжується побудова кривої часу знову від нуля. Таким чином, крива часу через кожні 10 хв обривається.

Після точок перетину кривої $t = f(S)$ з осями роздільних пунктів записуються часи ходу поїзда між двома сусідніми роздільними пунктами (з точністю до 0,1 хв).

З метою забезпечення наглядності побудови не враховується час стоянок поїзда на роздільних пунктах. Іншими словами, крива часу (на листі графічної роботи) характеризує час чистого руху МВРС на ділянці. Час стоянок МВРС на роздільних та зупиночних пунктах буде врахований у подальших розділах при розрахунках технічної та ділянкової швидкості.

3.4 Визначення часу ходу поїзда по перегонах

Після побудови кривої часу визначаємо час ходу поїздів по перегонах, технічну та ділянкову швидкості руху. Розрахункові дані отримані по кривій $t = f(S)$ з точністю до 0,1 хв, і зведені до табл. 3.3.

Прийнятий для графіка руху поїздів час ходу по перегонах округлюються в більшу сторону з точністю до однієї хвилини.

Час стоянок на проміжних станціях та роздільних пунктах прийнято на основі існуючого графіка руху приміських поїздів на ділянці.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						47
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 - Розрахунок часу ходу поїзда по кривій часу

Перегін	Довжина, м	Час ходу, хв			
		у чистому русі		з врахуванням стоянок	
		варіант 1	варіант 2	варіант 1	варіант 2
Львів – Скнилів.	4970	5,5	6,1	6,5	7,1
Скнилів – Оброшин	5527	5,8	7,4	6,8	8,4
Оброшин - Глина-Наварія	5037	5	6,1	6	7,1
Глина-Наварія – з.п. Пустомити	2594	3,2	3,8	4,2	4,8
з.п. Пустомити - з.п. Семенівка	4098	4,5	5,1	5,5	6,1
з.п. Семенівка - Щирець	4059	4,6	5,5	5,6	6,5
Щирець - з.п. Щирець-2	1386	2,5	3	3,5	4
з.п. Щирець-2 - з.п. Дмитрія	4090	4,6	5,4	5,6	6,4
з.п. Дмитрія - Черкаси- Львівські	3867	4,6	5,4	5,6	6,4
Черкаси-Львівські - з.п. Задорожна	3943	4,5	5,1	5,5	6,1
з.п. Задорожна - Миколаїв- Дністровський	5108	5,2	6,7	6,2	7,7
Миколаїв-Дністровський - Пісочна	7114	6,5	8,3	7,5	9,3
Пісочна -Більче-Волиця	6776	6,5	8,7	7,5	9,7
Більче-Волиця - з.п. Угерско	8483	7,3	9,8	8,3	10,8
з.п. Угерско - Стрий	7877	7,4	9,4	8,4	10,4
По дільниці	74929	77,7	95,8	92,7	110,8

Технічна швидкість руху поїзда по дільниці у км/год

$$v_m = \frac{L \cdot 60}{\sum t_{ч.р.}}, \quad (3.5)$$

де $\sum t_{ч.р.}$ - сумарний час ходу поїзда по дільниці у чистому русі, хв;

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

Ділянкова швидкість руху поїзда по дільниці у км/год

$$v_d = \frac{L \cdot 60}{\sum t_{ч.р.} + \sum t_{см}}, \quad (3.6)$$

де $\sum t_{см.}$ - сумарний час стоянок поїзда на проміжних станціях та зупиночних пунктах, хв.

Коефіцієнт дільничної швидкості являє собою відношення дільничної швидкості до технічної

$$k_d = \frac{v_d}{v_m}. \quad (3.7)$$

Тоді для першого варіанту:

$$v_m = \frac{74,929 \cdot 60}{77,7} = 57,86 \text{ км/ГОД};$$

$$v_d = \frac{74,929 \cdot 60}{77,7 + 15} = 48,50 \text{ км/ГОД};$$

$$k_d = \frac{48,50}{57,86} = 0,84.$$

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						49
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Для другого варіанту:

$$v_m = \frac{74,929 \cdot 60}{95,8} = 46,93 \text{ км/год;}$$

$$v_o = \frac{74,929 \cdot 60}{95,8 + 15} = 40,58 \text{ км/год;}$$

$$k_o = \frac{40,58}{46,93} = 0,86$$

3.7 Визначення витрат енергоресурсів

Розрахунок кількості енергії в кВт·год, яка витрачена електропоїздом на переміщення поїзда по дільниці і віднесена до струмоприймача виконують шляхом підсумовування витрат енергії за окремі елементи часу

$$A' = \frac{U_e \sum (I_{есер} \cdot \Delta t)}{60 \cdot 1000}, \quad (3.8)$$

де U_e - напруга на струмоприймачі електровоза ($U_e = 3000\text{В}$);

$I_{есер}$ - середнє значення струму для відрізка кривої $I_e = f(S)$, 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;

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

Всі розрахунки з визначення витрат електроенергії для електропоїзда ЕР-2 на заданій ділянці зводимо до електронних таблиць.

Для визначення повної витрати електроенергії необхідно до витрати енергії на переміщення поїзда додати витрати електроенергії на власні потреби електропоїзда (на роботу допоміжних машин, живлення кіл управління,

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						50
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

освітлення та опалення). Їх визначають по середньому значенню струму і повному часу роботи електропоїзда.

Витрати електроенергії на власні потреби електропоїзда, кВт·год,

$$\dot{A}'' = (r_1 + r_2 + r_3) \cdot t \quad (3.9)$$

де r_1, r_2, r_3 - середня витрата електроенергії електропоїзда за одиницю часу відповідно на привід допоміжних машин, опалення та освітлення, для електропоїзда ЕР-2 згідно [10] $r_1 = 0,58$ кВт·год/хв, $r_2 = 2,92$ кВт·год/хв, $r_3 = 0,3$ кВт·год/хв

t - повний час роботи електропоїзда на заданій ділянці, в нашому випадку для першого варіанта $t = 92,7$ хв, для другого варіанта $t = 110,8$ хв.

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

$$A = A' + A'' \quad (3.10)$$

Питома витрату електроенергії в кВт·год/10⁴пас км розраховуються за формулою:

$$e = \frac{A \cdot 10^4}{N \cdot L} \quad (3.11)$$

де N -розрахункова заселеність поїзда, згідно даних табл. 3.1

$$N = 1556 \text{ осіб.}$$

Тоді для першого варіанта

$$A' = \frac{3000 \cdot 182527,17}{60 \cdot 1000} = 9126,4 \text{ кВт·год;}$$

Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата

0042.190570.01.ВКР.ПЗ

Арк.

51

$$A'' = (0,58 + 2,92 + 0,3) \cdot 92,7 = 352,26 \text{ кВт год};$$

$$A = 9126,4 + 352,26 = 9478,66 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$e = \frac{9478,66 \cdot 10^4}{1556 \cdot 74,9} = 813,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / 10^4 \text{ пас км.}$$

Тоді для другого варіанта

$$A' = \frac{3000 \cdot 118224,90}{60 \cdot 1000} = 5911,3 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$A'' = (0,58 + 2,92 + 0,3) \cdot 110,8 = 421,04 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$A = 5911,3 + 421,04 = 6332,34 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

$$e = \frac{6332,34 \cdot 10^4}{1556 \cdot 74,9} = 543,34 \text{ кВт} \cdot \text{год} / 10^4 \text{ пас км.}$$

Тобто, за рахунок раціоналізації режиму ведення поїзда вдалося заощадити 3146,32 кВт·год. електроенергії.

Скорочення питомої витрати електроенергії склало 269,96 кВт·год/10⁴пас·км або 33,2%.

Порівняльна таблиця результатів тягових розрахунків двох варіантів подана на листі графічної роботи.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						52
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У дипломній роботі розроблені пропозиції удосконалення приміських пасажирських перевезень на заданій ділянці, зокрема шляхом економії енергоресурсів на тягу поїздів в умовах моторвагонного депо Львів.

Проаналізовані основні параметри моторвагонного депо, проаналізований вплив якісних показників використання електропоїздів на питому витрату електроенергії.

Запропоновано низку заходів з економії електроенергії у приміському русі, зокрема: вибір раціональної швидкості руху, раціоналізація ділянок обертання електропоїздів, підвищення середньодобового пробігу електропоїзда, підвищення середньодобової продуктивності електропоїзда, автоматизація процесу ведення електропоїздів, автоматизація керування локомотивним парком. Запровадження вказаних заходів призведе до значного покращення показників роботи моторвагонного депо і в результаті до удосконалення приміських пасажирських перевезень.

Питання вибору раціональних режимів ведення електропоїзда розглянуто детально шляхом проведення порівняльних тягових розрахунків за двома принципами – принципом максимуму та принципом мінімальних витрат електроенергії.

Визначено час ходу електропоїзда по даних варіантах, розраховано технічну, ділянкову швидкості та коефіцієнт ділянкової швидкості. Розраховано абсолютну та питому витрату електроенергії.

За рахунок раціоналізації режиму ведення поїзда відбулося заощадження електроенергії та скорочення питомої витрати, тобто поставлена задача виконана.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						53
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Электropоезд ЭР2м. Руководство по эксплуатации.- М.: Транспорт, 1978. - 328 с.
- 2 Находкин В. М., Ершов Е. Ф. Ремонт электровозов и электropоездов.- М.: Транспорт, 1975. – 415 с.
- 3 Бирюков И. В., Бурчак Г. П. Механическая часть тягового подвижного состава.- М.: Транспорт, 1992.
- 4 Тихменов Б. Н., Головонов В. А. Электropодвижной состав с полупроводниковыми выпрямителями.- М.: Транспорт, 1967.
- 5 Электropодвижной состав. Эксплуатация, надежность и ремонт: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / А.Т. Головатый и др.- М.: Транспорт, 1983. 350 с.
- 6 Сидоров Н. И., Сидорова Н. Н. Как устроен и работает электровоз.- М.: Транспорт, 1988.
- 7 Камаев А. А., Апанович Н. Г. Конструкция расчет и проектирование локомотивов.- М.: Машиностроение, 1981.
- 8 Экономика, организация и планирование локомотивного хозяйства: Учебник для техникумов ж.д. транспорта/ Е.Н. Исиков, С.С. Маслакова, А.Н. Митрофанова, Т.М. Тучкевич, Н.Я. Франков, И.Г. Бойко; Под ред. С.С.Маслаковой. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1983.-359 с.
- 9 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., 2003. – 62 с.
- 10 Правила тяговых расчетов для поездной работы. - М.: Транспорт, 1985. 287 с.

					0042.190570.01.ВКР.ПЗ	Арк.
						54
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		