

Український державний університет науки і технологій
Навчально-науковий інститут
"Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту"

Кафедра _____ Електрорухомий склад залізниць _____
(повна назва)

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

_____ Афанасов А. М.
(підпис) (ПІБ)

20 21 р. грудень « _____ »

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань _____ 14 Електрична інженерія _____
(шифр) (назва)

Спеціальність _____ 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(код) (повна назва)

Освітня програма _____ Електричний транспорт _____
(повна назва)

Тема _____ Проект тягової передачі тягового агрегату _____

Theme _____ Traction transmission project of traction unit _____

Керівник дипломної роботи _____ ст. викладач _____ Голік С. М.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Нормоконтролер _____ ст. викладач _____ Голік С. М.
(посада) (підпис) (ПІБ)

Студент групи _____ ЕТ2021 _____ Поліщук І. О.
(група) (підпис) (ПІБ)

Student _____ Polishchuk Illia _____
(Family name)

Український державний університет науки і технологій
Навчально-науковий інститут
"Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту"
Факультет «Управління енергетичними процесами» Кафедра «Електрорухомий склад залізниць»
Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

_____ А.М. Афанасов

" ____ " _____ грудня _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

до магістерської роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Студента групи ET2021 _____ Бідняка Максима Олександровича
(П. І. Б.)

1 Тема магістерської роботи: _____

***Визначення витрат електроенергії на тягу поїздів для
вантажних електровозів постійного струму***

затверджена наказом по університету № 89ст від «11» лютого 2021 р.

2 Термін подання студентом закінченої роботи: «12» грудня 2021 р.

3 Вихідні дані до магістерської роботи: _____

1) основні технічні дані вантажного електровоза 2ЕЛ4;

2) протоколи кваліфікаційних випробувань тягового електродвигуна ДТК-800А;

3) профіль залізничної колії ділянки Н.-Д. Вузол – Сухачівка

4 Розділи магістерської роботи та терміни виконання.

Назва розділу магістерської роботи	Термін виконання	Обсяг розділу, %	Кількість ілюстрацій	Рекомендована літ-ра
Вступ	25.02–08.03	5		
1 Аналіз методів визначення витрат електроенергії на тягу поїздів	10.03–02.05	20	2	1–5
2 Розрахунок параметрів тягово-енергетичної характеристики електровоза постійного струму	03.05–27.06	30	3	4–7
3 Порівняльний розрахунок витрат електроенергії на тягу поїзда	01.09–24.10	30	2	1–5
Висновок	25.10–07.11	5		
Оформлення	08.11–12.12	10		

5 Рекомендована література

1 Правила тяговых расчетов для поездной работы. М.: – Транспорт, 1985.

2 Теория электрической тяги. / Под ред. И.П. Исаева. – М.: Транспорт, 1995.

3 Гетьман Г. К. Теорія електричної тяги: підручник у 2 т. / Г. К. Гетьман. - Дніпропетровськ : Акцент ПП, 2014.

4 Гетьман Г. К. Тяговые расчеты в задачах тягового обеспечения / Г. К. Гетьман, С.Н. Голик // Залізничний транспорт України. – 2005. – №5-6 – С. 44-47.

5 Гетьман, Г. К. Научные основы определения рационального мощностного ряда тяговых средств железнодорожного транспорта: монография / Г. К. Гетьман. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, – 2008.

6 Курбасов А. С. Проектирование тяговых электродвигателей.: учеб. пособие для вузов. ж.-д. трансп. / А. С. Курбасов, В. И. Седов, Л. Н. Сорин. Под ред. А. С. Курбасова. – М.: Транспорт, 1987.

7 Бочаров В. И. Магистральные электровозы. Тяговые электрические машины / В. И. Бочаров, Г. В. Василенко, А. Л. Курочка и др. – М.: Энергоатомиздат, 1992.

Дата видачі завдання: « 25 » лютого 2021 р.

Керівник магістерської роботи:

(підпис) Голик С. М.
(П. І. Б.)

Консультант:

(підпис) —
(П. І. Б.)

Завдання прийняв до виконання:

(підпис) Бідняк М. О.
(П. І. Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської роботи містить: сторінок – 111; рисунків – 13; таблиць – 11; джерел використаної літератури – 11, додатків – три.

Роботу присвячено дослідженню методу визначення витрат електроенергії на тягу поїздів, що базується на використанні тягово-енергетичних характеристик. Для тягово-енергетичних характеристик вибирається математична модель та проводиться розрахунок її коефіцієнтів для електровоза 2ЕЛ4 методами покрокового регресійного аналізу. Здійснюється тяговий розрахунок з метою визначення витрат електроенергії на основі струмових характеристик й за допомогою тягово-енергетичних характеристик електровоза для однакових вихідних даних. Отримання близьких за величиною результатів свідчить про придатність запропонованого методу для використання в тягових розрахунках.

В першому розділі проведено аналіз існуючих методів розрахунку витрати електроенергії на тягу поїздів з метою обґрунтування запропонованого методу.

В другому розділі викладена методика визначення необхідних даних для розробки регресійної моделі тягово-енергетичної характеристики та наведено приклад розрахунку. На основі отриманих результатів визначаються параметри математичної моделі тягово-енергетичної характеристики електровоза постійного струму 2ЕЛ4 методами регресійного аналізу.

У третьому розділі здійснюється тяговий розрахунок з метою визначення витрати електроенергії традиційним й розробленим методами за однакових вихідних даних та проводиться порівняння отриманих результатів для визначення придатності методу, що розробляється для використання в тягових розрахунках.

Ключові слова: електровоз постійного струму, тягові розрахунки, витрати електроенергії, тягово-енергетичні характеристики, математична модель, струмові характеристики, коефіцієнт корисної дії.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	6
1 Аналіз методів визначення витрат електроенергії на тягу поїздів.....	7
1.1 Визначення витрати електричної енергії на рух поїзда за кривими струму, що споживається електровозом	7
1.2 Визначення витрати електроенергії графічним методом.....	8
1.3 Аналітичний метод розрахунку витрати електроенергії на рух поїзда.....	11
1.4 Метод розрахунку витрати електричної енергії за роботою сили тяги	14
2 Розрахунок параметрів тягово-енергетичної характеристики електровоза постійного струму	19
2.1 Підготовка вихідних даних для визначення математичної моделі тягово-енергетичної характеристики.....	19
2.2 Визначення коефіцієнтів математичної моделі тягово-енергетичної характеристики	35
3 Порівняльний розрахунок витрат електроенергії на тягу поїзда	38
3.1 Визначення витрат електроенергії за кривими струму електровоза	38
3.2 Визначення витрат електроенергії за допомогою тягово-енергетичних характеристик	56
Висновки	58
Список використаних джерел	60
Додаток А – Координат тягово-енергетичної характеристики електровоза 2ЕЛ4	62

					Визначення витрат електроенергії на тягу поїздів для вантажних електровозів постійного струму		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бідняк М. О.			Розрахунково- пояснювальна записка		
Перевір.		Голік С. М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Голік С. М.					
Затверд.		Афанасов А. М.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						4	111
					УДУНТ. ДИТ, гр. ЕТ2021		

Додаток Б – Розрахунок витрат електроенергії на тягу на ділянці

Н.-Д. Вузол – Сухачівка 67

Додаток В – Демонстраційні матеріали..... 103

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Для підвищення своєї ефективності Акціонерне товариство «Українські залізниці» вимушене постійного вдосконалювати технології, що забезпечують процес перевезень. Зокрема, особлива увага приділяється енергоефективності електричної тяги.

Підвищити ефективність використання електроенергії можна не лише шляхом оновлення або вдосконалення парку тягового електрорухомого складу чи впровадженням високоефективної і якісної системи ремонту і обслуговування, а й у підвищенні точності розрахунків витрат електроенергії на тягу поїздів.

Підвищення точності розрахунку дозволить забезпечити вищу якість планування витрат електроенергії на тягу та вибирати оптимальні режими водіння поїздів. Одним з основних критеріїв оптимальності зазвичай приймають мінімум витрат електроенергії на тягу поїздів.

Методи розрахунку, які поширені в даний час [5 – 6], не володіють достатньою точністю для розв'язання задач з визначення витрат електроенергії для усього різноманіття тягового електрорухомого складу. Особливу складність для розрахунку представляють сучасні електровози з плавним регулюванням потужності. Так, згідно Правил тягових розрахунків для поїзної роботи [1], витрати електричної енергії визначаються на основі відповідних залежностей струму електровоза та часу руху поїзда перегonom. Але цей спосіб складно пристосувати для визначенні витрати електроенергії на рух електровозів з плавним регулюванням потужності, оскільки виникають труднощі з встановленням відповідності між тяговими та струмовими характеристиками. Тому, щоб уникнути використання струмових характеристик, витрати електроенергії пропонується визначати за роботою сили тяги [7].

В даній роботі передбачається виконати перевірку можливості застосування методу визначення витрати електроенергії на тягу поїздів електровозами постійного струму за роботою сили тяги.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ

1.1 Визначення витрати електричної енергії на рух поїзда за кривими струму, що споживається електровозом

Цей метод рекомендується для розрахунку витрати електроенергії в [1]. Якщо побудовані криві струму, який споживається поїздом, електрична енергія, що витрачається на рух поїзда за якийсь час T , може бути визначена за формулою [3, 7]

$$A = U_{\kappa} \int_0^T i_E dt, \quad (1.1)$$

де U_{κ} – значення напруги на струмоприймачі електровоза (приймаємо рівною номінальній напрузі контактної мережі), В;

i_E – миттєве значення струму, який споживається всіма двигунами електровоза постійного струму або його активної складової для електровозів змінного струму, А;

t – час, с.

Криві руху поїзда найчастіше будують в функції пройденого шляху. В цьому випадку для підрахунку підінтегрального виразу (1.1) криву $i_E(s)$ розбивають на окремі невеликі інтервали, в більшості випадків ці інтервали співпадають з відповідними інтервалами шляху, які взяті під час побудови кривих руху. Для кожного з них визначаємо середній струм I_{Ecp} як півсума початкового I_{Ep} і кінцевого I_{Ek} значень струмів на межах інтервалу, а по кривим $t(s)$ – час Δt проходження цього інтервалу. Перемножуючи значення I_{Ecp} і Δt по всіх інтервалах ділянки, отримаємо величину, яку можна прийняти приблизно рівною підінтегральному виразу (1.1).

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата енергії A , кВт·год на тягу поїзда, віднесена до струмоприймачів електровозів або моторних вагонів, при цьому на практиці визначається за формулою [3–6]

$$A = \frac{U_{\kappa}}{60 \cdot 1000} \sum I_{\text{Есп}} \Delta t. \quad (1.2)$$

Даний метод вимагає наявності струмової характеристики тягового електричного рухомого складу. Враховуючи те, що для локомотивів та моторвагонного рухомого складу з плавним регулюванням потужності не можливо з достатньою точністю побудувати струмову характеристику можна зробити висновок, що даний метод не володіє прийнятною точністю у випадку проведення розрахунків для рухомого складу з плавним регулюванням потужності.

1.2 Визначення витрати електроенергії графічним методом

Графічний метод [4–6] заснований на використанні двох графічних залежностей, побудованих при виконанні тягового розрахунку: $I_E(V)$ – струму електрорухомого складу у функції швидкості руху поїзда; $V(s)$ – швидкості руху поїзда у функції пройденого шляху.

Цей метод передбачає, по-перше, встановлення графічного масштабу енергії m_A , мм/(Вт·год), і, по-друге, побудову кривої $A(s)$ зміни витрати енергії по шляху.

Масштаб m_A встановлюють виходячи з рисунку 1.1, на якому представлена крива $I_E(V)$, що повернена на кут $\pi/2$ проти годинникової стрілки. Цю криву розбивають на достатньо малі інтервали ΔV в межах від V_1 до V_2 . З'єднавши точку B , яка відповідає середньому значенню швидкості $V_{\text{cp}} = (V_1 + V_2)/2$, з початком координат, отримаємо прямокутний трикутник BCO , в якому

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{I_{\text{Есп}}}{V_{\text{cp}}} \cdot \frac{m_I}{m_V}, \quad (1.3)$$

						Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де m_I і m_V – масштаби відповідно струму електровоза, мм/А, і швидкості руху поїзда, мм/(км/год), прийняті під час виконання тягового розрахунку.

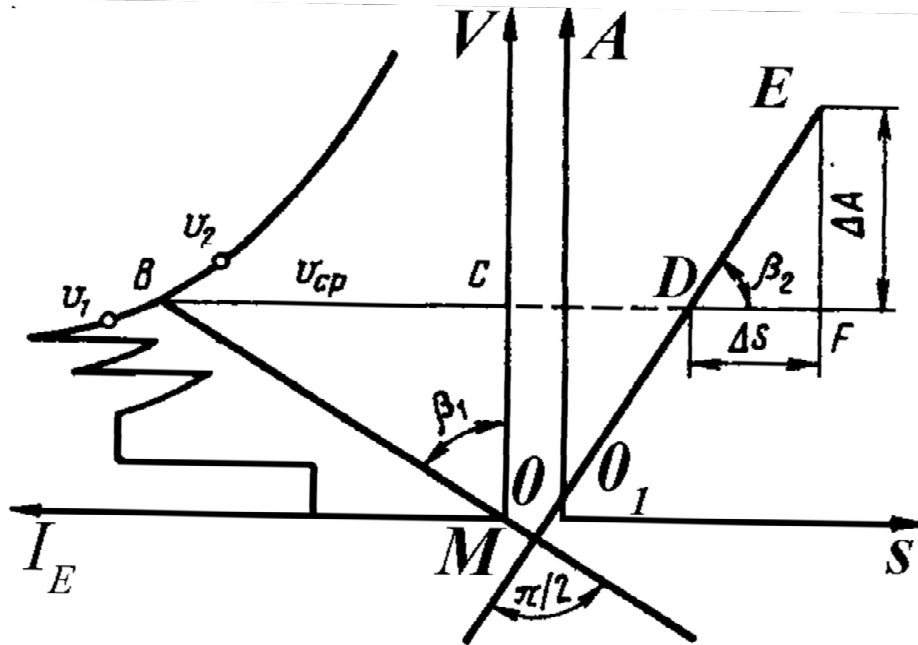


Рисунок 1.1 – Графічний спосіб побудови кривої витрати електричної енергії

Інший трикутник DEF побудований на рисунку 1.1 в координатних осях As . Для цього з точки D перетину прямої BC , яка відповідає $V_{cp} = \text{const}$, і прямої EM перпендикулярної до BM , відкладемо відрізок DF , що пропорційний пройденому шляху Δs за зміни швидкості від V_1 до V_2 .

Тоді витрата енергії ΔA буде пропорційною відрізку EF . З трикутника DEF знайдемо, що

$$\text{tg} \beta_2 = \frac{\Delta A}{\Delta s} \cdot \frac{m_A}{m_s}, \quad (1.4)$$

де m_s – масштаб шляху, мм/км, прийнятий в тяговому розрахунку.

Враховуючи, що $\Delta A = U_{kc} I_{Ecp} \Delta t$, а $\Delta t / \Delta s = 1 / V_{cp}$, отримаємо, прийнявши $\text{tg} \beta_1 = \text{tg} \beta_2$

$$\frac{I_{Ecp}}{V_{cp}} \cdot \frac{m_I}{m_V} = \frac{U_{kc} I_{Ecp}}{V_{cp}} \cdot \frac{m_A}{m_s}, \quad (1.5)$$

звідси знайдемо масштаб, мм/(Вт·год)

$$m_A = \frac{m_I m_s}{U_{kc} m_V}. \quad (1.6)$$

Принцип побудови залежності $A(s)$ пояснений на рисунку 1.2 зліва – вже відома характеристика $I_E(V)$, справа – залежність $V(s)$, отримана при тяговому розрахунку. Послідовно сполучаючи сусідні значення V_{cp} , на кожному інтервалі V_i, V_{i+1} з початком координат системи I_E, V , і проводячи перпендикуляр до цієї прямої в системі координат A, s в межах кожного інтервалу V_i, V_{i+1} , будують залежність $A(s)$ – витрати енергії по шляху. При побудові кривої $A(s)$ зміщувати прямі, які сполучають I_{Ecp} з початком координат системи I_E, V , не потрібно, оскільки профіль ділянки був врахований при побудові кривої $V(s)$ в процесі виконання тягового, розрахунку.

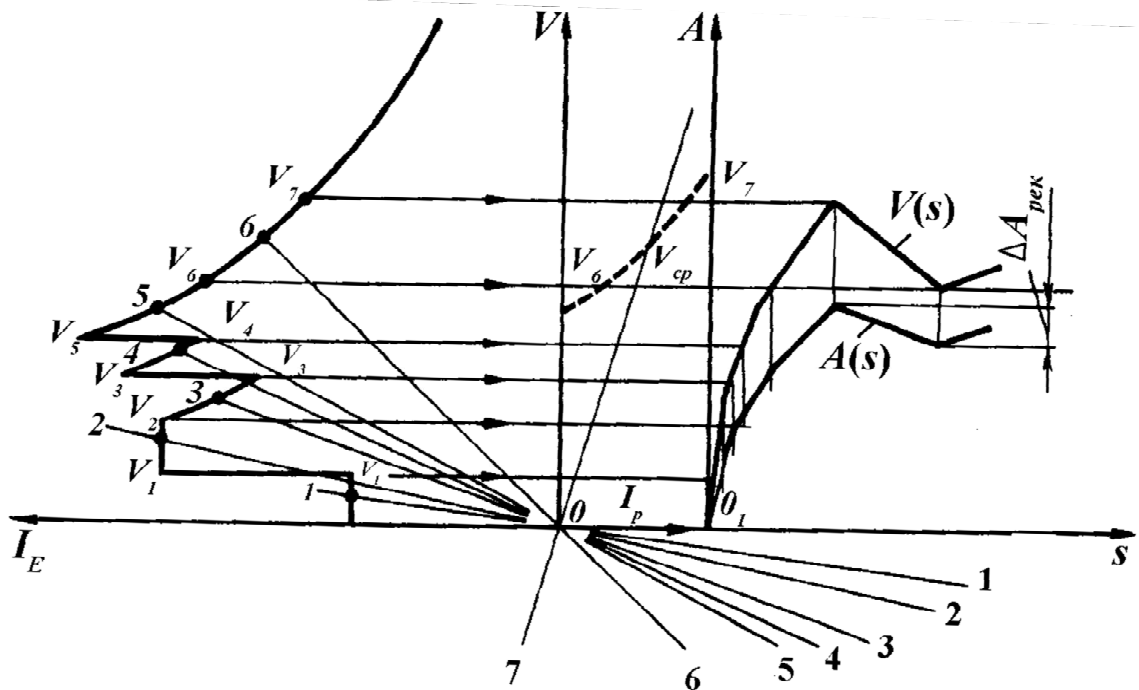


Рисунок 1.2 – Побудова кривої $A(s)$ по кривим $V(s)$ і $I_E(V)$

Розглянутий метод дозволяє визначити витрату електроенергії уникнувши побудови кривої струму в залежності від шляху $I_E(s)$, що зменшує трудомісткість розрахунку і є безперечною перевагою. Разом з тим графічний метод володіє аналогічним недоліком що й попередній метод визначення витрати електричної енергії на рух поїзда за кривими струму електровоза, тому що потребує в процесі його реалізації наявності графіка залежності $I_E(V)$.

1.3 Аналітичний метод розрахунку витрати електроенергії на рух поїзда

Поряд з визначенням витрати енергії за кривими руху використовується наближений аналітичний спосіб розрахунку [4–6], за яким безпосередньо визначаються складові витрати енергії без побудови кривих руху.

Під час виведення загального рівняння витрати енергії на рух поїзда приймаємо, що поїзд масою m рухається по перегону довжиною s_n , на якому не здійснюють додаткові гальмування та пуски [5].

Електрична енергія, підведена до тягових двигунів, перетворюється в механічну роботу. Ця робота $A_{\text{дв}}$, Дж, рівна сумі робіт, які витрачаються на подолання всіх опорів руху і на накопичення кінетичної енергії поїзда

$$A_{\text{дв}} = \left[\int_0^{s_{\text{ток}}} mg(w_0 + w_i) ds + \frac{m_n V_B^2}{2 \cdot 3,6^2} \right], \quad (1.7)$$

де $s_{\text{ток}}$ – шлях, км, пройдений поїздом від початку перегону до пункту, в якому востаннє відключаються тягові двигуни;

m_n – приведена маса поїзда;

V_B – швидкість у момент виключення струму перед гальмуванням для зупинки поїзда, км/год.

Після відключення тягових двигунів швидкість знижується з V_B до значення V_T , відповідного моменту початку гальмування. Рівняння енергетичного балансу за період неробочого ходу має наступний вигляд

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{m_n V_B^2}{2 \cdot 3,6^2} - \frac{m_n V_T^2}{2 \cdot 3,6^2} = \int_{s_{\text{ток}}}^{s_{\text{ток}} + s_B} mg(w_0 + w_i) ds, \quad (1.8)$$

де s_B – шлях пройдений поїздом з відключеними двигунами.

Підставляючи у вираз (1.7) значення величини $m_n V_B^2 / 2 \cdot 3,6^2$ з формули (1,8) і враховуючи, що $s_{\text{ток}} + s_B = s_n - s_T$, де s_T – шлях гальмування, км, отримаємо, Дж

$$A_{\text{ов}} = 1000 \int_0^{s_n} mg(w_0 + w_i) ds + 1000 \left[\frac{m_n V_T^2}{2 \cdot 3,6^2} - \int_{s_n - s_T}^{s_n} mg(w_0 + w_i) ds \right]. \quad (1.9)$$

Перший член цієї формули представляє собою енергію, витрачену на подолання опорів руху поїзда на усьому перегоні, а решта – втрати в гальмах під час зупинки поїзда.

Для спрощення формули (1.9) вводять еквівалентний ухил $i_{\text{екв}}$. Еквівалентним ухилом щодо витрати енергії називають такий незмінний вздовж усієї ділянки ухил, на якому складові витрати енергії, які залежать від профілю колії, тобто енергія, що витрачається на подолання опору руху від ухилів і кривих та втрати в гальмах при гальмуваннях на спусках, рівні сумі тих самих складових під час руху по реальному профілю. Позначивши відмітку кінцевого пункту ділянки через H_{κ} , м, а початкового H_n , м, можна записати формулу для еквівалентного ухилу в ‰

$$i_{\text{екв}} = \frac{1}{s} \left[1000(H_{\kappa} - H_n) + \sum (i_{\epsilon} - w_{\epsilon}) s_{\epsilon} + \sum w_{\kappa p} s_{\kappa p} \right], \quad (1.10)$$

де s – довжина ділянки колії з еквівалентним ухилом, м;

i_{ϵ} – абсолютне значення шкідливих ухилів, ‰;

w_{ϵ} – питомий опір руху на шкідливому спуску, Н/кН;

s_{ϵ} – довжина ділянки з шкідливим спуском, м;

$w_{\kappa p}$ – питомий опір руху від кривої, Н/кН;

						Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$s_{кр}$ – довжина ділянки з кривою, м.

Крім того, замінимо змінний, залежний від швидкості основний питомий опір руху w_0 його середнім по всьому перегону значенням w_{cp} і основний питомий опір руху на гальмівному шляху також його середнім значенням w_T .

Рух за період нормального гальмування до зупинки приймаємо рівномірно сповільненим з деяким середнім сповільненням a_T , м/с². Тоді гальмовий шлях s_T , км, може бути представлений як

$$s_T = \frac{V_T^2}{2 \cdot 3,6^2 a_T \cdot 1000}. \quad (1.11)$$

Замінивши у формулі (1.9) w_0 і i на їх середні та еквівалентні значення, врахувавши вираз (1.11), а також те, що $m_n = m(1 + \gamma)$, де $(1 + \gamma)$ – коефіцієнт інерції обертових частин, отримаємо, Дж

$$A_{об} = 1000 m s_n \left\{ (w_{cp} + i_{екв})g + \frac{V_T^2}{10^3 \cdot 2 \cdot 3,6^2 s_n} \left[1000(1 + \gamma) + \frac{(w_T + i_T)g}{a_T} \right] \right\}, \quad (1.12)$$

де i_T – середній ухил на гальмовому шляху, ‰.

Щоб визначити кількість електричної енергії, що підведена до тягових двигунів, потрібно поділити вираз (1.9) на середній коефіцієнт корисної дії η'_{cp} , двигунів, передач та перетворювачів якщо вони наявні на даному типі тягового електричного рухомого складу.

Для того щоб отримати загальну витрату енергії на рух поїзда, потрібно врахувати ще втрати в пускових пристроях. Корисна робота двигунів за період пуску складається з роботи сил опору руху на шляху пуску поїзда та його кінетичної енергії в кінці пуску. Отже, втрати в пускових пристроях $A_{п}$ на один пуск, Дж, заміняючи змінний основний питомий опір руху його середнім значенням $w_{п}$ за час пуску, дійсний ухил – середнім $i_{п}$ за період пуску і

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймаючи рух під час пуску рівномірно прискореним з прискоренням a_n , м/с², а звідси, $s_n = V_n^2 / (2 \cdot 3,6^2 \cdot 10^3 a_n)$, отримаємо

$$A_n = \frac{m \kappa_n V_n^2}{2 \cdot 3,6^2} \left[1000(1 + \gamma) + \frac{g(w_n + i_n)}{a_n} \right], \quad (1.13)$$

де κ_n – коефіцієнт пускових втрат.

У підсумку отримаємо наступну формулу для визначення загальної витрати електроенергії A , Дж

$$A = 1000 m s_n \frac{g w_{cp} i_{екв}}{cp} + \frac{V_T^2}{10^3 \cdot 2 \cdot 3,6^2 s_n cp} 1000 (1 + \gamma) \frac{g w_T i_T}{a_T} + \frac{\kappa_n V_n^2}{10^3 \cdot 2 \cdot 3,6^2 s_n} 1000 (1 + \gamma) \frac{g w_n i_n}{a_n}. \quad (1.14)$$

Аналізуючи даний аналітичний метод слід зауважити, що його перевагою є відсутність необхідності побудови кривих руху та часу, що значно прискорює процес отримання результату. Проте головним недоліком є мала точність аналітичного методу через велику кількість припущень, які були прийняті у процесі отримання формули (1.14). Таким чином, цей метод можна використовувати лише для наближеного розрахунку витрат електроенергії на тягу поїздів.

1.4 Метод розрахунку витрати електричної енергії за роботою сили тяги

Витрати електроенергії за роботою сили тяги визначаються за формулою [3, 7]

$$A = \int_0^s \frac{F_{\kappa} ds}{s}, \quad (1.15)$$

де s – пройдений шлях, м;

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F_k – сила тяги, Н;

η – коефіцієнт корисної дії електровоза.

Витрату електроенергії можна також визначити за виконаною корисною роботою електровоза, використавши замість (1.15) формулу

$$A = \frac{1}{\eta_c} \int_0^s F_k ds, \quad (1.16)$$

де η_c – середнє значення коефіцієнта корисної дії електровоза.

Розглянемо, застосуванню якої з двох наведених формул надати перевагу.

Коефіцієнт корисної дії електровоза визначається характеристиками тягового електричного устаткування і параметрами режиму навантаження, основними з яких є сила тяги і швидкість руху.

З високою мірою достовірності можна припустити, що у області визначення реалізації корисної потужності електровоза його коефіцієнт корисної дії можна представити деякою функцією двох параметрів сили тяги і швидкості руху, тобто у вигляді F_k, v . Ця залежність характеризує ефективність перетворення електричної енергії в режимі тяги, тому її доцільно назвати тягово-енергетичною характеристикою [3, 7].

Щодо величини середнього значення коефіцієнта корисної дії η_c , яка фігурує у виразі (1.16), можна сказати, що вона є функцією управління, а отже і умов ведення потягу, які носять випадковий характер та поздовжнього профілю ділянки колії.

Із сказаного випливає, що значення середнього коефіцієнта корисної дії електровоза є величиною менш визначеною, ніж його поточне значення F_k, v , тому для задач тягового забезпечення вираз (1.15) є найбільш доцільним.

Головне, що вказує на користь такого висновку, полягає у тому, що при відомому алгоритмі визначення координат тягово-енергетичної характеристики

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F_k, v розрахунок витрати електроенергії (1.15) стає можливим при інтегруванні рівняння руху будь-яким з відомих прийомів, оскільки на кожному кроці інтегрування значення сили тяги і швидкості руху визначені.

В тягових розрахунках витрата електроенергії на рух ділянкою в режимі тяги визначається на основі відповідних залежностей струму і часу руху від шляху по перегону, як сума витрат електроенергії по окремим елементам часу (крокам інтегрування) [1] (див. формули (1.1 та 1.2)).

Розрахунок витрати електроенергії за допомогою струмових характеристик $I_E=f(v)$ можливий лише у разі дискретного регулювання потужності локомотива, оскільки в цьому випадку існує відповідність координат тягової $F_k=f(v)$ і струмової характеристик. У випадку плавного регулювання потужності такої (легко доступної) відповідності не існує. Тому для виходу з положення на струмові і тягові характеристики наносять додаткові характеристики [1]. Густота сітки додаткових характеристик визначає допустиму точність розрахунку витрати електроенергії.

Таким чином, приймаючи до уваги вище наведені причини, для тягового електричного рухомого складу з плавним регулюванням потужності пропонується замість струмових характеристик використовувати тягово-енергетичні характеристики.

Геометрично тягово-енергетична характеристика представляє собою зображену на рисунку 1.3 поверхню. В її основі лежить гранична тягова характеристика $\bar{F}_k(v)$. З теорії електричних машин відомо, що F_k, v на інтервалах зміни аргументів $F_k \in [0, F_{k \max}]$ і $v_k \in [0, v_{k \max}]$ є унімодальна функція, що приймає нульові значення на осях координат $v = 0$ і $F_k = 0$.

Вивчення характеру залежності F_k, v показало, що для її апроксимації можна використовувати поліноміальні регресійні моделі. В якості потенціальних незалежних змінних з міркувань доступності потрібно прийняти поточні значення

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

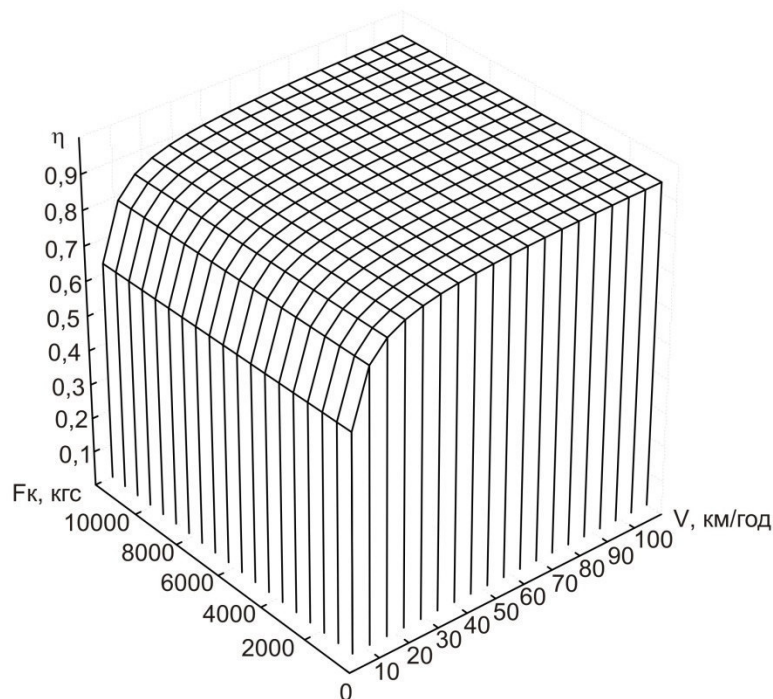


Рисунок 1.3 – Тягово-енергетична характеристика електровоза постійного струму сили тяги F_k , швидкості v або функції цих змінних, а вибір параметрів моделі здійснити методом покрокового регресійного аналізу [3, 7, 11]. Вихідні дані для розв’язання задачі можна визначити за допомогою методики, яка висвітлена в наступному підрозділі, що забезпечує високу точність розрахунку коефіцієнта корисної дії.

В результаті проведеного аналізу встановлено, що характеристика F_k, v може бути апроксимована залежністю [3, 7]

$$\eta = a_0 - \frac{a_1}{F_k} - \frac{a_2}{v}, \quad (1.17)$$

де a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти рівняння регресії.

Переваги застосування тягово-енергетичних характеристик в тягових розрахунках обумовлені тим, що в запропонованій моделі в якості незалежних змінних прийняті сила тяги F_k та швидкість v – управляючі змінні в керуванні рухом поїзда. Використання цих характеристик дозволяє виключити

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використання струмових характеристик тягового електричного рухомого складу під час розв'язання всього спектру задач, які відносяться до енергетики руху поїзда.

						Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОВОЗА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

2.1 Підготовка вихідних даних та визначення коефіцієнтів математичної моделі тягово-енергетичної характеристики

Для розрахунку витрати електроенергії за допомогою тягово-енергетичних характеристик [3, 7] необхідно визначити залежність коефіцієнта корисної дії від сили тяги та швидкості руху $\eta(F_k, v)$ в області визначення координат тягової характеристики вибраного електровоза. Оскільки у попередньому розділі було прийнято вид математичної моделі тягово-енергетичної характеристики (1.17) та вибрано метод покрокового регресійного аналізу для визначення параметрів моделі, тобто коефіцієнтів у формулі (1.17), то вихідними даними будуть набори координат точок, що лежать на поверхні (див. рис. 1.3)

$$_1 F_{k1}, v_1 ; _2 F_{k2}, v_2 ; \dots ; _n F_{kn}, v_n ,$$

де n – кількість точок.

У даній дипломній роботі розрахунки будемо виконувати для електровозів серії 2ЕЛ4.

Приймемо до розрахунку наступні вихідні дані [3]:

а) Основні параметри тягового електричного двигуна ДТК-800А у номінальному режимі:

- струм якірного кола $I_{a\text{ном}} = 525 \text{ A}$;
- напруга підведена до двигуна $U_{\text{ном}} = 1500 \text{ В}$;
- частота обертання валу якоря $n_{\text{ном}} = 765 \text{ об/хв}$;
- кількість пар паралельних гілок якірної обмотки $a = 3$;
- кількість пар полюсів $p = 3$;
- кількість провідників якірної обмотки $N = 1032$;

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кількість витків обмотки збудження $w_{зб} = 15$;
- коефіцієнт збудження $\beta_{ном} = 1,0$;
- мінімальний коефіцієнт збудження $\beta_{min} = 0,43$;
- падіння напруги у контакті щітка-колектор $\Delta U_{щ} = 2$ В;
- коефіцієнт насичення $K_n = 1,64$;
- електричні опори обмоток тягового двигуна (при температурі 115°C):
якоря $r_a = 0,0451$ Ом, головних полюсів $r_b = 0,0256$ Ом, і компенсаційної та
додаткових полюсів $r_d + r_{ко} = 0,044$ Ом.

б) Втрати в тяговому двигуні у номінальному режимі:

- втрати потужності в сталі $P_c = 7017$ Вт;
- механічні втрати $P_{мех} = 1906$ Вт.

в) Параметри електровоза:

- дотична сила тяги електровоза $F_{к ном} = 391$ кН;
- діаметр бандажа колісної пари $D_k = 1,205$ м;
- передаточне відношення тягової зубчастої передачі $3,26$;
- кількість тягових двигунів (осей) $n_{дв} = 8$;
- маса, що припадає на вісь колісної пари $q_0 = 24$ т.

Нижче опишемо алгоритм розрахунку вихідних даних для побудови регресійної моделі тягово-енергетичної характеристики F_k, v електровоза 2ЕЛ4 використовуючи загальновідомі розрахункові вирази з досвіду проектування тягових електродвигунів магістральних електровозів, що наведено у [8, 9].

Розрахунок будемо вести змінюючи з кроком K_{I_a} значення струму в колі двигуна I_a в межах $0,1I_a < I_a \leq 2I_a$ та величину підведеної напруги U в межах $U|_{v=0} < U < U_{ном}$ з кроком K_U і змінюючи значення для кожного значення струму.

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тут запис $U|_{v=0}$ позначає величину напруги при швидкості електровоза $v = 0$ км/год для кожного значення струму і розраховується за формулою [8, 9]

$$U|_{v=0} = I_a(r_a + r_{\partial} + \beta r_{\epsilon} + r_{ко}) + \Delta U_{щ}, \quad (2.1)$$

де $r_a, r_{\partial}, r_{\epsilon}, r_{ко}$ – активний опір обмоток: якоря, додаткових полюсів, збудження і компенсаційної відповідно (при температурі 115°C), Ом;

β – коефіцієнт ослаблення збудження.

Як відомо коефіцієнт корисної дії визначають за формулою

$$\eta = 1 - \frac{P}{P_1}, \quad (2.2)$$

де P_1 – повна потужність, що споживається двигуном.

Для колекторних тягових двигунів з послідовним збудженням

$$P_1 = UI_a; \quad (2.3)$$

U – напруга на затискачах електричного двигуна, В;

$\sum \Delta P$ – сума втрат потужності для тягових двигунів, Вт.

Для колекторних тягових двигунів з послідовним збудженням

$$P = P_{ел} + P_c + P_{доб} + P_{мех}, \quad (2.4)$$

де $\Delta P_{ел}$ – електричні втрати потужності в тяговому двигуні, Вт

$$P_{ел} = I_a(I_a r_a + r_{\partial} + r_{\epsilon} + r_{ко} + U_{щ}), \quad (2.5)$$

ΔP_c – втрати потужності в сталі, Вт;

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta P_{\text{мех}}$ – втрати потужності, які включають в себе втрати на тертя щіток по колектору та втрати у підшипниках, Вт,

$\Delta P_{\text{доб}}$ – додаткові втрати потужності під час навантаження, Вт.

Додаткові втрати потужності враховують комутаційні втрати, втрати в міді обмотки якоря від поля головних полюсів в пазах, а також збільшення втрат в сталі від спотворення магнітного поля під час навантаження.

Додаткові втрати можна спрощено визначити за ГОСТ 2582–81

$$P_{\text{доб}} = P_c K_{\text{д}}, \quad (2.6)$$

де $K_{\text{д}}$ – коефіцієнт додаткових втрат, що залежить від струму в обмотці якоря I_a^* у відносних одиницях [9].

Для автоматизації розрахунків використаємо апроксимуючу залежність у вигляді поліному другого степеня з коефіцієнтами визначеними методом найменших квадратів на основі даних, що наведено в таблиці 2.1 [9]

Таблиця 2.1 – Залежність коефіцієнта додаткових втрат від струму в обмотці якоря у відносних одиницях

I_a^* , у.о	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$K_{\text{д}}$	0,22	0,22	0,23	0,26	0,30	0,35	0,41	0,48	0,56	0,65
$K_{\text{д роз}}$	0,217	0,221	0,236	0,263	0,300	0,349	0,409	0,480	0,562	0,655
, %	1,373	0,524	2,716	1,065	0,100	0,310	0,328	0,100	0,267	0,703

$$K_{\text{д роз}} = 0,139 I_a^{*2} - 0,0627 I_a^* + 0,224 \quad (2.7)$$

Крім того, для оцінки якості апроксимації наведемо в цій таблиці значення коефіцієнта додаткових втрат отриманих за формулою (2.7) та значення відносної похибки δ , %.

З таблиці видно, що максимальна відносна похибка складає 2,72%, тобто точність апроксимації є прийнятною для інженерних розрахунків.

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо величині втрат в тяговому електричному двигуні для номінального режиму відома то можна здійснити їх перерахунок для режимів, які відрізняються від номінального, за наступними формулами [8, 9]:

втрати потужності в сталі

$$P_c = \frac{P_{c_{ном}}}{\left(\frac{n}{n_{ном}}\right)^{1,5}} \quad (2.8)$$

де n – поточне значення частоти обертання якоря, об/хв;

Φ , $\Phi_{ном}$ – відповідно магнітні потоки при поточному значенні струму I_a і при номінальному струмі $I_{a_{ном}}$;

$$E_{ном} = \frac{60a}{pNn_{ном}} \quad (2.9)$$

де $E_{ном}$ – електрорушійна сила в номінальному режимі, В.

Електрорушійну силу для номінального режиму можна визначити з рівняння балансу напруг електричного двигуна, підставивши в нього номінальні величини напруги та струму

$$E = U + I_a r_a + r_\delta + r_v + r_{ко} + U_{щ}, \quad (2.10)$$

Магнітний потік Φ будемо визначати за допомогою універсальної магнітної характеристики (рисунок 2.1), яка побудована на основі даних [9].

Універсальна магнітна характеристика дозволяє з достатньою точністю визначити магнітний потік даної тягової електричної машини з врахуванням реакції якоря.

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

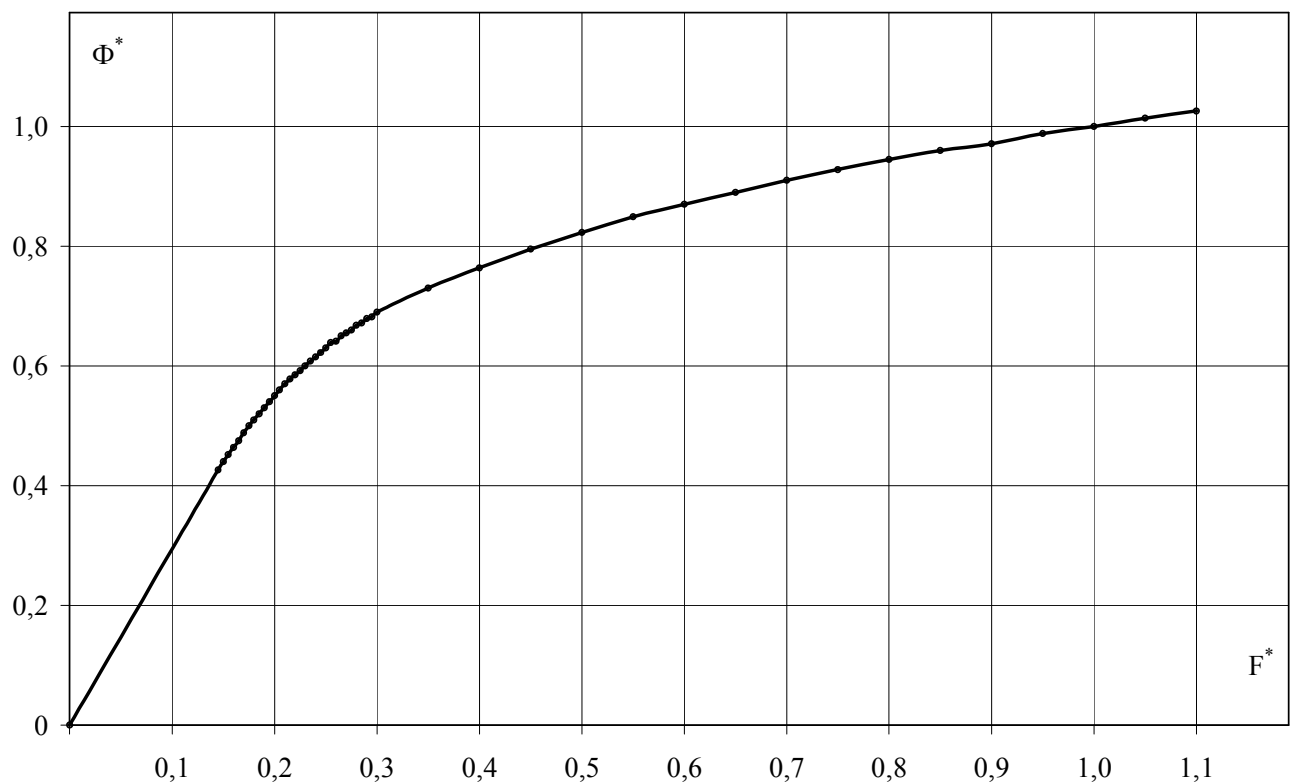


Рисунок 2.1 – Універсальна магнітна характеристика

Щоб перейти від універсальної магнітної характеристики до магнітної характеристики конкретного двигуна необхідно розрахувати величину магнітного потоку в номінальному режимі за формулою (2.9) та величину повної магніторушійної сили в номінальному режимі $F_{\text{в ном}}$ підставивши величини струму якоря і коефіцієнта ослаблення збудження у номінальному режимі у формулу

$$F_{\text{в}} = I_a w_{\text{в}}. \quad (2.11)$$

Наступним кроком буде визначення величин $F_{\text{в ном}}^*$ та $\Phi_{\text{ном}}^*$, які відповідають коефіцієнту насичення в номінальному режимі K_n для даного типу тягового електричного двигуна.

Для цього використаємо апроксимуючі вирази залежностей $F_{\text{в}}^*(K_n)$ і $\Phi^*(F^*)$ [10]:

$$F_B^* = 0,4261K_H - 0,259; \quad (2.12)$$

$$\Phi^* = 0,722 \cdot \arctg(4,699F_B^*). \quad (2.13)$$

Далі за відомим повним коефіцієнтом насичення в номінальному режимі K_H , на основі залежності $F_\epsilon^* = f(K_H)$ визначаємо відповідне значення $F_{\epsilon \text{ ном}}^*$ та на основі залежності $\Phi^* = f(F^*)$ – відповідне значення $\Phi_{\text{ном}}^*$. Отримані значення магніторушійної сили та магнітного потоку у відносних одиницях дозволяють встановити масштаби для визначення решти точок реальної магнітної характеристики даної електричної машини.

Масштаб для магнітного потоку визначаємо за формулою [9]

$$m_\Phi = \Phi_{\text{ном}} / \Phi_H^*. \quad (2.14)$$

Масштаб для магніторушійної сили [9]

$$m_F = F_{\text{вн}}^* / F_{\text{в ном}}. \quad (2.15)$$

Таким чином, для поточного значення струму I_a та β , розраховуємо за формулою (2.11) величину магніторушійної сили. Помноживши її на m_F дістанемо значення F_ϵ^* у відносних одиницях. Далі на основі формули (2.13), знаходимо значення магнітного потоку у відносних одиницях і помноживши його на m_Φ знаходимо абсолютне значення потоку Φ .

Механічні втрати потужності будемо перераховувати за формулою

$$P_{\text{мех}} = P_{\text{мех ном}} \frac{n}{n_{\text{ном}}}, \quad (2.16)$$

де $P_{\text{мех ном}}$ – втрати на тертя щіток і в підшипниках у номінальному режимі;

n – поточне значення частоти обертання вала тягового двигуна, яка визначається згідно формули

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{E}{C_n}, \quad (2.17)$$

де C_n – постійна електричної машини

$$C_n = \frac{pN}{60a}. \quad (2.18)$$

Після визначення коефіцієнту корисної дії двигуна за формулою (2.2) обчислимо швидкість електровоза згідно виразу

$$v = \frac{D_k n}{5,3}, \quad (2.19)$$

Дотичну силу тяги $F_{\kappa 0}$, віднесену до одного тягового двигуна будемо визначати за формулою згідно [8]

$$F_{\kappa 0} = C_F I_a \frac{3,6}{v} \frac{P_c + P_{\text{дод}} + P_{\text{мех}} + P_z}{}, \quad (2.20)$$

де ΔP_z – втрати потужності в тяговій передачі, Вт;

C_F – стала електричної машини для сили тяги, яка розраховується за формулою

$$C_F = 2 \cdot 9,54 C_n \frac{1}{D_k}, \quad (2.21)$$

Для розрахунку втрат в тяговій передачі скористаємося даними наведеними в таблиці 2.2 (ГОСТ 2582–72).

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Залежність втрат в зубчастій передачі та моторно-осьових підшипниках $\Delta p_{зп}$ у відсотках від підведеної потужності у відносних одиницях P_2^*

P_2^*	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0
$p_{зп}, \%$	8,5	6,7	4,4	3,2	2,7	2,5	2,5	2,7	3,0	3,5

Підведену потужність у відносних одиницях визначимо за формулою

$$P_2^* = P_{1д} / P_{1ном} \quad (2.22)$$

Для автоматизації ведення розрахунків за умови $P_2^* \geq 0,25$ застосуємо інтерполяцію кубічними сплайнами. Для цього використаємо вбудовані в середовище MathCAD функції cspline() та interp(). Такий метод дозволяє точно накривати вузлові точки (рисунок 2.2).

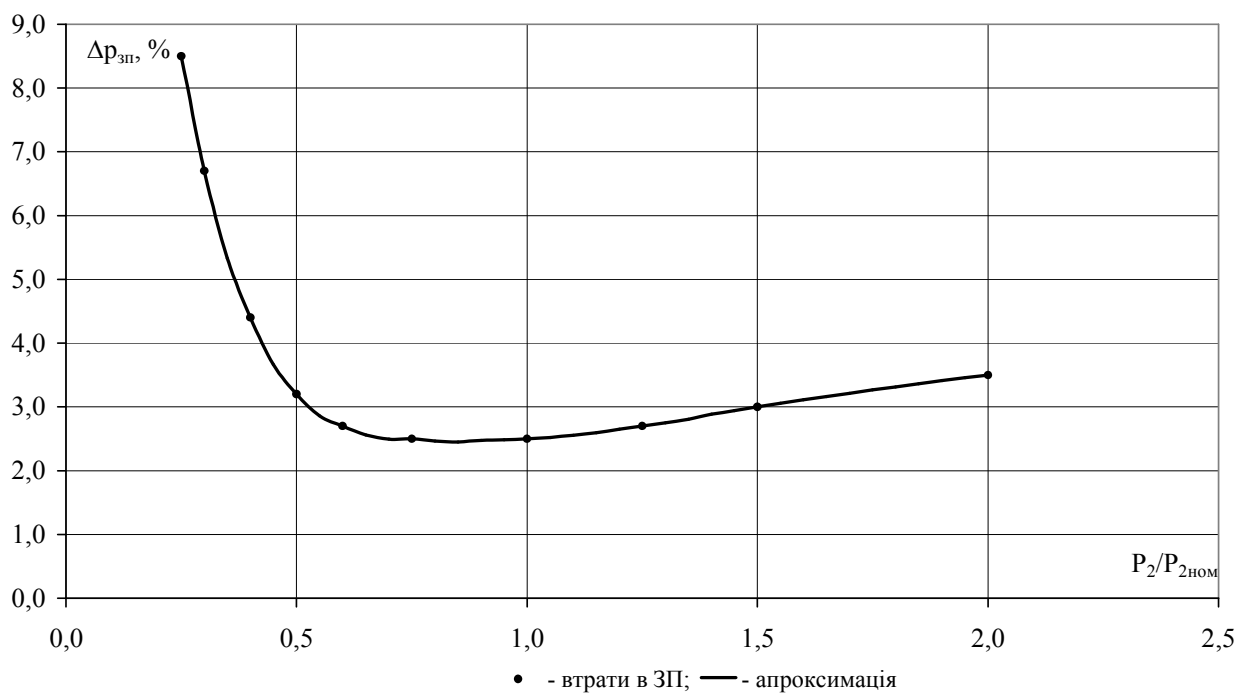


Рисунок 2.2 – Перевірка якості апроксимації залежності $\Delta p_{зп}(P_2^*)$

Для забезпечення можливості розрахунку значень втрат у зубчастій передачі за умови $0 < P_2^* < 0,25$ використаємо лінійну інтерполяцію

$$P_{\text{зп роз}} = 34P_2^* \quad (2.23)$$

Така інтерполяційна залежність була вибрана з тих міркувань, що у разі $P_2^* = 0$, $\Delta p_{\text{зп}}$ теж дорівнює нулю, що відповідає фізичній суті процесів.

Втрати в тяговій передачі $\Delta P_{\text{зп}}$, Вт розрахуємо за формулою

$$P_{\text{зп}} = \frac{P_1 - P_{\text{зп роз}}}{100} \quad (2.24)$$

У випадку визначення $F_{\text{кд}}$ при $v = 0$ км/год необхідно користуватися наступною формулою

$$F_{\text{кд}} = C_F \cdot I_a \quad (2.25)$$

Розрахунок дотичної сили тяги електровоза $F_{\text{к}}$, Н, будемо здійснювати за формулою

$$F_{\text{к}} = n_{\text{ов}} F_{\text{кд}} \quad (2.26)$$

Коефіцієнт корисної дії електровоза, без врахування втрат на власні потреби будемо розраховувати згідно формули

$$\eta_{\text{ел}} = 1 - \frac{P - P_{\text{зп}}}{P_1} \quad (2.27)$$

Крім того, на кожному кроці розрахунку (для кожного вибраного значення прикладеної до двигуна напруги та струму) будемо контролювати щоб розраховане значення $F_{\text{к}}$ не перевищувало значення граничної сили тяги електровоза за зчепленням $F_{\text{кзч}}$, яка розраховується згідно [1] за формулою

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{кзч}} \cdot \psi_{\text{к}} \cdot v \cdot q_0 \cdot n_{\text{дв}}. \quad (2.28)$$

на цьому ж кроці, а також – щоб добуток $F_{\text{к}} \cdot v$ був більшим певного заданого значення P_{min} , яке приймається з розрахунку [7]

$$P_{\text{min}} = 0,1 \cdot F_{\text{к ном}} \cdot v_{\text{ном}}. \quad (2.29)$$

де $v_{\text{ном}}$ – швидкість електровоза у номінальному режимі, км/год, яка розраховується за формулою (2.19) при $n_{\text{ном}}$.

Для отримання набору координат тягово-енергетичної характеристики в режимі ослаблення збудження необхідно підставляти у вище наведені формули замість значення коефіцієнта збудження у номінальному режимі $\beta_{\text{ном}}$ довільні значення β , які вибираються з заданим кроком K_{β} в межах від β_{min} до $\beta_{\text{ном}}$.

Для прикладу,ведемо розрахунок коефіцієнта корисної дії та відповідних йому значень сили тяги і швидкості для електровоза 2ЕЛ4. Вихідні дані для розрахунку наведемо у таблиці 2.4.

Розрахунокведемо для струму якоря тягового двигуна $I_a = 400$ А, напруги $U = U_{\text{ном}} = 1500$ В і коефіцієнта ослаблення збудження $\beta = 0,79$.

За формулою (2.5) розраховуємо електричні втрати

$$\Delta P_{\text{ел}} = 400 \cdot (400 \cdot (0,0451 + 0,0256 \cdot 0,79 + 0,044) + 2) = 18291,84 \text{ Вт.}$$

Згідно формули (2.10) розраховуємо електрорушійну силу в номінальному режимі підставивши номінальне значення струму якоря та номінальний коефіцієнт ослаблення збудження $\beta_{\text{ном}} = 1,0$ [3]

$$E_{\text{ном}} = 1500 - 525 \cdot (0,0451 + 0,0256 \cdot 1 + 0,044) - 2 = 1437,8 \text{ В.}$$

Магнітний потік в номінальному режимі розраховуємо за формулою (2.9)

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Phi_{ном} = \frac{60 \cdot 3 \cdot 1437,8}{3 \cdot 1032 \cdot 765} = 0,109275 \text{ Вб.}$$

Намагнічуючу силу в номінальному режимі розраховуємо за формулою (2.11)

$$F_{в ном} = 1 \cdot 525 \cdot 15 = 7875 \text{ А.}$$

Для заданого коефіцієнта насичення розрахуємо значення намагнічуючої сили у відносних одиницях за формулою (2.12)

$$F_{в}^* = 0,4261 \cdot 1,64 - 0,259 = 0,4398$$

За формулою (2.13) знаходимо значення магнітного потоку у відносних одиницях

$$\Phi^* = 0,722 \cdot \arctg(4,699 \cdot 0,4398) = 0,8087$$

Масштаб для магнітного потоку визначаємо по формулі (2.14)

$$m_{\Phi} = 0,109275 / 0,8087 = 0,135.$$

Масштаб для намагнічуючої сили визначаємо по формулі (2.15)

$$m_F = 0,4398 / 7875 = 0,00005585.$$

Розраховуємо намагнічуючу силу для заданого струму якоря і коефіцієнта ослаблення збудження за формулою (2.11)

$$F_{г} = 0,79 \cdot 400 \cdot 15 = 4740 \text{ А.}$$

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо намагнічуючу силу в відносних одиницях на основі формули (2.15)

$$F^* = 0,00005585 \cdot 4740 = 0,265.$$

Розрахуємо магнітний потік у відносних одиницях за формулою (2.13)

$$\Phi^* = 0,722 \cdot \arctg(4,699 \cdot 0,265) = 0,6452$$

На основі формули (2.14) знаходимо абсолютне значення потоку

$$\Phi = 0,139 \cdot 0,6452 = 0,087 \text{ Вб.}$$

Постійна електричної машини за формулою (2.18)

$$C_n = \frac{3 \cdot 1032}{60 \cdot 3} = 17,2.$$

Згідно формули (2.10) розраховуємо електрорушійну силу

$$E = 1500 - 400 \cdot (0,0451 + 0,0256 \cdot 0,79 + 0,044) - 2 = 1454,23 \text{ В.}$$

Знаходимо значення частоти обертання валу тягового двигуна, яка визначається згідно формули (2.17)

$$n = \frac{1454,23}{17,2 \cdot 0,087} = 971,8 \text{ об/хв.}$$

Знаходимо величину швидкості, використовуючи формулу (2.19)

$$v = \frac{1,205 \cdot 971,8}{5,3 \cdot 3,26} = 67,8 \text{ км/год.}$$

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використовуючи формулу (2.8) виконаємо перерахунок втрат в сталі

$$\Delta P_c = \left(\frac{0,087}{0,109275} \right)^2 \cdot \left(\frac{971,8}{765} \right)^{1,5} \cdot 7017 = 6368,27 \text{ Вт.}$$

Використовуючи формулу (2.16) виконаємо перерахунок механічних втрат

$$\Delta P_{\text{мех}} = 1906 \cdot \frac{971,8}{765} = 2421,24 \text{ Вт.}$$

За формулою (2.7) виконаємо розрахунок коефіцієнта додаткових втрат підставивши замість струму якоря у відносних одиницях вираз для його розрахунку

$$K_{\text{дроз}} = 0,1383 \cdot (400 / 525)^2 - 0,0617 \cdot (400 / 525) + 0,223 = 0,256.$$

За формулою (2.6) виконаємо розрахунок додаткових втрат

$$\Delta P_{\text{доd}} = 6368,27 \cdot 0,256 = 1630,28 \text{ Вт.}$$

Суму втрат потужності розраховуємо за формулою (2.4)

$$\sum \Delta P = 18291,84 + 6368,27 + 2421,24 + 1630,28 = 28711,63 \text{ Вт.}$$

Повну потужність, що споживається тяговим електродвигуном визначимо за формулою (2.3)

$$P_1 = 1500 \cdot 400 = 600000 \text{ Вт.}$$

Сталу електричної машини для сили тяги визначаємо за формулою (2.21)

						Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_F = 2 \cdot 9,54 \cdot 17,2 \cdot \frac{3,26}{1,205} = 887,85.$$

Розраховуємо силу тяги за формулою (2.20)

$$F_{\kappa\partial} = 887,85 \cdot 0,087 \cdot 400 - \frac{3,6 \cdot (6368,27 + 1630,28 + 2421,24 +)}{67,8} = 29939 \text{ Н.}$$

Визначимо дотичну силу тяги електровоза за формулою (2.26)

$$F_{\kappa} = 8 \cdot 29939 = 239518 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт корисної дії тягового електродвигуна обчислимо за формулою (2.2)

$$\eta_d = 1 - \frac{28711,63}{600000} = 0,952.$$

Для визначення коефіцієнта корисної дії електровоза необхідно визначити втрати у зубчастій передачі та моторно-осьових підшипниках.

Повну потужність, що споживається тяговим електродвигуном у номінальному режимі визначимо за формулою (2.3)

$$P_{\text{іном}} = 1500 \cdot 525 = 787500 \text{ Вт.}$$

За формулою (2.5) розраховуємо електричні втрати у номінальному режимі

$$\Delta P_{\text{ел. ном}} = 525 \cdot (525 \cdot (0,0451 + 0,0256 \cdot 1,0 + 0,044) + 2) = 32664,19 \text{ Вт.}$$

За формулою (2.7) виконаємо розрахунок коефіцієнта додаткових втрат у номінальному режимі

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{дрозном}} = 0,1383 \cdot (525 / 525)^2 - 0,0617 \cdot (525 / 525) + 0,223 = 0,3.$$

За формулою (2.6) виконаємо розрахунок додаткових втрат у номінальному режимі

$$\Delta P_{\text{додном}} = 7017 \cdot 0,3 = 2105,10 \text{ Вт.}$$

Суму втрат потужності у номінальному режимі розраховуємо за формулою (2.4)

$$\sum \Delta P_{\text{ном}} = 32664,19 + 7017 + 1906 + 2105,10 = 43692,29 \text{ Вт.}$$

Коефіцієнт корисної дії тягового електродвигуна у номінальному режимі обчислимо за формулою (2.2)

$$\eta_{\text{дном}} = 1 - \frac{43692,29}{787500} = 0,945.$$

Визначимо за формулою (2.22) підведену потужність у відносних одиницях

$$P_2^* = \frac{600000}{787500} \cdot \frac{0,952}{0,945} = 0,768. \quad (2.22)$$

Для визначеної відносної потужності $p_{\text{зн роз}} = 2,5\%$.

Втрати в тяговій передачі $\Delta P_{\text{зн}}$, Вт розраховуємо за формулою (2.24)

$$P_{\text{зн}} = \frac{600000}{100} \cdot \frac{0,952}{100} \cdot 2,5 = 14280,0 \text{ Вт.}$$

Коефіцієнт корисної дії електровоза, без врахування втрат на власні потреби будемо розраховувати згідно формули (2.27)

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{ел} \quad 1 \quad \frac{28711,63 \quad 14280,0}{600000} \quad 0,928. \quad (2.27)$$

Користуючись наведеною методикою розрахуємо координати тягово-енергетичної характеристики електровоза 2ЕЛ4. Результати розрахунку представимо в табличній формі у додатку А (Таблиця А.1) та на їх основі побудуємо поле вузлових точок на рисунках 2.3 –2.5.

2.2 Визначення коефіцієнтів математичної моделі тягово-енергетичної характеристики

Маючи необхідний набір точок сили тяги, швидкості і коефіцієнта корисної дії електровоза, апроксимуємо поле даних залежністю (1.17)

$$\eta = a_0 - \frac{a_1}{F_k} - \frac{a_2}{v},$$

де a_0, a_1, a_2 – коефіцієнти моделі.

Для знаходження коефіцієнтів моделі (1.17) скористаємося методами регресійного аналізу. Розрахунки будемо проводити у програмному середовищі STATISTICA 6.1. Результати приведемо у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнти математичної моделі тягово-енергетичної характеристики електровоза 2ЕЛ4

Модель	a_0	a_1	a_2	R^2	ст. от., α
$\eta_e = a_0 - \frac{a_1}{F_k} - \frac{a_2}{v}$	0,981	581,550	1,922	95,917	0,05

Після знаходження коефіцієнтів регресійної моделі a_0, a_1 і a_2 визначаємо коефіцієнт корисної дії, задаючись відповідними значеннями сили тяги і швидкості електровоза. Використовуючи формулу (1.116) обчислюємо витрату електроенергії. Приріст пройденого поїздом шляху визначаємо за допомогою кривої швидкості $v(s)$.

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

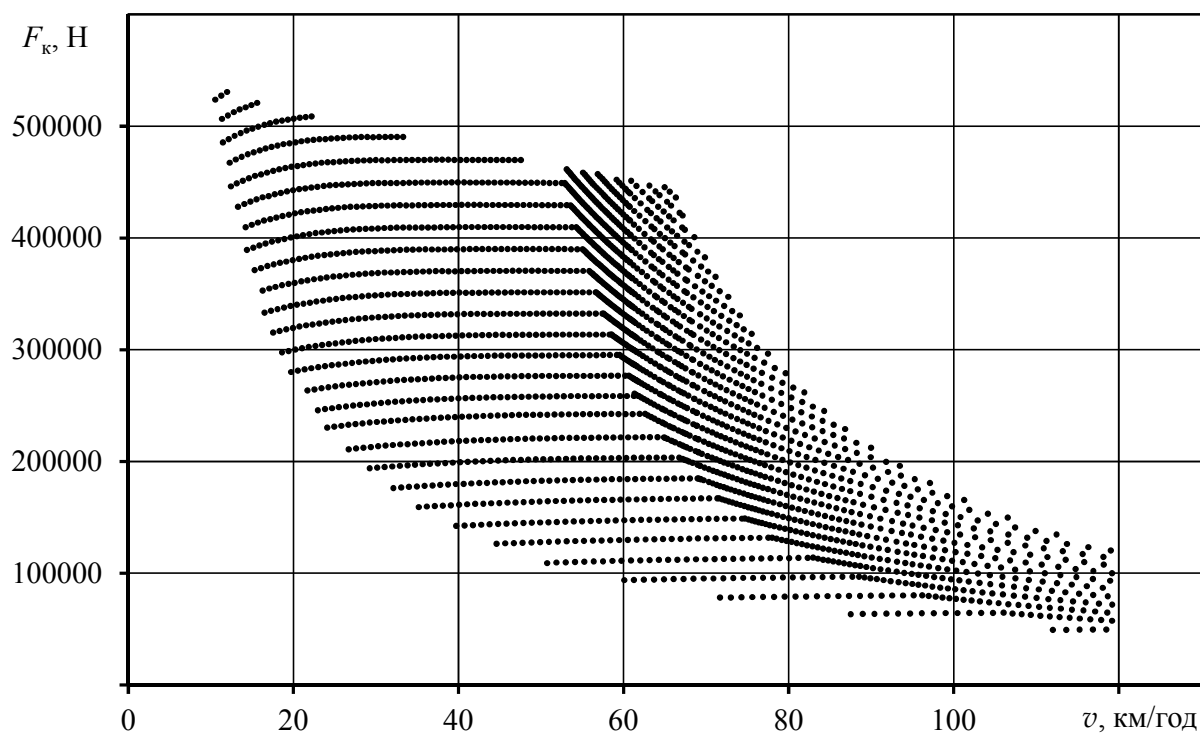


Рисунок 2.3 – Проекція координат тягово-енергетичної характеристики електровоза 2ЕЛ4 на площину $F_k v$

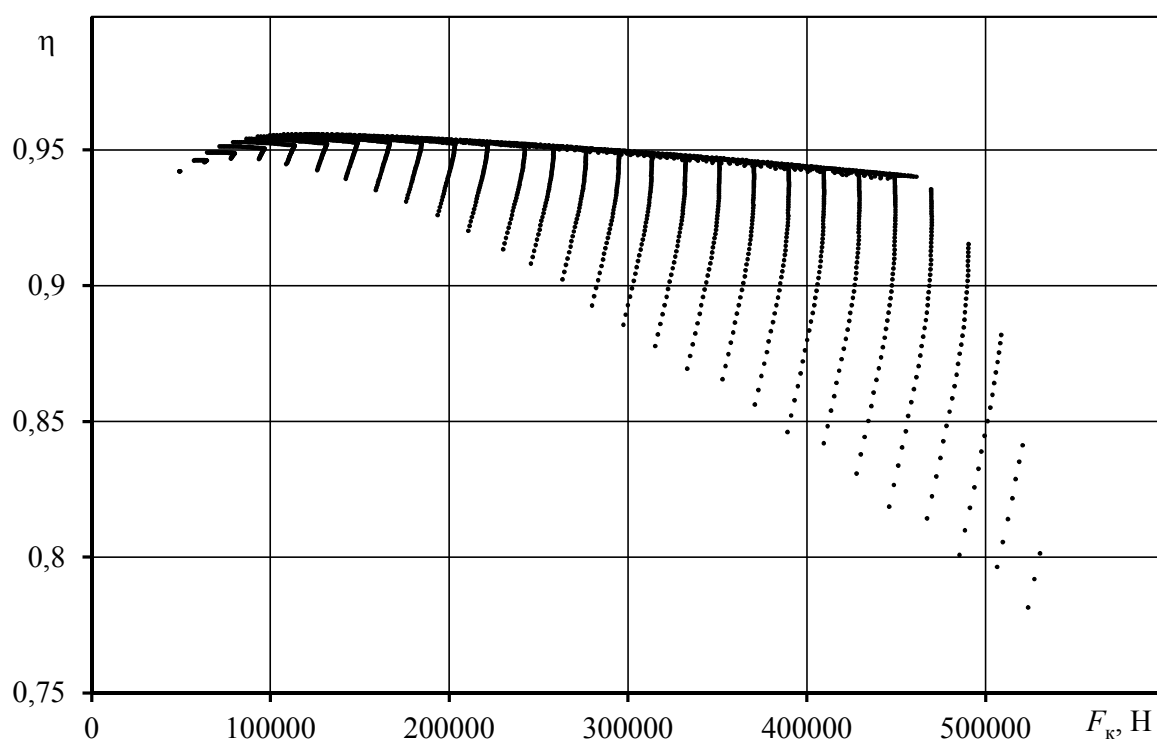


Рисунок 2.4 – Проекція координат тягово-енергетичної характеристики електровоза 2ЕЛ4 на площину ηF_k

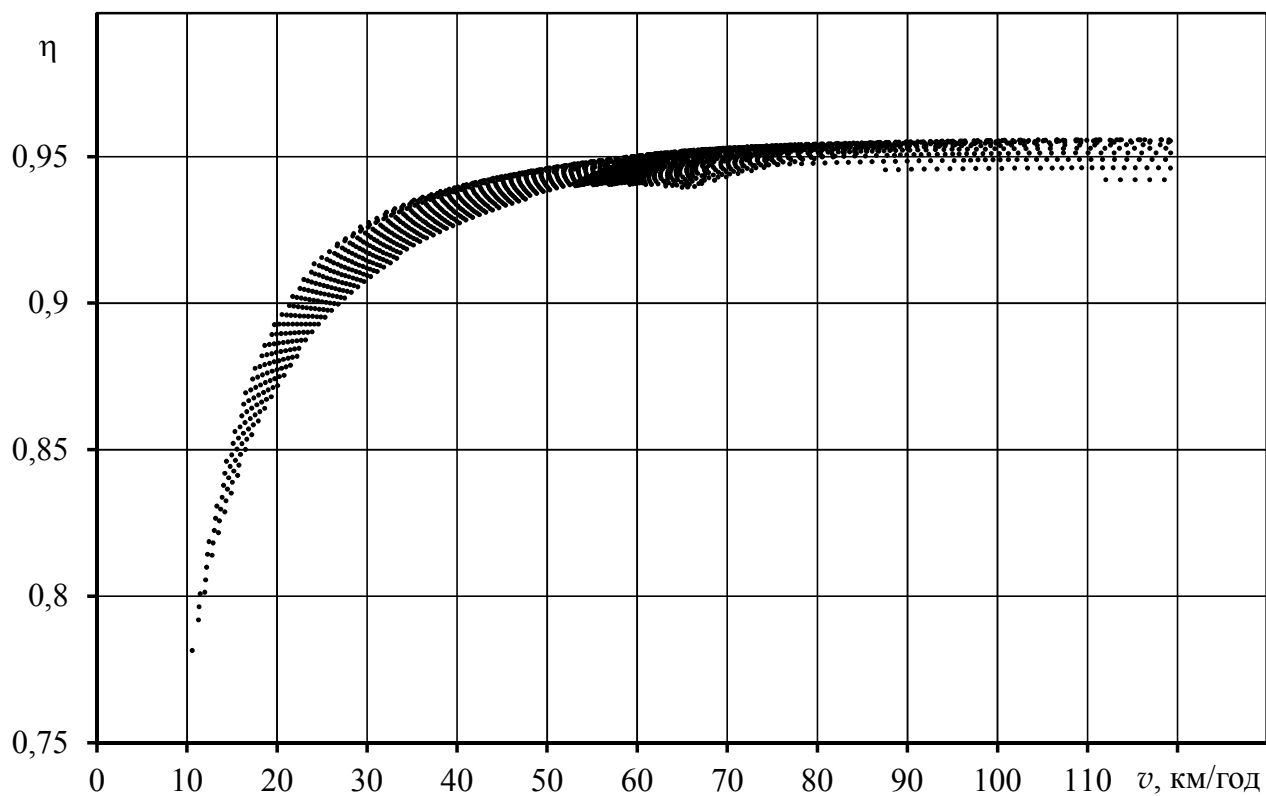


Рисунок 2.5 – Проекція координат тягово-енергетичної характеристики електровоза 2ЕЛ4 на площину ηv

3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЯГУ ПОЇЗДА

Для того, щоб оцінити точність визначення витрат електроенергії зробимо тяговий розрахунок двома методами:

- за кривими струму електровоза [1, 3];
- за допомогою тягово-енергетичних характеристик.

3.1 Визначення витрат електроенергії за кривими струму електровоза

3.1.1 Вихідні дані для розрахунку витрат електроенергії.

Для виконання тягових розрахунків з метою визначення витрат електроенергії за методом наведеним в [1] використаємо такі вихідні дані [3]:

- тип електровоза 2ЕЛ4
- тип тягового електродвигуна ДТК800А
- кількість тягових двигунів $n_{\text{дв}}$ 8
- маса електровоза $m_{\text{л}}$, т 192
- передатне число μ 3,26
- діаметр бандажа $D_{\text{к}}$, м 1,25
- довжина локомотива $l_{\text{л}}$, м 35,0
- номінальне значення напруги на струмоприймачі, В 3000;
- значення найбільшого допустимого струму двигуна, А 840;
- тип колії стикова;
- тип і вміст вагонів у составі, % 4-вісні 100% ;
- середнє навантаження на вісь 4-вісного вагона, т 20.
- ділянка залізниці Н.-Д. Вузол–
Сухачівка

Тягова та струмова характеристики електровоза 2ЕЛ4 представлені у вигляді таблиць 3.1 та 3.2 і на рисунках 3.1 та 3.2 відповідно.

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 –Тягові характеристики електровоза 2ЕЛ4

С		СП		П									
ПЗ		ПЗ		ПЗ		ОЗ1		ОЗ2		ОЗ3		ОЗ4	
$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$F_{\text{к}}, \text{кН}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$F_{\text{к}}, \text{кН}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$F_{\text{к}}, \text{кН}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$F_{\text{к}}, \text{кН}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$F_{\text{к}}, \text{кН}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$F_{\text{к}}, \text{кН}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$F_{\text{к}}, \text{кН}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10,9	520	24,5	520	51,7	520	52,5	640	-	-	-	-	-	-
11,7	418	25,9	418	54,1	418	55,0	516	56,1	617	-	-	-	-
12,3	372	26,9	372	56,2	372	56,4	466	58,2	551	-	-	-	-
13,5	300	29	300	60,1	300	59,7	380	62,2	446	60,8	556	-	-
15,2	220	32,4	220	66,6	220	65,9	281	68,0	334	68,0	408	67,3	494
17	163	35,6	163	72,7	163	74,6	202	76	244	76	299	75,6	361
18,9	121	39,3	121	80,1	121	83,2	149	85,0	181	87,6	216	87,9	259
21,8	85	45,1	85	91,5	85	96,8	104	99,5	126	104,6	148	106,0	176

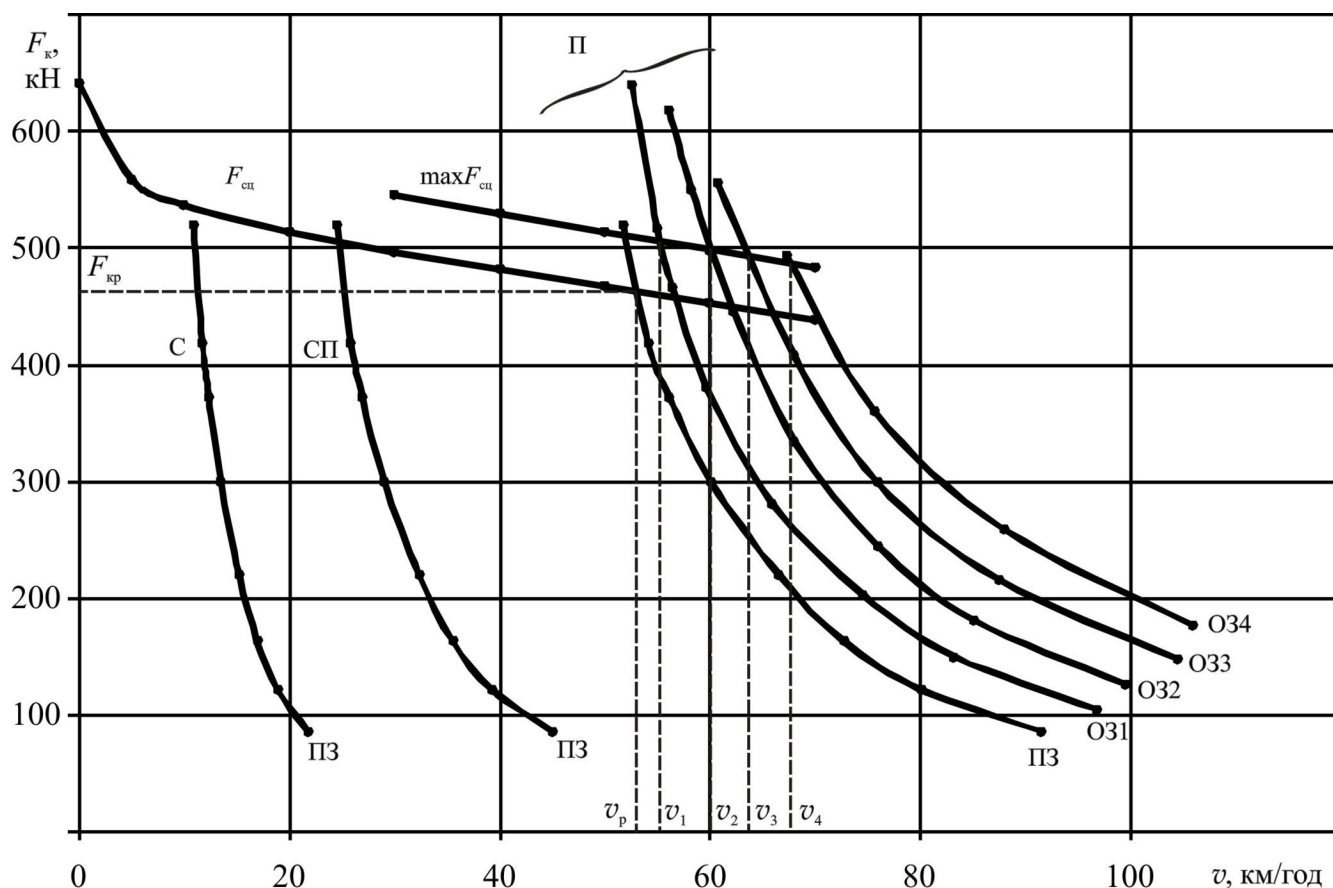


Рисунок 3.1 – Тягові характеристики електровоза 2ЕЛ4

Таблиця 3.2 –Струмові характеристики електровоза 2ЕЛ4

С		СП		П									
ПЗ		ПЗ		ПЗ		ОЗ1		ОЗ2		ОЗ3		ОЗ4	
$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$I_e, \text{А}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$I_e, \text{А}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$I_e, \text{А}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$I_e, \text{А}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$I_e, \text{А}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$I_e, \text{А}$	$v, \frac{\text{км}}{\text{год}}$	$I_e, \text{А}$
10,9	684	24,5	1368	51,7	2736	52,5	3464	-	-	-	-	-	-
11,7	570	25,9	1140	54,1	2280	55,0	2888	56,1	3564	-	-	-	-
12,3	525	26,9	1050	56,2	2100	56,4	2660	58,2	3280	-	-	-	-
13,5	450	29	900	60,1	1800	59,7	2280	62,2	2812	60,8	3460	-	-
15,2	365	32,4	730	66,6	1460	65,9	1848	68,0	2280	68,0	2808	67,3	3396
17	296	35,6	592	72,7	1184	74,6	1500	76	1852	76	2276	75,6	2752
18,9	245	39,3	490	80,1	980	83,2	1240	85,0	1532	87,6	1884	87,9	2280
21,8	200	45,1	400	91,5	800	96,8	1012	99,5	1252	104,6	1540	106,0	1860

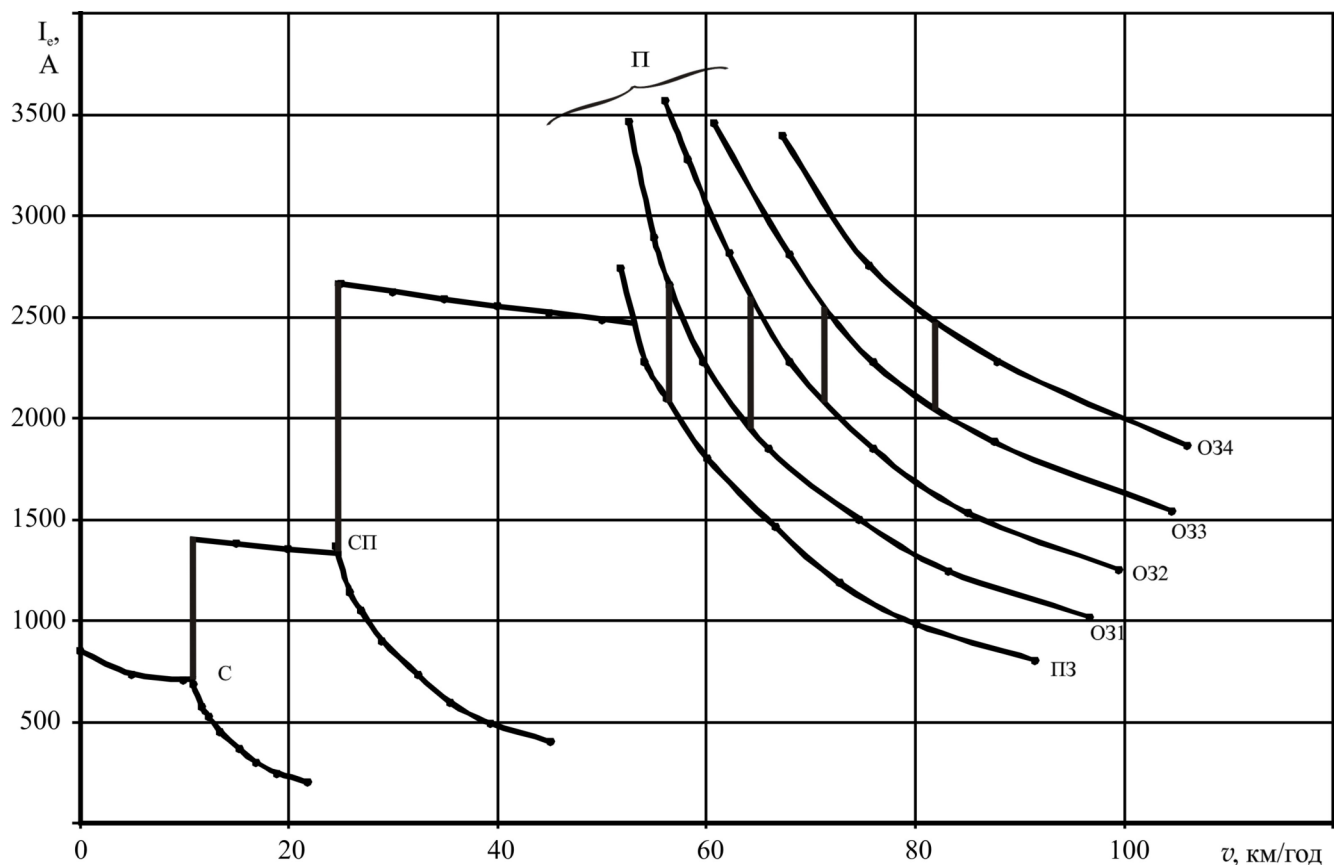


Рисунок 3.2 – Струмові характеристики електровоза 2ЕЛ4

						Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.2 Побудова обмежень тягової характеристики.

Для побудови обмеження за зчепленням розрахуємо силу тяги за зчепленням згідно формули

$$F_{\text{сц}} = 9,81 \cdot 10^3 m_{\text{л}} \psi_{\text{к}}, \quad (3.1)$$

де $m_{\text{л}}$ – маса електровоза, т;

$\psi_{\text{к}}$ – розрахунковий коефіцієнт зчеплення, який для електровоза 2ЕЛ4 розраховується за формулою

$$\psi_{\text{к}} = 0,28 + \frac{3}{50 + 20v} - 0,0007v. \quad (3.2)$$

Для швидкості $v=0$ км/год

$$\psi_{\text{к}} = 0,28 + \frac{3}{50 + 20 \cdot 0} - 0,0007 \cdot 0 = 0,340.$$

Тоді згідно (3.1)

$$F_{\text{сц}} = 9,81 \cdot 10^3 \cdot 192 \cdot 0,340 = 640397 \text{ Н.}$$

Розрахунок максимально допустимої сили тяги $\max F_{\text{к}}$ під час переходу на вищі позиції регулювання потужності здійснюється за формулою

$$\max F_{\text{к}} = (1 + k_{\text{HF}}) F_{\text{сц}}, \quad (3.3)$$

де k_{HF} – коефіцієнт нерівномірності пуску по силі тяги. Приймаємо $k_{\text{HF}} = 0,1$.

Наведемо приклад розрахунку для швидкості $v=30$ км/год

$$\max F_{\text{к}} = (1 + 0,1) \cdot 475836 = 546177 \text{ Н.}$$

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Решту розрахунків представимо у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок обмеження сили тяги за зчепленням

v , км/год	0	5	10	20	30	40	50	60	70
Ψ_k	0,340	0,297	0,285	0,273	0,264	0,256	0,248	0,240	0,233
$F_{\text{сц}}, \text{Н}$	640397	558464	536803	513573	496525	481295	466844	452798	438990
$\max F_{\text{сц}}, \text{Н}$	-	-	-	-	546177	529424	513528	498078	482889

За отриманими даними на тягові характеристики нанесемо лінії обмежень $F_{\text{сц}}(v)$ і $\max F_k(v)$ на рисунку 3.1.

В результаті побудов, було визначено:

а) силу тяги при зрушуванні $F_{\text{ктр}}=640$ кН;

б) точку розрахункового режиму, що лежить на перетині обмеження за середнім пусковим струмом з тяговою характеристикою паралельного з'єднання тягових електродвигунів позиції повного збудження. Координатами цієї точки є розрахункова швидкість $v_p=52,9$ км/год та розрахункова сила тяги $F_{\text{кр}}=463$ кН;

в) швидкості переходів на характеристики ослабленого збудження:

- на ОЗ1 $v_1=55,3$ км/год;

- на ОЗ2 $v_2=60,15$ км/год;

- на ОЗ3 $v_3=63,6$ км/год.

- на ОЗ4 $v_4=67,7$ км/год.

3.1.2 Розрахунок маси состава вантажного поїзда.

В результаті аналізу спрямленого і приведенного профілю колії було визначено, що розрахунковим буде підйом на ділянці 14 з величиною ухилу $i_p = 7,7$ ‰ довжиною 4400 м

Маса состава, що відповідає реалізації на розрахунковому підйомі (або його частині) параметрів розрахункового режиму електровоза, визначається за формулою

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_c = \frac{0,102 F_{кр} - m_{л} (w'_o + i_p)}{w''_o + i_p}, \text{ т} \quad (3.4)$$

де $F_{кр}$ – розрахункова сила тяги, Н;

$m_{л}$ – маса електровоза, т;

i_p – розрахунковий підйом, ‰;

w'_o – питомий основний опір руху електровоза під струмом, Н/кН;

w''_o – питомий основний опір руху состава, Н/кН.

Питомий опір руху електровоза під струмом визначається за формулою

$$w'_o = 1,9 + 0,01 v + 0,0003 v^2. \quad (3.5)$$

Питомий основний опір руху состава, Н/кН

$$w''_o = \alpha w''_{04}, \quad (3.6)$$

де α – виражена в частках одиниці маса відповідно чотирьох вагонів у составі;

w''_{04} – питомий основний опір руху у відповідно чотирьох-вісних вагонів, Н/кН,
який визначається за формулою

$$w''_{04} = 0,7 + \frac{3 + 0,1 v + 0,0025 v^2}{q_{04}}, \quad (3.7)$$

де v – швидкість руху, км/год;

q_{04} – маса, яка припадає на одну вісь чотирьохвісного вагона, т.

Розрахуємо питомий основний опір руху для електровоза, вагонів та состава для розрахункової швидкості $v_p = 51,8$ км/год.

$$w'_o = 1,9 + 0,01 \cdot 52,9 + 0,0003 \cdot 52,9^2 = 3,27 \text{ Н/кН};$$

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w''_{04}=0,7+\frac{3+0,1\cdot52,9+0,0025\cdot52,9^2}{20}=1,46 \text{ Н/кН};$$

$$w''_0=1\cdot1,46=1,46 \text{ Н/кН};$$

Масу состава розрахуємо за формулою (3.4)

$$m_c=\frac{0,102\cdot463000-192(3,27+7,7)}{1,55+7,7}=4923 \text{ т.}$$

Приймаємо масу состава $m_c = 4900 \text{ т.}$

3.1.3 Перевірка маси поїзда на зрушування з місця і за довжиною приймально-відправних колій станцій.

Перевірка маси поїзда на рушення з місця у пунктах зупинки здійснюється за формулою

$$m_{\text{тр}}=\frac{0,102F_{\text{ктр}}}{w_{\text{тр}}-i_{\text{тр}}}-m_{\text{л}}, \quad (3.8)$$

де $m_{\text{тр}}$ – маса складу, який може бути узятий з місця, т;

$i_{\text{тр}}$ – ухил елемента профілю, для якого виконується перевірка на зрушування, $i_{\text{тр}}=0 \text{ ‰}$;

$w_{\text{тр}}$ – питомий опір руху поїзда при зрушуванні з місця, Н/кН.

Питомий опір руху поїзда при зрушуванні з місця визначається за формулою

$$w_{\text{тр}}=\alpha w_{\text{тр}04}, \quad (3.9)$$

де $w_{\text{тр}04}$ – питомий опір чотирьох-вісних вагонів при зрушуванні з місця, Н/кН

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w_{\text{тр}04} = \frac{28}{q_{04} + 7}, \quad (3.10)$$

Підставивши необхідні дані отримаємо

$$w_{\text{д}04} = \frac{28}{20 + 7} = 1,04 \text{ Н/кН},$$

Звідси, згідно (3.9)

$$w_{\text{тр}} = 1 \cdot 1,04 = 1,04 \text{ Н/кН}.$$

Розрахуємо масу поїзда на рушання з місця

$$m_{\text{тр}} = \frac{0,102 \cdot 640000}{1,04 - 0,0} - 192 = 62757 > 4900 \text{ т}.$$

Оскільки маса при зрушуванні з місця $m_{\text{тр}}$ більша ніж маса состава $m_{\text{с}}$ то слід вважати, що перевірку на зрушування з місця пройдено.

Перевірку маси состава по довжині приймально-відправних колій будемо проводити виходячи з того, що довжина поїзда $l_{\text{п}}$ м, не повинна перевищувати корисної довжини приймально-відправних колій $l_{\text{по}}$ м, (з врахуванням 10 м на установку поїзда). Довжину поїзда визначимо з виразу:

$$l_{\text{п}} = l_{\text{с}} + m_{\text{л}} l_{\text{л}} + 10, \quad (3.11)$$

де $l_{\text{л}}$ – довжина локомотива, м;

$n_{\text{л}}$ – кількість локомотивів;

$l_{\text{с}} = \sum n_i l_i$ – довжина составу, м;

l_i – довжина вагонів по осям автозчіпки, м;

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

n_i – кількість однотипних вагонів в сформованому составі, визначається за формулою:

$$n_i = \frac{\alpha_i m_c}{m_{vi}}, \quad (3.12)$$

де α_i – частка поїзда (по масі), що припадає на групи однотипних вагонів,

m_{vi} – маса вагона i -го типу, т.

Згідно з завданням маса чотирьох-вісного вагона

$$m_{v4} = 4 \cdot 20 = 80 \text{ т.}$$

Тоді кількість чотирьох-вісних вагонів

$$n_4 = \frac{1 \cdot 4900}{80} = 61,25 \approx 62 \text{ вагон;}$$

Довжина чотиривісного $l_4 = 14$ м [1]. Довжина локомотива $l_{\text{л}} = 35,0$ м, тоді довжина состава

$$l_c = 62 \cdot 14 = 868 \text{ м.}$$

Довжина поїзда згідно (3.11)

$$l_{\text{п}} = 868 + 1 \cdot 35,0 + 10 = 913 \text{ м.}$$

Довжину приймально-відправних колій на станції приймаємо рівною 1050 м, так як $l_{\text{п}} = 913 < 1050$ м, то умова виконується.

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.4 Розрахунок та побудова діаграм питомих рівнодіючих сил під час руху поїзда на площадці.

3.1.4.1 Визначення рівнодіючих сил в режимі вибігу.

У режимі вибігу під час руху по горизонтальній ділянці колії на поїзд діє питома сила основного опору руху

$$w_{0x} = \frac{m_{\text{л}} w_x + m_{\text{с}} w_0''}{m_{\text{л}} + m_{\text{с}}}, \quad (3.13)$$

де w_x – основний питомий опір руху електровоза в режимі вибігу, Н/кН, який визначається за емпіричною формулою

$$w_x = 2,4 + 0,011v + 0,00035v^2, \quad (3.14)$$

а питомий опір руху состава w_0'' визначаємо за формулою (3.6).

Розрахуємо питомий опір руху електровоза та состава для швидкості $v=10$ км/год.

$$w_x = 1,9 + 0,01 \cdot 10 + 0,0003 \cdot 10^2 = 2,55 \text{ Н/кН};$$

$$w_{04}'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1 \cdot 10 + 0,0025 \cdot 10^2}{20} = 0,91 \text{ Н/кН};$$

$$w_0'' = 1 \cdot 0,99 = 0,99 \text{ Н/кН};$$

Тоді питома сила основного опору руху поїзда у режимі вибігу на площадці буде рівна

$$w_{0x} = \frac{192 \cdot 2,55 + 4900 \cdot 0,91}{192 + 4900} = 0,97 \text{ Н/кН}.$$

Аналогічні розрахунки виконаємо для діапазону швидкостей від 0 до 100 км/год та зведемо результати у таблицю 3.4.

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Питомий основний опір руху поїзда в режимі вибігу

v , км/год	w''_{04} , Н/кН	w''_1 , Н/кН	w_x , Н/кН	w_{ox} , Н/кН
0	0,91	0,91	2,55	0,97
10	0,91	0,91	2,55	0,97
20	1,00	1,00	2,76	1,07
30	1,11	1,11	3,05	1,19
40	1,25	1,25	3,40	1,33
50	1,41	1,41	3,83	1,50
60	1,60	1,60	4,32	1,70
70	1,81	1,81	4,89	1,93
80	2,05	2,05	5,52	2,18
90	2,31	2,31	6,23	2,46
100	2,60	2,60	7,00	2,77

На основі отриманих результатів побудуємо діаграму питомих рівнодіючих сил, що діють на поїзд в режимі вибігу на рисунку 3.3

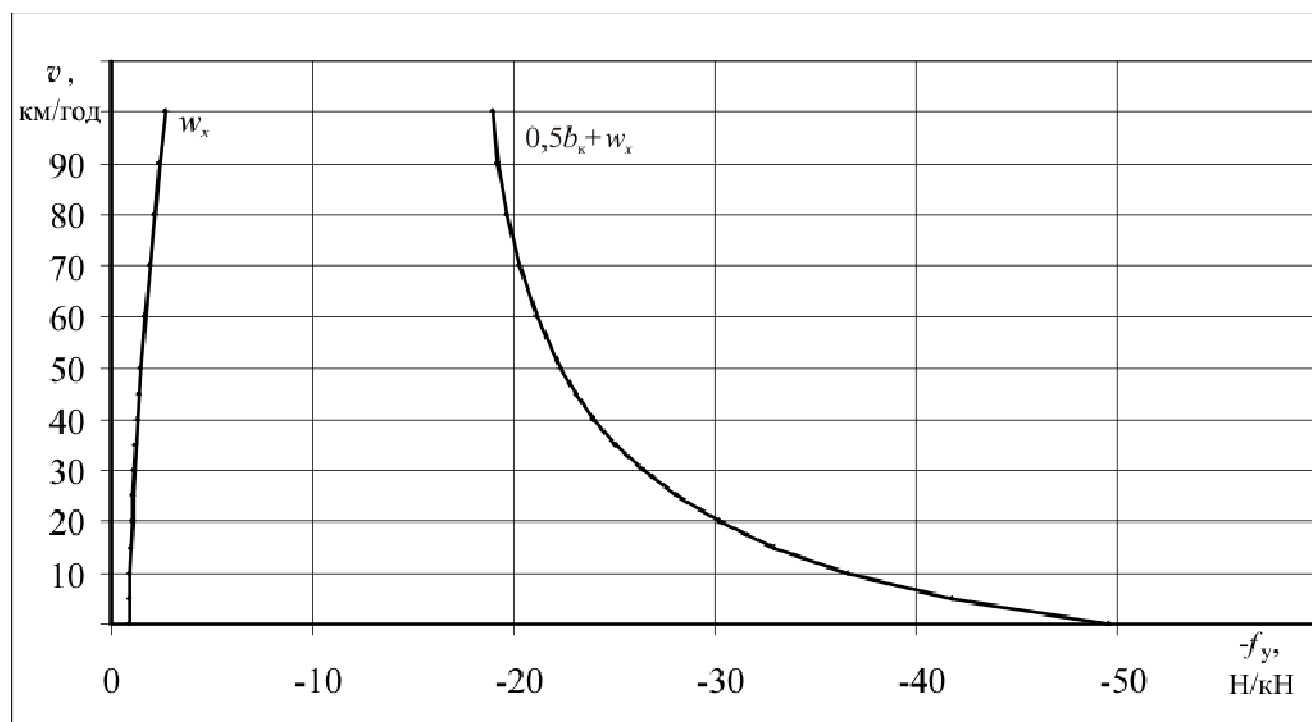


Рисунок 3.3 – Діаграми питомих рівнодіючих сил, що діють на поїзд в режимі вибігу та гальмування

3.1.4.2 Розрахунок питомих рівнодіючих сил для режиму тяги

Порядок розрахунку наступний. Задаємося швидкостями v в інтервалі $[0; v_{\max}]$ де $v_{\max}=100$ км/год. Питома рівнодіюча сила в режимі тяги

$$f_y = f_k - w_o, \quad (3.15)$$

де f_k – питома сила тяги Н/кН;

w_o – основний питомий опір руху, Н/кН.

Питому сили тяги розрахуємо за формулою

$$f_k = \frac{102 F_k}{m_{\text{л}} + m_{\text{с}}}, \quad (3.16)$$

де F_k – сила тяги електровоза, кН.

Основний питомий опір руху розрахуємо за формулою

$$w_o = \frac{m_{\text{л}} w'_o + m_{\text{с}} w''_o}{m_{\text{л}} + m_{\text{с}}}, \quad (3.17)$$

де w'_o і w''_o визначаються за формулами (3.5) і (3.5).

Наведемо приклад розрахунку для швидкості руху $v=10$ км/год. Розрахуємо питому силу тяги. Оскільки для заданої швидкості $F_k = 536,8$ кН, то

$$f_k = \frac{102 \cdot 536,8}{192 + 4900} = 10,75 \text{ Н/кН.}$$

Розрахуємо питомий опір руху електровоза під струмом

$$w'_o = 1,9 + 0,01 \cdot 10 + 0,0003 \cdot 10^2 = 3,02 \text{ Н/кН.}$$

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питомий опір руху состава для вказаної швидкості було розраховано вище $w''_0 = 0,91$ Н/кН. Таким чином, основний питомий опір руху буде рівний

$$w_0 = \frac{192 \cdot 3,02 + 4900 \cdot 0,91}{192 + 4900} = 0,99 \text{ Н/кН.}$$

Тоді

$$f_y = 10,75 - 0,99 = 9,76 \text{ Н/кН.}$$

Решту результатів заносимо в таблицю 3.5 і на її основі побудуємо діаграму питомих рівнодіючих сил в режимі тяги на рисунку 3.4.

3.1.4.3 Розрахунок питомих рівнодіючих сил для режиму гальмування.

Розрахунок питомої рівнодіючої сили при механічному гальмуванні здійснюється за формулою

$$-f_y = m b_k + w_{ox}, \quad (3.18)$$

де m – коефіцієнт, який враховує режим гальмування; для вантажних поїздів при зупинках на станціях $m = 0,5$; в режимі екстреного гальмування $m = 1$;

b_k – питома гальмова сила, яку визначаємо за формулою

$$b_k = 1000 v_p \varphi_{кр}, \quad (3.19)$$

де v_p – розрахунковий гальмовий коефіцієнт поїзда;

$\varphi_{кр}$ – розрахунковий коефіцієнт тертя колодки об бандаж, який визначимо за формулою

$$\varphi_{кр} = 0,27 \frac{v + 100}{5v + 100}. \quad (3.20)$$

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Питомі рівнодіючі сили в режимі тяги

v , км/год	w'_0 , Н/кН	w''_0 , Н/кН	w_0 , Н/кН	ПЗ			ОЗ1			ОЗ2			ОЗ3			ОЗ4		
				F_k , кН	f_k , Н/кН	f_y , Н/кН	F_k , кН	f_k , Н/кН	f_y , Н/кН	F_k , кН	f_k , Н/кН	f_y , Н/кН	F_k , кН	f_k , Н/кН	f_y , Н/кН	F_k , кН	f_k , Н/кН	f_y , Н/кН
0	0,91	2,03	0,95	640,4	12,83	11,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,91	2,03	0,95	536,8	10,75	9,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	1,00	2,22	1,05	513,6	10,29	9,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	1,11	2,47	1,16	496,5	9,95	8,78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	1,25	2,78	1,31	481,3	9,64	8,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	1,41	3,15	1,48	466,8	9,35	7,87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52,9	1,46	3,27	1,53	463,0	9,27	7,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55,3	1,51	3,37	1,58	389,3	7,80	6,22	504,9	10,11	8,53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
60,15	1,60	3,59	1,68	298,3	5,98	4,30	370,85	7,43	5,75	497,9	9,97	8,30	-	-	-	-	-	-
63,6	1,67	3,75	1,75	251,3	5,03	3,28	311	6,23	4,48	415,6	8,33	6,57	492,9	9,87	8,12	-	-	-
65	1,70	3,82	1,78	235,9	4,73	2,94	292	5,85	4,07	386,9	7,75	5,97	464,2	9,30	7,52	-	-	-
67,7	1,76	3,95	1,84	208,3	4,17	2,33	260,9	5,23	3,38	339,1	6,79	4,95	413,9	8,29	6,45	486,2	9,74	7,90
70	1,81	4,07	1,90	186,0	3,73	1,83	238,5	4,78	2,88	306,2	6,13	4,24	376,2	7,54	5,64	444	8,89	7,00
75	1,93	4,34	2,02	146,9	2,94	0,92	199	3,99	1,97	252,8	5,06	3,04	309,7	6,20	4,18	368,6	7,38	5,36
80	2,05	4,62	2,15	121,6	2,44	0,29	166,7	3,34	1,19	212,9	4,26	2,12	262,6	5,26	3,11	314,9	6,31	4,16
85	2,18	4,92	2,28	102,6	2,06	-0,23	140,6	2,82	0,54	181	3,63	1,34	229,4	4,60	2,31	276,9	5,55	3,27
90	2,31	5,23	2,42	88,5	1,77	-0,65	120,7	2,42	0,00	155,9	3,12	0,70	203,4	4,07	1,65	247	4,95	2,53
95	2,45	5,56	2,57	79,0	1,58	-0,99	107	2,14	-0,43	137,2	2,75	0,18	181	3,63	1,06	220,9	4,42	1,85
100	2,60	5,90	2,72	74,4	1,49	-1,24	99,5	1,99	-0,73	125	2,50	-0,22	162	3,25	0,52	198,3	3,97	1,25

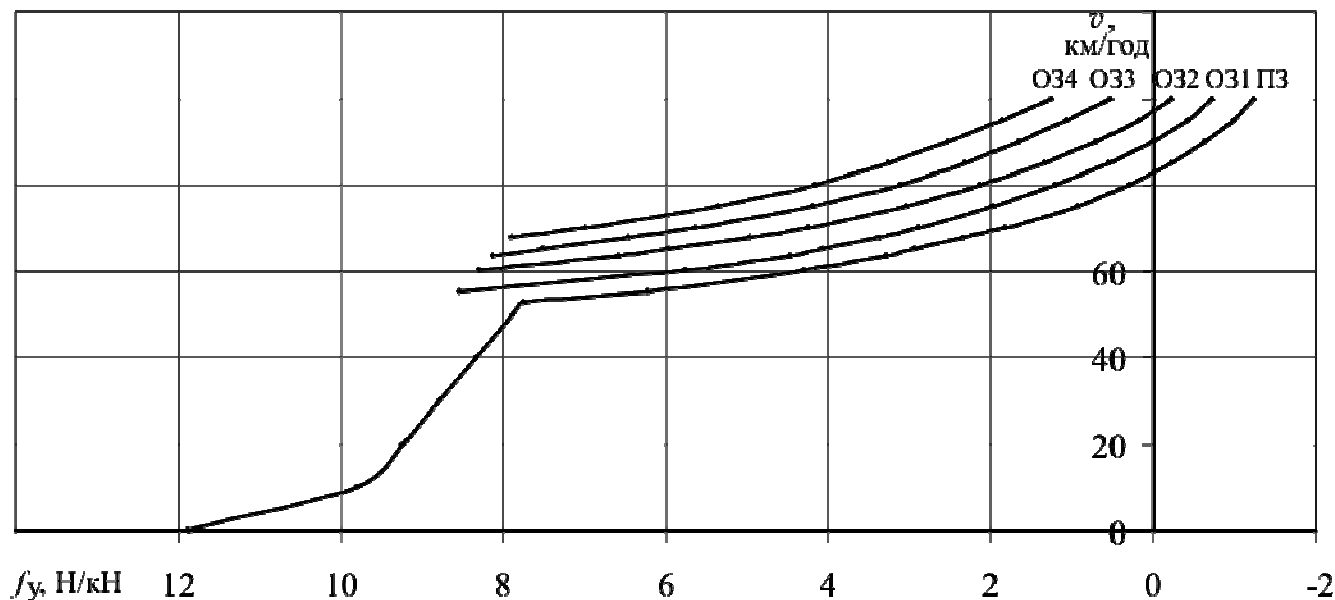


Рисунок 3.4 – Діаграма питомих рівнодіючих сил в режимі тяги

Розрахунковий гальмовий коефіцієнт поїзда визначимо за формулою

$$v_p = 0,102 \frac{\sum_{i=1}^k n_i K_{pi}}{m_{\text{л}} + m_{\text{с}}}, \quad i = \overline{1, k}, \quad (3.21)$$

де k – число типів рухомого складу в поїзді, що відрізняється величиною розрахункової сили натиснення на гальмові осі;

n_i – число осей рухомого складу i -го типу в поїзді;

K_{pi} – розрахункова сила натиснення на гальмову вісь рухомого складу i -го типу, тс; для вагонів всіх типів приймаємо $K_p=70$ кН, для електровоза $K_p=140$ кН.

Обчислимо розрахунковий гальмовий коефіцієнт поїзда, не враховуючи силу натиснення та вагу локомотива, оскільки відсутні ділянки зі спусками 20 ‰ і більше

$$v_p = 0,102 \frac{62 \cdot 4 \cdot 70}{4900} = 0,36.$$

Розрахунковий коефіцієнт тертя колодки об бандаж визначимо при швидкості руху $v=10$ км/год.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$\varphi_{кр} = 0,27 \frac{10+100}{5 \cdot 10+100} = 0,20.$$

Тоді згідно з (3.19)

$$b_k = 1000 \cdot 0,36 \cdot 0,20 = 72,27 \text{ Н/кН}.$$

Розрахуємо питомі рівнодіючі сили відповідно при екстреному та штатному гальмуванні

$$-f_y = 1 \cdot 72,27 + 0,97 = 73,24 \text{ Н/кН},$$

$$-f_y = 0,5 \cdot 72,27 + 0,97 = 37,11 \text{ Н/кН}.$$

Результати розрахунку питомих рівнодіючих сил в режимі гальмування для кожного інтервалу швидкості зводимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Питомі рівнодіючі сили в режимі гальмування

v , км/год	$w_{ох}$, Н/кН	$\varphi_{кр}$	b_k , Н/кН	$0,5b_k$, Н/кН	$b_k + w_{ох}$, Н/кН	$0,5b_k + w_{ох}$, Н/кН
1	2	3	4	5	6	7
0	0,97	0,27	97,20	48,60	98,17	49,57
5	0,97	0,23	81,65	40,82	82,62	41,80
10	0,97	0,20	71,28	35,64	72,25	36,61
15	1,02	0,18	63,87	31,94	64,89	32,95
20	1,07	0,16	58,32	29,16	59,39	30,23
25	1,12	0,15	54,00	27,00	55,12	28,12
30	1,19	0,14	50,54	25,27	51,73	26,46
35	1,25	0,13	47,72	23,86	48,97	25,11
40	1,33	0,13	45,36	22,68	46,69	24,01
90	2,46	0,09	33,58	16,79	36,04	19,25
100	2,77	0,09	32,40	16,20	35,17	18,97

За цими даними в прийнятому масштабі будуємо залежність $0,5b_k + w_{ох}$ на рисунку 3.3.

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.5 Побудова кривих руху, часу та струму.

Побудову кривої швидкості $v(s)$ і часу $t(s)$ будемо проводити графічним методом з використанням масштабу №2 [1], криву струму побудуємо на основі струмових характеристики електровоза (див. рис. 3.2) та кривої швидкості $v(s)$ застосовуючи викладену в [3] методику. На рисунку 3.5 наведені побудовані криві руху, часу та струму електровоза.

3.1.6 Розрахунок витрати електричної енергії на тягу поїзда.

Витрата електроенергії на тягу поїзда визначається за формулою

$$A_T = \frac{U \sum_{i=1}^n I_{ci} \Delta t_i}{60000}, \quad (3.22)$$

де U – напруга в контактній мережі, В;

I_{ci} – середнє значення струму електровоза для i -ї ділянки кривої $I_e(s)$;

Δt_i – час роботи при споживанні середнього струму I_{ci} ;

n – кількість прямолінійних ділянок кривої струму.

Розрахунок будемо проводити у табличній формі (таблиця Б.1 додаток Б) на основі кривих струму електровоза (див. рис. 3.2)

Наведемо приклад розрахунку для першого рядка таблиці Б.1. Середнє значення струму рівне $I_{\text{сеп1}} = 125$ А, тривалість роботи при споживанні середнього струму $\Delta t_1 = 0,145$ хв.

$$A_1 = \frac{3000 \cdot 125 \cdot 0,145}{60000} = 0,91 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальні витрати електроенергії на тягу склали $A_1 = 2685,44$ кВт·год.

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

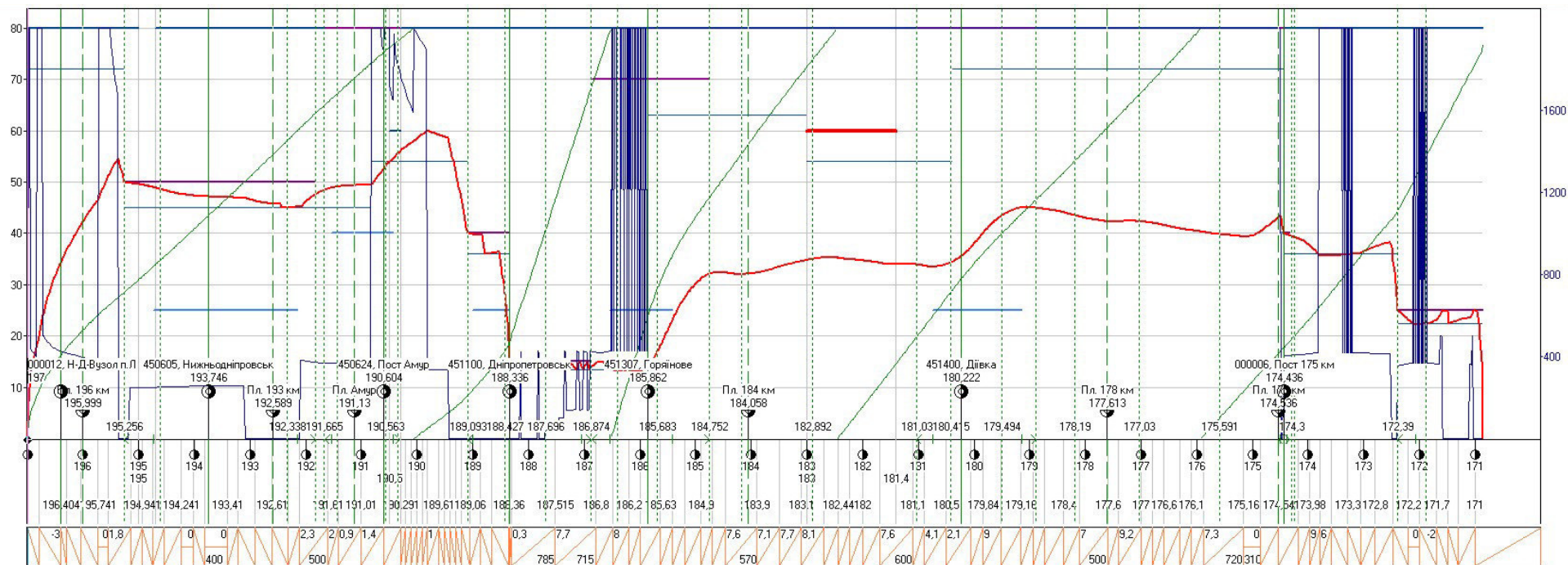


Рисунок 3.5 – Криві руху, часу та струму

3.2 Визначення витрат електроенергії за допомогою тягово-енергетичних характеристик

Для того, щоб визначити витрату електроенергії за допомогою тягово-енергетичних характеристик скористуємося формулою

$$A_T = \beta' \sum_{i=1}^n \frac{F_{\text{ксп}i} \Delta s_i}{\eta_i}, \quad (3.23)$$

де β' – перевідний коефіцієнт, який дорівнює $\frac{1}{3,6 \cdot 10^6}$;

$F_{\text{ксп}i}$ – середнє значення сили тяги, що відповідає i -тій ділянці кривої руху, Н;

Δs_i – довжина i -тої ділянки, м;

η_i – коефіцієнт корисної дії електровоза, який відповідає i -тій ділянці кривої руху.

Розрахунок будемо вести в табличній формі (див. таблицю Б.1).

Наведемо приклад розрахунку для першого рядка таблиці Б.1. Середня швидкість $v_{\text{ср}} = 1,5$ км/год., відповідне значення $F_{\text{к}} = 640400$ Н згідно, а $\Delta s = 4$ м. Тоді коефіцієнт корисної дії моторного вагона згідно (1.17) з коефіцієнтами (див. табл. 2.3)

$$\eta = 0,981 - \frac{581,550}{640400} - \frac{1,922}{1,5} = 0,08,$$

а витрати електроенергії будуть рівні

$$A_2 = \frac{1}{3,6 \cdot 10^6} \frac{640400 \cdot 4}{0,08} = 8,89 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Після виконання розрахунків загальні витрати склали $A_2 = 2562,77$ кВт·год Розходження в значеннях результатів розрахунку спожитої

						Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроенергії на тягу поїзда при виконанні розрахунку методом рекомендованим Правилами тягових розрахунків та за допомогою тягово-енергетичних характеристик визначимо порівнюючи отримані результати. Відносне розходження склало 4,57 %, що свідчить про те, що точність цих методів майже однакова.

Таким чином можна зробити висновок, що розрахунок витрат електроенергії виконаний за допомогою тягово-енергетичних характеристик для поїздів з електровозами з плавним регулюванням потужності буде мати результати з такою ж точністю, що й результати отримані методом, що рекомендується Правилами тягових розрахунків.

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній дипломній магістерській роботі було проведений аналіз методів розрахунку витрати електроенергії на тягу щодо можливості застосування їх для сучасних та перспективних електровозів з плавним регулюванням потужності. В результаті встановлено, що методи, які потребують наявності струмової характеристики електровоза не можуть дати точних результатів, оскільки не завжди існує відповідність між точками характеристики та режиму руху, що реалізується в даний момент. Щодо розглянутих методів, слід відмітити, що вони можуть використовуватися лише в приблизних розрахунках через те що для їх реалізації було прийнято багато припущень, які знижують точність результатів.

Як один з методів розрахунку витрати електроенергії, в даному проекті пропонується застосувати метод, який базується на використанні тягово-енергетичних характеристик. Для цих характеристик було вибрано математичну модель та розраховано її параметри на прикладі вантажного електровоза постійного струму 2ЕЛ4.

Також було проведено тяговий розрахунок для вказаного електровоза з метою визначення витрат електроенергії методами на основі струмових характеристик та за допомогою тягово-енергетичних характеристик. Порівняння отриманих результатів дозволило зробити висновок, що ці методи володіють майже однаковою точністю, оскільки їх результати відрізняються між собою всього на 4,57 %.

Крім того, слід зазначити, що метод оснований на використанні тягово-енергетичних характеристик набагато спрощує розрахунок внаслідок того, що зникає потреба у побудові кривих струму та часу для поїзда, а також у розрахунку та побудові струмових характеристик електровоза. Перевага та перспективність розробленого методу полягає у його універсальності, оскільки він дозволяє з однаковою точністю та легкістю розрахувати витрати

						Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроенергії на тягу для поїздів з електровозами як з дискретним так і плавним регулюванням потужності.

На основі отриманих результатів можна рекомендувати у подальшому застосовувати метод визначення витрат електроенергії на тягу поїздів за допомогою тягово-енергетичних характеристик електрорухомого складу. З цією метою необхідно заздалегідь визначити тягово-енергетичні характеристики для кожного типу електрорухомого складу.

						Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Правила тяговых расчетов для поездной работы. М., «Транспорт», 1985. 287 с.

2 Теорія електричної тяги [Текст]: підручник: у 2 т. / Г. К. Гетьман. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – Т. 1. – 2014. – 578 с.

3 Теорія електричної тяги [Текст]: підручник: у 2 т. / Г. К. Гетьман. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015. – Т. 2. – 2015. – 490 с.

4 Теория электрической тяги [Текст]: учебник / Под ред. И.П. Исаева. – М.: Транспорт, 1995. – 294 с.

5 Розенфельд В. Е. Теория электрической тяги. / В. Е. Розенфельд, И. П. Исаев, Н. Н. Сидоров. – М.: Транспорт, 1983. – 328 с.

6 Осипов С.И. Основы тяги поездов [Текст]: Учебник для студентов техникумов и колледжей ж/д тр-та / С. И. Осипов, С. С. Осипов,. – М.: УМК МПС России, 2000. – 592 с.

7 Гетьман Г. К. Тяговые расчеты в задачах тягового обеспечения / Г. К. Гетьман, С.Н. Голик // Залізничний транспорт України. – 2005. – №5-6 – С. 44-47.

8 Курбасов А. С. Проектирование тяговых электродвигателей.: учеб. пособие для вузов. ж.-д. трансп. / А. С. Курбасов, В. И. Седов, Л. Н. Сорин. Под ред. А. С. Курбасова. – М.: Транспорт, 1987. – 536 с.

9 Бочаров В. И. Магистральные электровозы. Тяговые электрические машины / В. И. Бочаров, Г. В. Василенко, А. Л. Курочка и др. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 464 с.

10 Голік С.М. Підвищення точності розрахунків, що ґрунтуються на використанні універсальної магнітної характеристики електродвигуна // Вісник Дн. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна: Зб. наук. пр. – 2011. – Вип. 38. – С. 79-81.

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11 Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Т Смит. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.

						Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Координат тягово-енергетичної характеристики електровоза 2ЕЛ4

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.1 – Координати
електровоза 2ЕЛ4

тягово-енергетичної

характеристики

№ п/п	Швидкість електровоза, км/год	Сила тяги, Н	ККД електро- воза	№ п/п	Швидкість електровоза, км/год	Сила тяги, Н	ККД електро- воза
1	2	3	4	1	2	3	4
1	112,03	49082	0,9421	2186	55,34	456382	0,9405
2	113,65	49153	0,9421	2187	55,11	458281	0,9404
3	115,28	49328	0,9421	2188	11,47	485334	0,8008
4	116,9	49399	0,9421	2189	12,19	488399	0,8099
5	118,52	49469	0,9421	2190	12,9	491190	0,8182
6	87,56	63085	0,9455	2191	13,62	493705	0,8257
7	88,99	63324	0,9456	2192	14,34	495946	0,8326
8	90,43	63429	0,9457	2193	15,05	497544	0,8389
9	91,86	63531	0,9458	2194	15,77	499381	0,8447
10	93,3	63631	0,9458	2195	16,49	501043	0,8501
11	94,73	63729	0,9459	2196	17,2	502532	0,8551
12	96,17	63824	0,9459	2197	17,92	503847	0,8598
13	97,6	63917	0,946	2198	18,64	504729	0,8641
14	99,04	64008	0,946	2199	19,35	505741	0,8681
15	100,48	64096	0,946	2200	20,07	506642	0,8719
16	101,91	64182	0,9461	2201	20,79	507433	0,8754
17	103,35	64266	0,9461	2202	21,5	508114	0,8788
18	104,78	64347	0,9461	2203	22,22	508685	0,8819
19	106,09	64420	0,9461	2204	71,18	365048	0,9442
20	119,2	57224	0,9461	2205	70,28	369724	0,9441
21	117,88	57879	0,9462	2206	69,42	374315	0,9439
22	116,58	58533	0,9462	2207	68,46	379578	0,9438
23	115,31	59187	0,9462	2208	67,47	385163	0,9436
24	114,07	59841	0,9462	2209	67,18	386821	0,9435
25	112,86	60495	0,9462	2210	66,19	392602	0,9434
26	111,67	61149	0,9462	2211	65,69	395626	0,9433
27	110,51	61803	0,9462	2212	65,04	399583	0,9431
28	109,37	62457	0,9462	2213	64,42	403438	0,943
29	108,25	63111	0,9462	2214	63,74	407770	0,9429

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	1	2	3	4
30	107,16	63766	0,9461	2215	63,4	409994	0,9427
31	71,72	77944	0,9468	2216	62,66	414830	0,9426
32	73,02	78090	0,947	2217	61,94	419661	0,9425
33	74,32	78232	0,9472	2218	61,31	423973	0,9423
34	75,63	78371	0,9473	2219	60,77	427765	0,9422
35	76,93	78506	0,9475	2220	60,31	431036	0,9421
36	78,24	78637	0,9476	2221	60,63	428769	0,942
37	79,54	78765	0,9477	2222	60,26	431366	0,9418
38	80,84	78889	0,9479	2223	59,91	433921	0,9417
39	82,15	79009	0,948	2224	59,57	436432	0,9416
40	83,45	79126	0,9481	2225	59,23	438900	0,9415
41	84,76	79240	0,9482	2226	58,91	441326	0,9413
42	86,06	79350	0,9483	2227	58,59	443709	0,9412
43	87,36	79456	0,9484	2228	58,29	446049	0,9411
44	88,67	79559	0,9484	2229	57,99	448346	0,941
45	89,97	79658	0,9485	2230	57,73	450373	0,9408
46	91,28	79689	0,9486	2231	57,45	452597	0,9407
47	92,58	79781	0,9486	2232	57,17	454799	0,9406
48	93,88	79872	0,9487	2233	56,9	456980	0,9405
49	95,19	79960	0,9487	2234	11,36	506439	0,7964
50	96,22	80029	0,9488	2235	12,08	509576	0,8056
51	118,65	64717	0,9491	2236	12,79	512409	0,814
52	117,18	65539	0,9491	2237	13,5	514938	0,8217
53	115,75	66360	0,9491	2238	14,21	516752	0,8288
54	114,36	67181	0,9491	2239	14,92	518790	0,8352
55	113	68003	0,9491	2240	15,63	520635	0,8412
56	111,67	68824	0,9491	2241	69,89	382440	0,9431
57	110,37	69645	0,9491	2242	68,98	387470	0,943
58	109,1	70467	0,9491	2243	67,96	393335	0,9428
59	107,86	71288	0,9491	2244	67,4	396602	0,9427
60	106,65	72110	0,9491	2245	66,52	401874	0,9426

						Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	1	2	3	4
60	106,65	72110	0,9491	2245	66,52	401874	0,9426
61	105,47	72931	0,9491	2246	65,87	405828	0,9424
62	104,34	73727	0,9491	2247	65,32	409277	0,9423
63	103,2	74553	0,949	2248	64,47	414713	0,9421
64	102,17	75314	0,949	2249	64,02	417639	0,942
65	101,21	76039	0,949	2250	63,33	422150	0,9419
66	100,31	76728	0,9489	2251	62,92	424958	0,9417
67	99,51	77355	0,9489	2252	62,08	430725	0,9416
68	98,66	78026	0,9489	2253	61,4	435486	0,9415
69	97,83	78697	0,9489	2254	60,82	439677	0,9413
70	97	79383	0,9488	2255	60,32	443299	0,9412
71	60,1	93580	0,9466	2256	60,61	441165	0,9411
72	61,3	93772	0,9469	2257	60,24	443932	0,941
73	62,5	93958	0,9471	2258	59,87	446652	0,9408
74	63,71	94140	0,9474	2259	59,51	449325	0,9407
75	64,91	94316	0,9477	2260	59,17	451952	0,9406
76	66,11	94487	0,9479	2261	10,57	523697	0,7815
77	67,31	94652	0,9481	2262	11,28	527225	0,7919
78	68,51	94812	0,9483	2263	11,98	530418	0,8014
79	69,72	94967	0,9485	2264	68,6	400455	0,942
80	70,92	95117	0,9487	2265	67,45	407304	0,9419
81	72,12	95261	0,9489	2266	67,13	409213	0,9417
82	73,32	95400	0,9491	2267	66,1	415618	0,9416
83	74,52	95534	0,9492	2268	65,54	419179	0,9414
84	75,73	95662	0,9494	2269	64,88	423473	0,9413
85	76,93	95708	0,9495	2270	64,21	427888	0,9412
86	78,13	95829	0,9496	2271	63,49	432751	0,941
87	79,33	95947	0,9498	2272	63,13	435239	0,9409
88	80,53	96061	0,9499	2273	62,31	440962	0,9407
89	81,74	96172	0,95	2274	61,58	446272	0,9406
90	82,94	96279	0,9501	2275	60,94	450961	0,9405

						Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
91	84,14	96383	0,9502	2276	67,17	419982	0,9409
92	85,34	96484	0,9503	2277	66,82	422184	0,9408
93	86,54	96581	0,9504	2278	65,79	428785	0,9406
94	87,75	96676	0,9505	2279	65,28	432149	0,9405
95	88,56	96738	0,9505	2280	64,39	438127	0,9403
96	119,24	71598	0,9513	2281	63,9	441528	0,9402
97	117,61	72607	0,9513	2282	63,16	446682	0,94
98	116,02	73615	0,9513	2283	66,36	436101	0,9398
99	114,47	74623	0,9513	2284	65,6	441178	0,9396
100	112,96	75631	0,9513	2285	64,99	445282	0,9395

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б

Розрахунок витрат електроенергії
на тягу на ділянці Дніпропетровськ – Сухачівка

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Б.1 – Розрахунок витрат електроенергії

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есерп}}, \text{А}$	$\Delta t_{\text{is}}, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1	125	0,145	0,906471	0,00	640400	4	0,080	8,891
2	250	0,230	2,872809	3,31	469500	20	0,499	5,223
3	1124,838	0,141	7,90351	7,13	547300	20	0,726	4,189
4	1999,677	0,109	10,90474	9,95	537000	20	0,781	3,820
5	1221,006	0,093	5,706596	12,06	391700	20	0,804	2,708
6	435,1175	0,084	1,832296	13,62	291200	20	0,815	1,986
7	423,8747	0,078	1,649999	14,88	233800	20	0,821	1,582
8	416,4587	0,073	1,522949	15,95	194600	20	0,825	1,310
9	410,1352	0,069	1,424392	16,87	165300	20	0,827	1,110
10	404,6059	0,066	1,34511	17,68	144600	20	0,829	0,969
11	1200,843	0,063	3,785676	18,41	516600	20	0,845	3,396
12	1999,677	0,012	1,213601	19,65	514200	4	0,850	0,672
13	1999,677	0,059	5,862172	19,89	513800	20	0,851	3,355
14	1999,677	0,056	5,557482	21,04	511600	20	0,855	3,326
15	1999,677	0,053	5,295624	22,14	509700	20	0,858	3,301
16	1999,677	0,051	5,067303	23,18	507800	20	0,861	3,278
17	1249,838	0,007	0,463859	24,18	506100	3	0,863	0,489
18	500	0,048	1,210313	24,32	505900	20	0,863	3,255
19	496,0377	0,047	1,15882	25,25	459200	20	0,865	2,949
20	488,0628	0,045	1,10441	26,11	405500	20	0,866	2,601
21	480,3228	0,044	1,055934	26,92	373300	20	0,867	2,392
22	473,0905	0,043	1,012951	27,67	345600	20	0,868	2,212
23	466,3022	0,042	0,97458	28,38	320200	20	0,869	2,048
24	460,2204	0,041	0,940569	29,04	298200	20	0,869	1,906
25	455,0151	0,040	0,910622	29,68	279700	20	0,870	1,787
26	450,2992	0,039	0,883509	30,29	264000	20	0,870	1,686
27	445,7554	0,039	0,858354	30,88	250300	20	0,870	1,598
28	441,3724	0,038	0,834936	31,44	238100	20	0,871	1,520
29	437,1378	0,037	0,81306	31,99	227000	20	0,871	1,448
30	434,0428	0,037	0,794417	32,52	216500	20	0,871	1,381
31	432,0675	0,036	0,778695	33,04	206500	20	0,871	1,317
32	430,1563	0,036	0,76385	33,54	196900	20	0,871	1,256
33	428,293	0,009	0,188432	34,03	187900	5	0,871	0,300
34	427,1479	0,035	0,745193	34,15	185700	20	0,871	1,185
35	426,029	0,034	0,73322	34,63	177400	20	0,871	1,132
36	424,2663	0,034	0,720716	35,09	169700	20	0,871	1,083
37	422,5485	0,029	0,603081	35,55	162700	17	0,871	0,883
38	421,0007	0,033	0,699019	35,92	157400	20	0,870	1,005
39	419,4843	0,026	0,551315	36,35	151600	16	0,870	0,774
40	418,0293	0,033	0,679738	36,69	147300	20	0,870	0,941
41	416,6069	0,029	0,603236	37,11	142500	18	0,870	0,819

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	68

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт} \cdot \text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт} \cdot \text{год}$
42	415,1189	0,032	0,660952	37,48	138400	20	0,870	0,884
43	413,6462	0,032	0,651621	37,89	134100	20	0,870	0,857
44	412,1218	0,031	0,642478	38,29	130200	20	0,869	0,832
45	410,6135	0,031	0,633619	38,69	126600	20	0,869	0,809
46	409,122	0,031	0,625033	39,08	123100	20	0,869	0,787
47	407,6466	0,030	0,616707	39,47	119800	20	0,869	0,766
48	406,1875	0,030	0,608648	39,85	116600	20	0,868	0,746
49	404,7487	0,030	0,600827	40,23	113600	20	0,868	0,727
50	403,3239	0,029	0,593224	40,61	110700	20	0,868	0,709
51	401,9128	0,029	0,585822	40,98	108000	20	0,868	0,692
52	400,4961	0,017	0,347765	41,35	105400	12	0,867	0,405
53	399,2895	0,029	0,573826	41,57	103900	20	0,867	0,666
54	397,9841	0,028	0,567059	41,93	101400	20	0,867	0,650
55	396,3717	0,003	0,056214	42,29	99180	2	0,866	0,064
56	395,4935	0,028	0,558332	42,32	98960	20	0,866	0,635
57	394,623	0,028	0,552539	42,68	96820	20	0,866	0,621
58	393,0508	0,028	0,545933	43,03	94810	20	0,866	0,608
59	391,5027	0,028	0,539552	43,37	92940	20	0,866	0,597
60	389,9862	0,027	0,533395	43,70	91200	20	0,865	0,586
61	388,4997	0,027	0,52745	44,03	89580	20	0,865	0,575
62	387,0428	0,027	0,521705	44,35	88090	20	0,865	0,566
63	385,6141	0,027	0,516152	44,67	86710	20	0,864	0,557
64	384,2136	0,027	0,510781	44,98	85440	20	0,864	0,549
65	382,8396	0,026	0,505573	45,28	84270	20	0,864	0,542
66	381,4881	0,016	0,3007	45,58	83200	12	0,864	0,321
67	380,4238	0,026	0,497232	45,76	82600	20	0,864	0,531
68	379,3805	0,026	0,492781	46,05	81670	20	0,863	0,525
69	378,0931	0,008	0,146747	46,34	80810	6	0,863	0,156
70	377,2668	0,026	0,486187	46,42	80560	20	0,863	0,518
71	1188,378	0,026	1,518078	46,70	471600	20	0,890	2,942
72	1999,677	0,025	2,525488	47,24	470800	20	0,891	2,936
73	1999,677	0,025	2,497676	47,78	470000	20	0,891	2,930
74	1999,677	0,025	2,470998	48,30	469300	20	0,891	2,925
75	1999,677	0,024	2,445384	48,81	468500	20	0,892	2,919
76	1999,677	0,024	2,420781	49,32	467800	20	0,892	2,914
77	1999,677	0,024	2,397119	49,81	467100	20	0,892	2,908
78	1999,677	0,024	2,374314	50,29	466400	20	0,893	2,903
79	1999,677	0,024	2,352321	50,77	465700	20	0,893	2,898
80	1999,677	0,023	2,331122	51,24	465100	20	0,893	2,893
81	1999,677	0,023	2,31075	51,70	464400	20	0,893	2,888
82	1956,901	0,023	2,242274	52,15	463800	20	0,893	2,884

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	69

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
83	1902,214	0,023	2,162241	52,58	463200	20	0,894	2,880
84	1865,857	0,023	2,105058	52,99	461900	20	0,894	2,871
85	1818,146	0,022	2,036744	53,38	445600	20	0,894	2,770
86	1772,754	0,022	1,972638	53,74	431400	20	0,894	2,681
87	1729,564	0,022	1,912439	54,10	419300	20	0,894	2,606
88	1688,495	0,023	1,95507	54,43	409300	21	0,894	2,671
89	0	0,022	0	54,39	0	20	0,000	0,000
90	0	0,023	0	53,56	0	20	0,000	0,000
91	0	0,023	0	52,71	0	20	0,000	0,000
92	0	0,023	0	51,83	0	20	0,000	0,000
93	0	0,024	0	50,93	0	20	0,000	0,000
94	0	0,022	0	50,00	0	18	0,000	0,000
95	0	0,024	0	49,97	0	20	0,000	0,000
96	0	0,024	0	49,92	0	20	0,000	0,000
97	0	0,024	0	49,87	0	20	0,000	0,000
98	0	0,024	0	49,82	0	20	0,000	0,000
99	123,7301	0,024	0,149192	49,76	9541	20	0,623	0,085
100	247,4665	0,001	0,01492	49,76	9551	1	0,623	0,004
101	247,4737	0,024	0,298441	49,76	9552	20	0,623	0,085
102	247,4893	0,024	0,298526	49,75	9577	20	0,624	0,085
103	247,5259	0,024	0,298664	49,74	9612	20	0,625	0,085
104	247,5778	0,024	0,298846	49,72	9661	20	0,627	0,086
105	247,6439	0,024	0,299072	49,70	9719	20	0,628	0,086
106	247,7249	0,024	0,299343	49,67	9792	20	0,630	0,086
107	247,8208	0,024	0,299655	49,64	9875	20	0,632	0,087
108	247,9294	0,001	0,014995	49,60	9969	1	0,635	0,004
109	247,9901	0,024	0,300083	49,60	9973	20	0,635	0,087
110	248,0524	0,024	0,300387	49,57	10070	20	0,637	0,088
111	248,1779	0,023	0,28574	49,53	10180	19	0,640	0,084
112	248,3098	0,024	0,301191	49,49	10280	20	0,643	0,089
113	248,448	0,024	0,301625	49,44	10400	20	0,646	0,089
114	248,5935	0,009	0,105694	49,40	10520	7	0,649	0,032
115	248,6933	0,024	0,302296	49,38	10560	20	0,649	0,090
116	248,797	0,024	0,302703	49,34	10690	20	0,652	0,091
117	248,9495	0,024	0,303174	49,29	10810	20	0,655	0,092
118	249,1045	0,024	0,303657	49,24	10940	20	0,658	0,092
119	249,2634	0,006	0,076009	49,20	11070	5	0,661	0,023
120	249,3629	0,024	0,304343	49,19	11100	20	0,661	0,093
121	249,4639	0,024	0,304773	49,14	11230	20	0,664	0,094
122	249,6288	0,024	0,305289	49,09	11370	20	0,667	0,095
123	249,7975	0,010	0,122287	49,04	11510	8	0,670	0,038
124	249,9163	0,018	0,229537	49,01	11560	15	0,671	0,072

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					70

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
125	250,0156	0,025	0,306459	48,98	11670	20	0,673	0,096
126	250,169	0,007	0,092059	48,92	11810	6	0,675	0,029
127	250,2843	0,025	0,307229	48,91	11850	20	0,676	0,097
128	250,4031	0,025	0,307726	48,85	12000	20	0,679	0,098
129	250,589	0,023	0,292884	48,79	12160	19	0,682	0,094
130	250,7711	0,025	0,308874	48,74	12300	20	0,684	0,100
131	250,9558	0,025	0,309473	48,68	12460	20	0,687	0,101
132	251,1505	0,025	0,310093	48,63	12620	20	0,690	0,102
133	251,3495	0,025	0,310727	48,56	12780	20	0,692	0,103
134	251,5519	0,025	0,311137	48,50	12940	20	0,695	0,103
135	251,756	0,025	0,312027	48,44	13110	20	0,697	0,104
136	251,9653	0,025	0,312688	48,38	13280	20	0,700	0,105
137	252,1727	0,025	0,313341	48,32	13450	20	0,702	0,106
138	252,376	0,025	0,313983	48,26	13610	20	0,704	0,107
139	252,5758	0,025	0,31461	48,20	13770	20	0,707	0,108
140	252,769	0,025	0,315217	48,14	13930	20	0,709	0,109
141	252,9557	0,025	0,3158	48,09	14070	20	0,711	0,110
142	253,1335	0,025	0,316363	48,03	14220	20	0,713	0,111
143	253,3061	0,025	0,316908	47,98	14350	20	0,714	0,112
144	253,4722	0,025	0,317435	47,93	14490	20	0,716	0,112
145	253,6331	0,025	0,317947	47,89	14620	20	0,717	0,113
146	253,7891	0,025	0,318441	47,84	14740	20	0,719	0,114
147	253,9386	0,025	0,318915	47,80	14860	20	0,720	0,115
148	254,0816	0,025	0,319363	47,75	14970	20	0,722	0,115
149	254,2157	0,025	0,319791	47,72	15080	20	0,723	0,116
150	254,3447	0,025	0,3202	47,68	15180	20	0,724	0,116
151	254,4673	0,025	0,320591	47,64	15280	20	0,725	0,117
152	254,5843	0,025	0,320964	47,61	15370	20	0,726	0,118
153	254,6962	0,025	0,321318	47,58	15460	20	0,727	0,118
154	254,8013	0,025	0,32165	47,54	15540	20	0,728	0,119
155	254,8994	0,025	0,321955	47,52	15620	20	0,729	0,119
156	254,9883	0,025	0,322237	47,49	15680	20	0,729	0,119
157	255,0717	0,025	0,322503	47,47	15750	20	0,730	0,120
158	255,151	0,025	0,322762	47,44	15810	20	0,731	0,120
159	255,2287	0,025	0,323017	47,42	15880	20	0,731	0,121
160	255,3055	0,025	0,323266	47,40	15940	20	0,732	0,121
161	255,3795	0,014	0,177911	47,38	16000	11	0,733	0,067
162	255,4352	0,025	0,323654	47,36	16030	20	0,733	0,122
163	255,4889	0,025	0,323855	47,34	16080	20	0,733	0,122
164	255,5533	0,025	0,324055	47,33	16130	20	0,734	0,122
165	255,6109	0,025	0,324236	47,31	16180	20	0,734	0,122
166	255,6636	0,025	0,324396	47,29	16220	20	0,735	0,123

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	71

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
167	255,7087	0,025	0,324537	47,28	16250	20	0,735	0,123
168	255,7495	0,025	0,324671	47,27	16280	20	0,735	0,123
169	255,7894	0,025	0,324806	47,26	16320	20	0,736	0,123
170	255,8303	0,025	0,324942	47,24	16350	20	0,736	0,123
171	255,8712	0,025	0,32508	47,23	16380	20	0,736	0,124
172	255,9128	0,025	0,325219	47,22	16420	20	0,737	0,124
173	255,9547	0,025	0,325363	47,21	16450	20	0,737	0,124
174	255,9983	0,025	0,325513	47,19	16490	20	0,737	0,124
175	256,0444	0,005	0,065126	47,18	16530	4	0,738	0,025
176	256,0722	0,025	0,32573	47,18	16530	20	0,738	0,124
177	256,1036	0,025	0,325879	47,16	16580	20	0,738	0,125
178	256,1565	0,025	0,326053	47,15	16620	20	0,739	0,125
179	256,2075	0,001	0,016309	47,13	16660	1	0,739	0,006
180	256,2333	0,025	0,326251	47,13	16660	20	0,739	0,125
181	256,256	0,025	0,32637	47,12	16700	20	0,739	0,125
182	256,2991	0,025	0,326508	47,10	16730	20	0,740	0,126
183	256,339	0,025	0,326635	47,09	16760	20	0,740	0,126
184	256,3758	0,025	0,326755	47,08	16790	20	0,740	0,126
185	256,411	0,025	0,326864	47,07	16820	20	0,740	0,126
186	256,4417	0,025	0,326957	47,06	16840	20	0,741	0,126
187	256,4679	0,026	0,327034	47,06	16860	20	0,741	0,126
188	256,4884	0,026	0,327093	47,05	16870	20	0,741	0,127
189	256,5043	0,026	0,327143	47,05	16890	20	0,741	0,127
190	256,5185	0,026	0,32719	47,04	16900	20	0,741	0,127
191	256,5323	0,026	0,327238	47,04	16910	20	0,741	0,127
192	256,5468	0,026	0,327286	47,03	16920	20	0,741	0,127
193	256,5609	0,019	0,245497	47,03	16930	15	0,741	0,095
194	256,573	0,026	0,327369	47,03	16940	20	0,742	0,127
195	256,5846	0,026	0,327419	47,02	16950	20	0,742	0,127
196	256,6014	0,026	0,327482	47,02	16970	20	0,742	0,127
197	256,6215	0,026	0,327552	47,01	16980	20	0,742	0,127
198	256,6428	0,026	0,327631	47,00	17000	20	0,742	0,127
199	256,6677	0,026	0,327723	47,00	17020	20	0,742	0,127
200	256,6963	0,026	0,327827	46,99	17050	20	0,742	0,128
201	256,7286	0,015	0,196758	46,98	17080	12	0,743	0,077
202	256,7577	0,026	0,328032	46,97	17100	20	0,743	0,128
203	256,7891	0,026	0,328159	46,96	17130	20	0,743	0,128
204	256,8304	0,010	0,131311	46,94	17160	8	0,743	0,051
205	256,8617	0,026	0,328389	46,94	17180	20	0,744	0,128
206	256,8958	0,026	0,328515	46,92	17220	20	0,744	0,129
207	256,9349	0,026	0,32863	46,92	17240	20	0,744	0,129
208	256,9661	0,026	0,328727	46,91	17270	20	0,744	0,129

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	72

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
209	256,993	0,026	0,328801	46,90	17290	20	0,745	0,129
210	257,012	0,026	0,328846	46,89	17300	20	0,745	0,129
211	0	0,026	0	46,89	0	20	0,000	0,000
212	0	0,026	0	46,82	0	20	0,000	0,000
213	0	0,024	0	46,76	0	19	0,000	0,000
214	0	0,026	0	46,69	0	20	0,000	0,000
215	0	0,026	0	46,63	0	20	0,000	0,000
216	0	0,026	0	46,57	0	20	0,000	0,000
217	0	0,004	0	46,51	0	3	0,000	0,000
218	0	0,026	0	46,50	0	20	0,000	0,000
219	0	0,026	0	46,45	0	20	0,000	0,000
220	0	0,023	0	46,39	0	18	0,000	0,000
221	0	0,026	0	46,34	0	20	0,000	0,000
222	0	0,026	0	46,29	0	20	0,000	0,000
223	0	0,003	0	46,24	0	2	0,000	0,000
224	0	0,026	0	46,24	0	20	0,000	0,000
225	0	0,026	0	46,19	0	20	0,000	0,000
226	0	0,026	0	46,14	0	20	0,000	0,000
227	0	0,026	0	46,10	0	20	0,000	0,000
228	0	0,026	0	46,06	0	20	0,000	0,000
229	0	0,026	0	46,02	0	20	0,000	0,000
230	0	0,026	0	45,99	0	20	0,000	0,000
231	0	0,026	0	45,95	0	20	0,000	0,000
232	0	0,026	0	45,93	0	20	0,000	0,000
233	0	0,026	0	45,90	0	20	0,000	0,000
234	0	0,026	0	45,88	0	20	0,000	0,000
235	0	0,026	0	45,86	0	20	0,000	0,000
236	0	0,024	0	45,84	0	18	0,000	0,000
237	0	0,026	0	45,83	0	20	0,000	0,000
238	0	0,001	0	45,82	0	1	0,000	0,000
239	0	0,026	0	45,82	0	20	0,000	0,000
240	0	0,026	0	45,81	0	20	0,000	0,000
241	0	0,025	0	45,80	0	19	0,000	0,000
242	0	0,026	0	45,79	0	20	0,000	0,000
243	0	0,026	0	45,79	0	20	0,000	0,000
244	0	0,026	0	45,79	0	20	0,000	0,000
245	0	0,026	0	45,79	0	20	0,000	0,000
246	0	0,020	0	45,78	0	15	0,000	0,000
247	0	0,027	0	45,00	0	20	0,000	0,000
248	0	0,027	0	45,00	0	20	0,000	0,000
249	0	0,027	0	45,01	0	20	0,000	0,000
250	0	0,027	0	45,02	0	20	0,000	0,000

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					73

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
251	0	0,027	0	45,03	0	20	0,000	0,000
252	0	0,027	0	45,04	0	20	0,000	0,000
253	0	0,007	0	45,05	0	5	0,000	0,000
254	0	0,027	0	45,06	0	20	0,000	0,000
255	0	0,027	0	45,08	0	20	0,000	0,000
256	0	0,027	0	45,09	0	20	0,000	0,000
257	0	0,023	0	45,11	0	17	0,000	0,000
258	0	0,027	0	45,13	0	20	0,000	0,000
259	0	0,027	0	45,14	0	20	0,000	0,000
260	0	0,027	0	45,16	0	20	0,000	0,000
261	0	0,027	0	45,18	0	20	0,000	0,000
262	0	0,027	0	45,20	0	20	0,000	0,000
263	0	0,027	0	45,21	0	20	0,000	0,000
264	0	0,004	0	45,22	0	3	0,000	0,000
265	0	0,027	0	45,22	0	20	0,000	0,000
266	191,2158	0,026	0,25305	45,22	84500	20	0,864	0,543
267	381,9166	0,026	0,502906	45,45	83660	20	0,864	0,538
268	380,9024	0,026	0,499178	45,68	82880	20	0,864	0,533
269	379,9243	0,026	0,495626	45,89	82170	20	0,864	0,529
270	378,9852	0,026	0,492239	46,10	81530	20	0,863	0,525
271	378,0809	0,026	0,489003	46,29	80930	20	0,863	0,521
272	377,2087	0,026	0,485916	46,49	80370	20	0,863	0,517
273	376,3716	0,026	0,482979	46,67	79870	20	0,863	0,514
274	375,5689	0,026	0,480179	46,84	79400	20	0,863	0,511
275	374,7971	0,025	0,477512	47,01	78970	20	0,863	0,508
276	374,0581	0,025	0,474981	47,17	78570	20	0,863	0,506
277	373,3524	0,025	0,472579	47,33	78190	20	0,863	0,503
278	372,6779	0,025	0,470296	47,48	77850	20	0,863	0,501
279	372,0331	0,025	0,468137	47,62	77530	20	0,863	0,499
280	371,4213	0,025	0,466103	47,75	77240	20	0,863	0,497
281	370,8421	0,025	0,464184	47,88	76970	20	0,863	0,496
282	370,2921	0,025	0,462378	47,99	76720	20	0,863	0,494
283	369,8404	0,025	0,460769	48,11	76480	20	0,863	0,493
284	369,4853	0,025	0,459345	48,21	76270	20	0,863	0,491
285	369,1535	0,025	0,45801	48,31	76070	20	0,863	0,490
286	368,8399	0,025	0,456764	48,41	75880	20	0,863	0,489
287	368,5471	0,015	0,273456	48,49	75710	12	0,862	0,293
288	368,3273	0,025	0,454894	48,54	75620	20	0,862	0,487
289	368,1228	0,025	0,453943	48,62	75470	20	0,862	0,486
290	367,8817	0,010	0,181275	48,69	75330	8	0,862	0,194
291	367,7232	0,025	0,452574	48,72	75280	20	0,862	0,485
292	367,5778	0,025	0,451828	48,78	75160	20	0,862	0,484

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					74

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
293	367,3803	0,005	0,090252	48,84	75050	4	0,862	0,097
294	367,2673	0,025	0,450819	48,85	75030	20	0,862	0,483
295	367,1613	0,025	0,450204	48,91	74930	20	0,862	0,483
296	366,9913	0,024	0,449546	48,96	74840	20	0,862	0,482
297	366,8337	0,024	0,448942	49,00	74750	20	0,862	0,482
298	366,689	0,012	0,224238	49,05	74680	10	0,862	0,241
299	366,5869	0,024	0,448083	49,07	74640	20	0,862	0,481
300	366,4924	0,024	0,447638	49,11	74570	20	0,862	0,480
301	366,3758	0,016	0,290713	49,14	74510	13	0,862	0,312
302	366,2889	0,016	0,290531	49,16	74470	13	0,862	0,312
303	366,2275	0,024	0,446697	49,18	74440	20	0,862	0,480
304	366,1568	0,024	0,446382	49,20	74390	20	0,862	0,479
305	366,0755	0,024	0,446077	49,23	74350	20	0,862	0,479
306	366,0021	0,024	0,44581	49,25	74310	20	0,862	0,479
307	365,9388	0,024	0,445581	49,27	74280	20	0,862	0,479
308	365,8846	0,024	0,445388	49,28	74250	20	0,862	0,478
309	365,8396	0,024	0,445226	49,30	74230	20	0,862	0,478
310	365,801	0,024	0,44508	49,31	74210	20	0,862	0,478
311	365,7656	0,024	0,44494	49,32	74190	20	0,862	0,478
312	365,731	0,024	0,444802	49,33	74170	20	0,862	0,478
313	365,6967	0,023	0,422436	49,34	74150	19	0,862	0,454
314	365,6644	0,024	0,444546	49,35	74140	20	0,862	0,478
315	365,634	0,005	0,088892	49,36	74120	4	0,862	0,096
316	365,6158	0,024	0,444386	49,36	74120	20	0,862	0,478
317	365,5979	0,021	0,377646	49,37	74100	17	0,862	0,406
318	365,5711	0,024	0,444186	49,38	74090	20	0,862	0,477
319	365,5459	0,024	0,444086	49,38	74070	20	0,862	0,477
320	365,5208	0,024	0,443989	49,39	74060	20	0,862	0,477
321	365,497	0,024	0,443887	49,40	74050	20	0,862	0,477
322	365,4709	0,010	0,17752	49,41	74030	8	0,862	0,191
323	365,4507	0,024	0,443712	49,41	74020	20	0,862	0,477
324	365,428	0,015	0,266164	49,42	74010	12	0,862	0,286
325	365,4003	0,024	0,443488	49,43	73990	20	0,862	0,477
326	365,3696	0,024	0,443338	49,44	73970	20	0,862	0,477
327	365,329	0,024	0,443167	49,45	73950	20	0,862	0,476
328	365,2854	0,024	0,442988	49,47	73930	20	0,862	0,476
329	365,2397	0,024	0,442797	49,48	73900	20	0,862	0,476
330	365,1909	0,024	0,442595	49,50	73870	20	0,862	0,476
331	365,1395	0,024	0,442384	49,51	73840	20	0,862	0,476
332	365,0856	0,024	0,442164	49,53	73810	20	0,862	0,476
333	365,0297	0,024	0,441933	49,55	73780	20	0,862	0,475
334	364,9708	0,018	0,331284	49,57	73750	15	0,862	0,356

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					75

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
335	1182,308	0,024	1,426497	49,58	467400	20	0,892	2,911
336	1999,677	0,024	2,398641	49,88	467000	20	0,892	2,908
337	1999,677	0,024	2,384839	50,17	466600	20	0,892	2,905
338	1999,677	0,024	2,371268	50,45	466200	20	0,893	2,902
339	1999,677	0,024	2,357921	50,74	465800	20	0,893	2,899
340	1999,677	0,023	2,344795	51,03	465400	20	0,893	2,896
341	1999,677	0,023	2,331882	51,31	465000	20	0,893	2,893
342	1999,677	0,023	2,319172	51,59	464600	20	0,893	2,890
343	1999,677	0,017	1,731166	51,87	464200	15	0,893	2,165
344	1958,147	0,023	2,249775	52,08	463900	20	0,893	2,885
345	1911,101	0,006	0,547142	52,36	463500	5	0,894	0,720
346	1904,273	0,013	1,197031	52,43	463400	11	0,894	1,585
347	1897,356	0,023	2,160366	52,57	463200	20	0,894	2,880
348	1945,715	0,023	2,204421	52,82	462800	20	0,894	2,877
349	1999,677	0,023	2,253985	53,09	462500	20	0,894	2,874
350	1999,677	0,022	2,242637	53,37	462100	20	0,894	2,871
351	1999,677	0,022	2,231508	53,63	461700	20	0,894	2,869
352	1999,677	0,004	0,444984	53,90	461300	4	0,894	0,573
353	1999,677	0,004	0,44457	53,95	461300	4	0,894	0,573
354	1859,838	0,011	1,032282	54,00	422400	10	0,894	1,313
355	1713,965	0,022	1,897394	54,10	419100	20	0,894	2,605
356	1696,054	0,022	1,870826	54,30	413100	20	0,894	2,568
357	1672,622	0,011	0,920072	54,49	407600	10	0,894	1,267
358	1655,466	0,022	1,816659	54,58	405100	20	0,894	2,518
359	1811,358	0,022	1,979866	54,77	460100	20	0,895	2,857
360	1925,508	0,022	2,095336	55,02	459800	20	0,895	2,855
361	1866,672	0,022	2,022802	55,26	459400	20	0,895	2,852
362	1844,107	0,022	1,990299	55,48	497900	20	0,895	3,089
363	1822,317	0,002	0,196252	55,70	490000	2	0,895	0,304
364	1810,565	0,021	1,9458	55,72	489300	20	0,895	3,036
365	1799,25	0,015	1,349251	55,94	482100	14	0,895	2,094
366	1781,952	0,010	0,857241	56,08	477400	9	0,895	1,333
367	1770,536	0,021	1,887932	56,17	474400	20	0,895	2,943
368	1756,522	0,021	1,866597	56,37	468200	20	0,896	2,905
369	1737,777	0,021	1,840666	56,56	462400	20	0,896	2,869
370	1719,834	0,021	1,81598	56,74	456900	20	0,896	2,834
371	1702,594	0,001	0,089745	56,91	451700	1	0,896	0,140
372	1693,762	0,021	1,782879	56,92	451500	20	0,896	2,801
373	1685,318	0,021	1,768943	57,08	446600	20	0,896	2,770
374	1669,491	0,021	1,747554	57,24	442000	20	0,896	2,742
375	1654,289	0,021	1,727132	57,40	437700	20	0,896	2,715
376	1639,729	0,021	1,707639	57,54	433600	20	0,896	2,690

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
377	1625,675	0,021	1,688913	57,68	429700	20	0,896	2,666
378	1612,101	0,021	1,670929	57,82	426000	20	0,896	2,643
379	1599,045	0,021	1,653719	57,95	422500	20	0,896	2,621
380	1794,257	0,021	1,850432	58,08	455500	20	0,896	2,824
381	1990,684	0,021	2,046163	58,28	455200	20	0,896	2,822
382	1980,529	0,020	2,029204	58,47	454900	20	0,896	2,820
383	1970,743	0,020	2,012943	58,65	454700	20	0,896	2,818
384	1961,28	0,020	1,997307	58,83	454400	20	0,896	2,816
385	1952,118	0,020	1,982274	59,00	454200	20	0,896	2,815
386	1943,276	0,020	1,967861	59,17	454000	20	0,897	2,813
387	1934,762	0,020	1,954047	59,33	453700	20	0,897	2,811
388	1926,546	0,020	1,940789	59,49	453500	20	0,897	2,810
389	1918,625	0,020	1,928063	59,63	453300	20	0,897	2,809
390	1910,975	0,020	1,915813	59,78	453100	20	0,897	2,807
391	1903,558	0,012	1,142911	59,92	452900	12	0,897	1,683
392	1116,814	0,008	0,446842	60,00	48510	8	0,849	0,127
393	333,7573	0,020	0,33415	59,97	48590	20	0,849	0,318
394	333,8849	0,020	0,334711	59,89	48780	20	0,849	0,319
395	334,0653	0,020	0,335324	59,81	48970	20	0,849	0,320
396	334,2449	0,020	0,33594	59,74	49160	20	0,849	0,322
397	334,4252	0,020	0,336556	59,66	49350	20	0,849	0,323
398	334,6044	0,020	0,337166	59,58	49540	20	0,850	0,324
399	334,781	0,020	0,337768	59,51	49720	20	0,850	0,325
400	334,9549	0,020	0,338366	59,43	49900	20	0,850	0,326
401	335,1276	0,020	0,338964	59,36	50090	20	0,850	0,327
402	335,3001	0,020	0,339563	59,28	50270	20	0,850	0,328
403	335,4725	0,020	0,340161	59,21	50450	20	0,850	0,330
404	335,6442	0,020	0,340749	59,14	50630	20	0,851	0,331
405	335,8115	0,020	0,341319	59,07	50800	20	0,851	0,332
406	335,9723	0,020	0,341866	59,00	50970	20	0,851	0,333
407	336,1263	0,020	0,34239	58,93	51130	20	0,851	0,334
408	336,2736	0,020	0,342893	58,87	51280	20	0,851	0,335
409	336,4147	0,020	0,343377	58,81	51420	20	0,851	0,336
410	336,5503	0,020	0,343841	58,75	51560	20	0,851	0,336
411	336,6797	0,021	0,34674	58,70	51700	20	0,851	0,337
412	0	0,021	0	57,82	0	20	0,000	0,000
413	0	0,021	0	56,91	0	20	0,000	0,000
414	0	0,022	0	56,00	0	20	0,000	0,000
415	0	0,022	0	55,07	0	20	0,000	0,000
416	0	0,022	0	54,12	0	20	0,000	0,000
417	0	0,023	0	53,16	0	20	0,000	0,000
418	0	0,015	0	52,17	0	13	0,000	0,000

						Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
419	0	0,014	0	51,52	0	12	0,000	0,000
420	0	0,018	0	50,92	0	15	0,000	0,000
421	0	0,024	0	50,15	0	20	0,000	0,000
422	0	0,025	0	49,11	0	20	0,000	0,000
423	0	0,025	0	48,04	0	20	0,000	0,000
424	0	0,022	0	46,96	0	17	0,000	0,000
425	0	0,026	0	46,01	0	20	0,000	0,000
426	0	0,027	0	44,87	0	20	0,000	0,000
427	0	0,028	0	43,71	0	20	0,000	0,000
428	0	0,029	0	42,51	0	20	0,000	0,000
429	0	0,030	0	41,28	0	20	0,000	0,000
430	0	0,030	0	40,00	0	20	0,000	0,000
431	0	0,020	0	39,95	0	13	0,000	0,000
432	0	0,030	0	39,92	0	20	0,000	0,000
433	0	0,030	0	39,89	0	20	0,000	0,000
434	0	0,026	0	39,86	0	17	0,000	0,000
435	0	0,030	0	39,84	0	20	0,000	0,000
436	0	0,030	0	39,81	0	20	0,000	0,000
437	0	0,030	0	39,79	0	20	0,000	0,000
438	0	0,030	0	39,78	0	20	0,000	0,000
439	0	0,030	0	39,76	0	20	0,000	0,000
440	0	0,030	0	39,75	0	20	0,000	0,000
441	0	0,030	0	39,74	0	20	0,000	0,000
442	0	0,005	0	39,73	0	3	0,000	0,000
443	0	0,030	0	39,73	0	20	0,000	0,000
444	0	0,029	0	39,72	0	19	0,000	0,000
445	0	0,032	0	38,51	0	20	0,000	0,000
446	0	0,028	0	37,18	0	17	0,000	0,000
447	0	0,033	0	36,00	0	20	0,000	0,000
448	0	0,005	0	36,02	0	3	0,000	0,000
449	0	0,033	0	36,03	0	20	0,000	0,000
450	0	0,033	0	36,05	0	20	0,000	0,000
451	0	0,033	0	36,08	0	20	0,000	0,000
452	0	0,033	0	36,11	0	20	0,000	0,000
453	0	0,033	0	36,14	0	20	0,000	0,000
454	0	0,002	0	36,18	0	1	0,000	0,000
455	0	0,033	0	36,18	0	20	0,000	0,000
456	0	0,031	0	36,22	0	19	0,000	0,000
457	0	0,033	0	36,26	0	20	0,000	0,000
458	0	0,033	0	36,30	0	20	0,000	0,000
459	0	0,033	0	36,35	0	20	0,000	0,000
460	0	0,015	0	36,39	0	9	0,000	0,000

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					78

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
461	0	0,033	0	36,41	0	20	0,000	0,000
462	0	0,039	0	36,46	0	23	0,000	0,000
463	0	0,035	0	35,13	0	20	0,000	0,000
464	0	0,037	0	33,62	0	20	0,000	0,000
465	0	0,039	0	32,01	0	20	0,000	0,000
466	0	0,041	0	30,28	0	20	0,000	0,000
467	0	0,044	0	28,38	0	20	0,000	0,000
468	0	0,048	0	26,30	0	20	0,000	0,000
469	0	0,023	0	23,94	0	9	0,000	0,000
470	0	0,056	0	22,78	0	20	0,000	0,000
471	0	0,012	0	19,78	0	4	0,000	0,000
472	0	0,070	0	19,11	0	20	0,000	0,000
473	0	0,025	0	15,00	0	6	0,000	0,000
474	0	0,088	0	13,50	0	20	0,000	0,000
475	0	0,044	0	13,66	0	10	0,000	0,000
476	0	0,087	0	13,74	0	20	0,000	0,000
477	0	0,086	0	13,89	0	20	0,000	0,000
478	0	0,085	0	14,03	0	20	0,000	0,000
479	0	0,085	0	14,13	0	20	0,000	0,000
480	0	0,084	0	14,23	0	20	0,000	0,000
481	0	0,084	0	14,29	0	20	0,000	0,000
482	0	0,079	0	14,36	0	19	0,000	0,000
483	0	0,083	0	14,40	0	20	0,000	0,000
484	211,4234	0,037	0,388199	14,41	253100	9	0,819	0,773
485	0	0,080	0	15,00	0	20	0,000	0,000
486	0	0,080	0	14,98	0	20	0,000	0,000
487	0	0,080	0	14,94	0	20	0,000	0,000
488	0	0,081	0	14,87	0	20	0,000	0,000
489	0	0,081	0	14,79	0	20	0,000	0,000
490	0	0,082	0	14,67	0	20	0,000	0,000
491	0	0,017	0	14,55	0	4	0,000	0,000
492	0	0,083	0	14,53	0	20	0,000	0,000
493	0	0,084	0	14,41	0	20	0,000	0,000
494	0	0,084	0	14,29	0	20	0,000	0,000
495	0	0,085	0	14,18	0	20	0,000	0,000
496	0	0,086	0	14,06	0	20	0,000	0,000
497	0	0,086	0	13,95	0	20	0,000	0,000
498	0	0,087	0	13,84	0	20	0,000	0,000
499	0	0,088	0	13,73	0	20	0,000	0,000
500	0	0,089	0	13,61	0	20	0,000	0,000
501	214,3182	0,085	0,908526	13,50	297500	20	0,814	2,031
502	424,4759	0,012	0,25633	14,81	236700	3	0,821	0,240

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					79

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
503	0	0,080	0	15,00	0	20	0,000	0,000
504	0	0,081	0	14,88	0	20	0,000	0,000
505	0	0,082	0	14,76	0	20	0,000	0,000
506	0	0,082	0	14,62	0	20	0,000	0,000
507	0	0,083	0	14,48	0	20	0,000	0,000
508	0	0,076	0	14,34	0	18	0,000	0,000
509	30	0,085	0,126822	14,19	10440	20	0,577	0,101
510	60	0,085	0,253751	14,19	10470	20	0,577	0,101
511	60	0,085	0,253957	14,18	10540	20	0,579	0,101
512	60	0,085	0,254253	14,17	10670	20	0,582	0,102
513	60	0,085	0,254571	14,15	10830	20	0,585	0,103
514	60	0,076	0,229404	14,13	10980	18	0,589	0,093
515	60	0,085	0,255271	14,11	11140	20	0,592	0,105
516	60	0,085	0,2557	14,09	11340	20	0,596	0,106
517	60	0,060	0,179272	14,07	11550	14	0,600	0,075
518	60	0,086	0,256572	14,05	11720	20	0,603	0,108
519	60	0,086	0,257616	14,02	11990	20	0,608	0,110
520	60	0,086	0,259184	13,93	12710	20	0,620	0,114
521	80	0,087	0,346821	13,85	66860	20	0,786	0,473
522	100	0,087	0,434276	13,83	66990	20	0,786	0,473
523	100	0,087	0,436034	13,80	67320	20	0,786	0,476
524	100	0,031	0,153226	13,72	68080	7	0,786	0,168
525	100	0,088	0,440221	13,69	68400	20	0,786	0,484
526	100	0,044	0,221643	13,57	69560	10	0,786	0,246
527	264,3182	0,086	1,133054	13,50	297500	20	0,814	2,031
528	425,4751	0,049	1,038676	14,49	249500	12	0,819	1,015
529	279,2125	0,080	1,119135	15,00	112200	20	0,810	0,770
530	136,2813	0,081	0,548834	14,94	113000	20	0,809	0,776
531	136,6743	0,081	0,554055	14,86	114000	20	0,809	0,783
532	137,2178	0,082	0,560913	14,74	115500	20	0,809	0,793
533	137,9001	0,083	0,569374	14,61	117200	20	0,808	0,806
534	138,7125	0,084	0,579474	14,45	119400	20	0,807	0,821
535	139,6523	0,085	0,59131	14,27	121800	20	0,807	0,839
536	140,7196	0,086	0,605014	14,07	124800	20	0,806	0,860
537	141,9148	0,087	0,620325	13,84	128100	20	0,805	0,884
538	143,1861	0,035	0,253532	13,61	131700	8	0,804	0,364
539	286,2383	0,087	1,239404	13,50	297500	20	0,814	2,031
540	426,3652	0,058	1,242029	14,21	261700	14	0,818	1,244
541	422,7957	0,061	1,28458	14,62	244200	15	0,820	1,241
542	278,8043	0,081	1,129191	15,00	112200	20	0,810	0,770
543	137,1424	0,083	0,569994	14,63	117000	20	0,808	0,804
544	139,2434	0,086	0,595306	14,24	122200	20	0,807	0,842

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	80

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
545	141,477	0,066	0,465987	13,82	128400	15	0,805	0,665
546	285,6386	0,087	1,244532	13,50	297500	20	0,814	2,031
547	426,9125	0,017	0,363695	14,04	269700	4	0,817	0,367
548	424,9082	0,084	1,777575	14,13	265600	20	0,817	1,805
549	423,2763	0,081	1,723639	14,55	247000	20	0,820	1,674
550	420,7819	0,024	0,506392	14,91	232500	6	0,821	0,472
551	277,875	0,081	1,132327	15,00	112200	20	0,810	0,770
552	137,6439	0,085	0,583494	14,45	119400	20	0,807	0,821
553	140,8125	0,053	0,370569	13,86	127900	12	0,805	0,530
554	285,5423	0,079	1,12796	13,50	297500	18	0,814	1,828
555	427,5541	0,086	1,832411	13,84	279500	20	0,816	1,903
556	425,4563	0,084	1,787368	14,16	264200	20	0,818	1,795
557	423,6593	0,083	1,752326	14,40	253300	20	0,819	1,719
558	422,2334	0,057	1,209775	14,61	244800	14	0,820	1,161
559	421,2624	0,081	1,711359	14,71	240600	20	0,820	1,630
560	420,5584	0,081	1,6972	14,83	235900	20	0,821	1,597
561	419,9327	0,080	1,687229	14,91	232800	20	0,821	1,575
562	419,5151	0,080	1,682288	14,96	230700	20	0,821	1,560
563	419,3308	0,080	1,682252	14,96	230600	20	0,821	1,560
564	419,3706	0,080	1,686753	14,95	231200	20	0,821	1,564
565	419,6156	0,081	1,695459	14,89	233600	20	0,821	1,581
566	420,0478	0,081	1,708155	14,81	236600	20	0,821	1,602
567	420,6536	0,082	1,724741	14,70	241100	20	0,820	1,633
568	421,4224	0,083	1,743818	14,57	246300	20	0,820	1,670
569	422,2728	0,084	1,766507	14,43	252200	20	0,819	1,711
570	423,2742	0,068	1,43262	14,26	259900	16	0,818	1,412
571	424,2975	0,086	1,817049	14,11	266600	20	0,817	1,812
572	425,3874	0,087	1,849575	13,91	275900	20	0,816	1,878
573	426,7304	0,088	1,886765	13,69	287400	20	0,815	1,959
574	1213,564	0,031	1,890976	13,45	527400	7	0,817	1,255
575	1214,156	0,031	1,895148	13,50	297500	7	0,814	0,711
576	1214,156	0,062	3,790296	13,41	527500	14	0,817	2,511
577	1214,156	0,090	5,451729	13,50	297500	20	0,814	2,031
578	1214,156	0,090	5,480527	13,23	527900	20	0,816	3,596
579	1999,677	0,089	8,9387	13,36	527600	20	0,817	3,589
580	1999,677	0,009	0,889218	13,49	527300	2	0,818	0,358
581	1214,156	0,090	5,450457	13,50	297500	20	0,814	2,031
582	1214,156	0,090	5,479457	13,23	527900	20	0,816	3,596
583	1999,677	0,089	8,938378	13,36	527600	20	0,817	3,589
584	1999,677	0,009	0,889152	13,49	527300	2	0,818	0,358
585	1214,156	0,090	5,451842	13,50	297500	20	0,814	2,031
586	1214,156	0,090	5,481457	13,22	527900	20	0,816	3,596

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	81

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
587	1999,677	0,089	8,940648	13,36	527600	20	0,817	3,590
588	1999,677	0,013	1,333921	13,48	527300	3	0,818	0,537
589	1214,156	0,090	5,451019	13,50	297500	20	0,814	2,031
590	1214,156	0,090	5,480029	13,23	527900	20	0,816	3,596
591	1999,677	0,089	8,939222	13,36	527600	20	0,817	3,589
592	1999,677	0,009	0,889235	13,49	527300	2	0,818	0,358
593	1214,156	0,040	2,439323	13,50	297500	9	0,814	0,914
594	1214,156	0,080	4,880128	13,38	527500	18	0,817	3,229
595	1999,677	0,004	0,444507	13,49	527300	1	0,818	0,179
596	1214,156	0,090	5,451515	13,50	297500	20	0,814	2,031
597	1214,156	0,090	5,47791	13,23	527900	20	0,816	3,596
598	1999,677	0,080	8,037039	13,37	527600	18	0,817	3,230
599	1214,156	0,090	5,446545	13,50	297500	20	0,814	2,031
600	1214,156	0,090	5,464327	13,25	527900	20	0,816	3,595
601	1999,677	0,045	4,458099	13,41	527500	10	0,817	1,793
602	1214,156	0,090	5,441927	13,50	297500	20	0,814	2,031
603	1214,156	0,090	5,451319	13,27	527800	20	0,816	3,594
604	1999,677	0,022	2,225665	13,45	527400	5	0,817	0,896
605	1214,156	0,090	5,437096	13,50	297500	20	0,814	2,031
606	1214,156	0,090	5,437422	13,30	527700	20	0,816	3,592
607	1214,156	0,027	1,622326	13,50	297500	6	0,814	0,609
608	1214,156	0,022	1,351938	13,44	527400	5	0,817	0,896
609	1214,156	0,090	5,433642	13,50	297500	20	0,814	2,031
610	1214,156	0,067	4,075232	13,31	527700	15	0,816	2,694
611	1214,156	0,089	5,425656	13,50	297500	20	0,814	2,031
612	1214,156	0,045	2,712828	13,35	527600	10	0,817	1,795
613	1214,156	0,089	5,416677	13,50	297500	20	0,814	2,031
614	1214,156	0,031	1,895837	13,40	527500	7	0,817	1,256
615	1214,156	0,089	5,413407	13,50	297500	20	0,814	2,031
616	1214,156	0,022	1,353352	13,41	527500	5	0,817	0,897
617	1214,156	0,071	4,323448	13,50	297500	16	0,814	1,625
618	1214,156	0,009	0,540526	13,46	527300	2	0,817	0,358
619	1999,677	0,088	8,772436	13,50	527300	20	0,818	3,583
620	1999,677	0,085	8,544657	13,86	526400	20	0,820	3,565
621	1999,677	0,083	8,326598	14,22	525500	20	0,823	3,548
622	1999,677	0,081	8,114265	14,59	524700	20	0,825	3,532
623	1999,677	0,079	7,906904	14,98	523800	20	0,828	3,515
624	1999,677	0,077	7,704011	15,37	522900	20	0,830	3,499
625	1999,677	0,075	7,506462	15,78	522000	20	0,833	3,483
626	1999,677	0,073	7,31345	16,19	521200	20	0,835	3,469
627	1999,677	0,071	7,125369	16,62	520200	20	0,837	3,453
628	1999,677	0,069	6,944845	17,06	519300	20	0,839	3,438

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	82

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
629	1999,677	0,068	6,769531	17,50	518400	20	0,841	3,424
630	1999,677	0,033	3,320645	17,95	517500	10	0,843	1,705
631	1999,677	0,065	6,516328	18,18	517100	20	0,844	3,403
632	1999,677	0,064	6,357689	18,64	516200	20	0,846	3,390
633	1999,677	0,062	6,205728	19,10	515300	20	0,848	3,377
634	1999,677	0,061	6,05968	19,57	514400	20	0,850	3,364
635	1999,677	0,009	0,896813	20,03	513500	3	0,851	0,503
636	1999,677	0,059	5,899392	20,10	513400	20	0,851	3,350
637	1999,677	0,058	5,766889	20,57	512500	20	0,853	3,338
638	1999,677	0,056	5,639833	21,04	511700	20	0,854	3,327
639	1999,677	0,055	5,518413	21,51	510800	20	0,856	3,315
640	1999,677	0,054	5,402109	21,97	510000	20	0,857	3,305
641	1999,677	0,019	1,864114	22,45	509100	7	0,859	1,153
642	1999,677	0,053	5,25249	22,61	508800	20	0,859	3,290
643	1999,677	0,051	5,147998	23,08	508000	20	0,860	3,281
644	1999,677	0,051	5,05144	23,54	507200	20	0,861	3,271
645	1999,677	0,015	1,4977	23,97	506500	6	0,863	0,979
646	1999,677	0,049	4,93561	24,10	506200	20	0,863	3,259
647	1999,677	0,049	4,852148	24,52	505500	20	0,864	3,251
648	1999,677	0,048	4,77438	24,93	504800	20	0,865	3,243
649	1999,677	0,047	4,701463	25,33	504100	20	0,866	3,235
650	1999,677	0,046	4,632925	25,71	503500	20	0,866	3,228
651	1999,677	0,046	4,568845	26,08	502900	20	0,867	3,222
652	1999,677	0,045	4,507433	26,44	502300	20	0,868	3,215
653	1999,677	0,045	4,449426	26,80	501700	20	0,869	3,209
654	1999,677	0,031	3,08184	27,13	501100	14	0,869	2,242
655	1999,677	0,044	4,357631	27,37	500800	20	0,870	3,199
656	1999,677	0,043	4,307386	27,70	500200	20	0,870	3,193
657	1999,677	0,043	4,259778	28,01	499700	20	0,871	3,188
658	1999,677	0,042	4,21494	28,32	499200	20	0,871	3,183
659	1999,677	0,004	0,419143	28,61	498700	2	0,872	0,318
660	1999,677	0,042	4,168461	28,64	498700	20	0,872	3,177
661	1999,677	0,021	2,06904	28,93	498200	10	0,872	1,586
662	1999,677	0,041	4,108976	29,06	498000	20	0,873	3,170
663	1999,677	0,041	4,071822	29,34	497600	20	0,873	3,166
664	1999,677	0,040	4,036691	29,59	497200	20	0,873	3,162
665	1999,677	0,040	4,00334	29,85	496800	20	0,874	3,158
666	1999,677	0,040	3,971957	30,09	496400	20	0,874	3,154
667	1999,677	0,039	3,94149	30,32	496000	20	0,875	3,151
668	1999,677	0,039	3,912799	30,56	495600	20	0,875	3,147
669	1999,677	0,039	3,886333	30,77	495300	20	0,875	3,144
670	1999,677	0,039	3,86196	30,97	495000	20	0,876	3,141

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
671	1999,677	0,015	1,538464	31,16	494700	8	0,876	1,255
672	1999,677	0,038	3,831593	31,23	494600	20	0,876	3,137
673	1999,677	0,038	3,812002	31,40	494300	20	0,876	3,134
674	1999,677	0,038	3,794338	31,55	494100	20	0,876	3,132
675	1999,677	0,038	3,77849	31,69	493900	20	0,877	3,130
676	1999,677	0,038	3,763873	31,82	493700	20	0,877	3,128
677	1999,677	0,038	3,751	31,94	493500	20	0,877	3,127
678	1999,677	0,037	3,739814	32,04	493300	20	0,877	3,125
679	1999,677	0,037	3,730262	32,13	493200	20	0,877	3,124
680	1999,677	0,037	3,722407	32,20	493100	20	0,877	3,123
681	1999,677	0,037	3,716053	32,26	493000	20	0,877	3,122
682	1999,677	0,037	3,711237	32,31	492900	20	0,877	3,121
683	1999,677	0,037	3,706881	32,35	492800	20	0,877	3,120
684	1999,677	0,019	1,85204	32,39	492800	10	0,877	1,560
685	1999,677	0,037	3,702622	32,40	492800	20	0,878	3,120
686	1999,677	0,037	3,70104	32,41	492700	20	0,878	3,119
687	1999,677	0,037	3,699852	32,42	492700	20	0,878	3,119
688	1999,677	0,037	3,699525	32,43	492700	20	0,878	3,119
689	1999,677	0,019	1,849862	32,43	492700	10	0,878	1,560
690	1999,677	0,037	3,700105	32,43	492700	20	0,878	3,119
691	1999,677	0,037	3,700818	32,42	492700	20	0,878	3,119
692	1999,677	0,037	3,702195	32,42	492700	20	0,878	3,119
693	1999,677	0,037	3,704062	32,40	492800	20	0,878	3,120
694	1999,677	0,019	1,852825	32,38	492800	10	0,877	1,560
695	1999,677	0,037	3,707543	32,37	492800	20	0,877	3,120
696	1999,677	0,009	0,927296	32,35	492800	5	0,877	0,780
697	1999,677	0,037	3,711387	32,34	492900	20	0,877	3,121
698	1999,677	0,037	3,71542	32,31	492900	20	0,877	3,121
699	1999,677	0,037	3,720117	32,27	493000	20	0,877	3,122
700	1999,677	0,034	3,35202	32,23	493000	18	0,877	2,810
701	1999,677	0,037	3,728516	32,20	493100	20	0,877	3,123
702	1999,677	0,037	3,732276	32,16	493100	20	0,877	3,123
703	1999,677	0,037	3,735419	32,13	493200	20	0,877	3,124
704	1999,677	0,037	3,737985	32,11	493200	20	0,877	3,124
705	1999,677	0,037	3,739975	32,09	493200	20	0,877	3,124
706	1999,677	0,037	3,74161	32,07	493300	20	0,877	3,125
707	1999,677	0,037	3,742618	32,06	493300	20	0,877	3,125
708	1999,677	0,037	3,743057	32,06	493300	20	0,877	3,125
709	1999,677	0,037	3,74303	32,05	493300	20	0,877	3,125
710	1999,677	0,037	3,742393	32,06	493300	20	0,877	3,125
711	1999,677	0,037	3,741268	32,06	493300	20	0,877	3,125
712	1999,677	0,037	3,739862	32,08	493300	20	0,877	3,125

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
713	1999,677	0,030	2,990841	32,09	493200	16	0,877	2,499
714	1999,677	0,037	3,736896	32,10	493200	20	0,877	3,124
715	1999,677	0,037	3,734811	32,12	493200	20	0,877	3,124
716	1999,677	0,024	2,426508	32,13	493200	13	0,877	2,030
717	1999,677	0,037	3,731271	32,15	493200	20	0,877	3,124
718	1999,677	0,037	3,728777	32,17	493100	20	0,877	3,123
719	1999,677	0,037	3,726104	32,19	493100	20	0,877	3,123
720	1999,677	0,037	3,723216	32,21	493100	20	0,877	3,123
721	1999,677	0,037	3,720084	32,24	493000	20	0,877	3,122
722	1999,677	0,037	3,716755	32,27	493000	20	0,877	3,122
723	1999,677	0,037	3,713236	32,30	492900	20	0,877	3,121
724	1999,677	0,033	3,33893	32,33	492900	18	0,877	2,809
725	1999,677	0,037	3,706346	32,35	492800	20	0,877	3,120
726	1999,677	0,037	3,70229	32,39	492800	20	0,877	3,120
727	1999,677	0,024	2,404146	32,43	492700	13	0,878	2,027
728	1999,677	0,037	3,69482	32,45	492700	20	0,878	3,119
729	1999,677	0,037	3,689826	32,49	492600	20	0,878	3,118
730	1999,677	0,037	3,684388	32,54	492500	20	0,878	3,117
731	1999,677	0,037	3,678522	32,59	492500	20	0,878	3,117
732	1999,677	0,037	3,672236	32,64	492400	20	0,878	3,116
733	1999,677	0,018	1,833648	32,70	492300	10	0,878	1,558
734	1999,677	0,037	3,662065	32,73	492200	20	0,878	3,115
735	1999,677	0,037	3,654807	32,79	492200	20	0,878	3,114
736	1999,677	0,036	3,64716	32,86	492000	20	0,878	3,113
737	1999,677	0,036	3,639303	32,93	491900	20	0,878	3,112
738	1999,677	0,036	3,631404	33,00	491800	20	0,878	3,111
739	1999,677	0,036	3,623655	33,08	491700	20	0,878	3,110
740	1999,677	0,036	3,615985	33,15	491600	20	0,878	3,109
741	1999,677	0,034	3,428198	33,22	491500	19	0,879	2,953
742	1999,677	0,036	3,601365	33,28	491400	20	0,879	3,107
743	1999,677	0,036	3,594064	33,35	491300	20	0,879	3,106
744	1999,677	0,036	3,586938	33,42	491200	20	0,879	3,105
745	1999,677	0,032	3,22229	33,48	491100	18	0,879	2,794
746	1999,677	0,036	3,57392	33,54	491000	20	0,879	3,103
747	1999,677	0,036	3,567387	33,60	490900	20	0,879	3,103
748	1999,677	0,036	3,561134	33,66	490800	20	0,879	3,102
749	1999,677	0,036	3,555092	33,72	490700	20	0,879	3,101
750	1999,677	0,035	3,549162	33,78	490600	20	0,879	3,100
751	1999,677	0,035	3,543327	33,83	490600	20	0,879	3,100
752	1999,677	0,035	3,537558	33,89	490500	20	0,879	3,099
753	1999,677	0,035	3,531864	33,94	490400	20	0,879	3,098
754	1999,677	0,035	3,526245	34,00	490300	20	0,880	3,097

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
755	1999,677	0,035	3,520677	34,05	490200	20	0,880	3,096
756	1999,677	0,035	3,51521	34,11	490100	20	0,880	3,095
757	1999,677	0,035	3,509833	34,16	490100	20	0,880	3,095
758	1999,677	0,035	3,504554	34,21	490000	20	0,880	3,094
759	1999,677	0,035	3,499362	34,26	489900	20	0,880	3,093
760	1999,677	0,035	3,494257	34,31	489800	20	0,880	3,093
761	1999,677	0,035	3,489237	34,36	489700	20	0,880	3,092
762	1999,677	0,035	3,484271	34,41	489700	20	0,880	3,092
763	1999,677	0,035	3,479395	34,46	489600	20	0,880	3,091
764	1999,677	0,035	3,474602	34,51	489500	20	0,880	3,090
765	1999,677	0,035	3,469896	34,55	489500	20	0,880	3,090
766	1999,677	0,035	3,465269	34,60	489400	20	0,880	3,089
767	1999,677	0,035	3,460766	34,65	489300	20	0,880	3,088
768	1999,677	0,035	3,456365	34,69	489200	20	0,880	3,087
769	1999,677	0,035	3,452022	34,74	489200	20	0,880	3,087
770	1999,677	0,034	3,447802	34,78	489100	20	0,880	3,086
771	1999,677	0,034	3,443686	34,82	489000	20	0,880	3,086
772	1999,677	0,034	3,43968	34,86	489000	20	0,881	3,085
773	1999,677	0,034	3,435776	34,90	488900	20	0,881	3,085
774	1999,677	0,034	3,431971	34,94	488900	20	0,881	3,084
775	1999,677	0,034	3,428246	34,98	488800	20	0,881	3,084
776	1999,677	0,034	3,42459	35,02	488700	20	0,881	3,083
777	1999,677	0,034	3,421048	35,05	488700	20	0,881	3,083
778	1999,677	0,034	3,417651	35,09	488600	20	0,881	3,082
779	1999,677	0,034	3,414427	35,12	488600	20	0,881	3,082
780	1999,677	0,034	3,411373	35,16	488500	20	0,881	3,081
781	1999,677	0,034	3,408495	35,19	488500	20	0,881	3,081
782	1999,677	0,034	3,405779	35,21	488400	20	0,881	3,080
783	1999,677	0,034	3,403211	35,24	488400	20	0,881	3,080
784	1999,677	0,034	3,400814	35,27	488400	20	0,881	3,080
785	1999,677	0,034	3,398592	35,29	488300	20	0,881	3,079
786	1999,677	0,017	1,698517	35,31	488300	10	0,881	1,540
787	1999,677	0,034	3,39559	35,32	488300	20	0,881	3,079
788	1999,677	0,034	3,394084	35,34	488300	20	0,881	3,079
789	1999,677	0,034	3,393058	35,36	488200	20	0,881	3,078
790	1999,677	0,034	3,392425	35,37	488200	20	0,881	3,078
791	1999,677	0,034	3,392297	35,37	488200	20	0,881	3,078
792	1999,677	0,034	3,392671	35,37	488200	20	0,881	3,078
793	1999,677	0,034	3,393528	35,36	488200	20	0,881	3,078
794	1999,677	0,034	3,394851	35,35	488200	20	0,881	3,078
795	1999,677	0,034	3,396656	35,33	488300	20	0,881	3,079
796	1999,677	0,005	0,509675	35,31	488300	3	0,881	0,462

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
797	1999,677	0,034	3,399298	35,31	488300	20	0,881	3,079
798	1999,677	0,034	3,402053	35,28	488300	20	0,881	3,079
799	1999,677	0,034	3,405133	35,25	488400	20	0,881	3,080
800	1999,677	0,012	1,192589	35,22	488400	7	0,881	1,078
801	1999,677	0,034	3,409916	35,21	488500	20	0,881	3,081
802	1999,677	0,034	3,413315	35,17	488500	20	0,881	3,081
803	1999,677	0,034	3,416515	35,14	488600	20	0,881	3,082
804	1999,677	0,034	3,419674	35,10	488600	20	0,881	3,082
805	1999,677	0,034	3,422558	35,07	488700	20	0,881	3,083
806	1999,677	0,034	3,425191	35,04	488700	20	0,881	3,083
807	1999,677	0,034	3,427567	35,02	488700	20	0,881	3,083
808	1999,677	0,034	3,429567	34,99	488800	20	0,881	3,084
809	1999,677	0,034	3,431307	34,98	488800	20	0,881	3,084
810	1999,677	0,034	3,433004	34,96	488800	20	0,881	3,084
811	1999,677	0,034	3,434441	34,94	488900	20	0,881	3,084
812	1999,677	0,034	3,435922	34,93	488900	20	0,881	3,084
813	1999,677	0,034	3,437474	34,91	488900	20	0,881	3,085
814	1999,677	0,009	0,859594	34,90	488900	5	0,881	0,771
815	1999,677	0,034	3,439439	34,89	488900	20	0,881	3,085
816	1999,677	0,034	3,441212	34,88	489000	20	0,881	3,085
817	1999,677	0,034	3,443078	34,86	489000	20	0,880	3,085
818	1999,677	0,034	3,444934	34,84	489000	20	0,880	3,085
819	1999,677	0,034	3,446907	34,82	489000	20	0,880	3,086
820	1999,677	0,034	3,448862	34,80	489100	20	0,880	3,086
821	1999,677	0,035	3,450894	34,78	489100	20	0,880	3,086
822	1999,677	0,035	3,453203	34,76	489100	20	0,880	3,086
823	1999,677	0,026	2,591451	34,73	489200	15	0,880	2,315
824	1999,677	0,035	3,457384	34,71	489200	20	0,880	3,087
825	1999,677	0,035	3,459892	34,69	489200	20	0,880	3,087
826	1999,677	0,035	3,462512	34,66	489300	20	0,880	3,088
827	1999,677	0,035	3,465231	34,64	489300	20	0,880	3,088
828	1999,677	0,035	3,467953	34,61	489400	20	0,880	3,089
829	1999,677	0,035	3,470794	34,58	489400	20	0,880	3,089
830	1999,677	0,035	3,473633	34,55	489500	20	0,880	3,090
831	1999,677	0,035	3,476591	34,53	489500	20	0,880	3,090
832	1999,677	0,017	1,739526	34,49	489500	10	0,880	1,545
833	1999,677	0,035	3,481593	34,48	489600	20	0,880	3,091
834	1999,677	0,035	3,484837	34,44	489600	20	0,880	3,091
835	1999,677	0,035	3,488207	34,41	489700	20	0,880	3,092
836	1999,677	0,035	3,491924	34,38	489700	20	0,880	3,092
837	1999,677	0,035	3,495749	34,34	489800	20	0,880	3,092
838	1999,677	0,035	3,499703	34,30	489800	20	0,880	3,093

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
839	1999,677	0,018	1,751346	34,26	489900	10	0,880	1,547
840	1999,677	0,035	3,505766	34,24	489900	20	0,880	3,094
841	1999,677	0,035	3,509839	34,20	490000	20	0,880	3,094
842	1999,677	0,035	3,513729	34,16	490000	20	0,880	3,094
843	1999,677	0,035	3,517113	34,13	490100	20	0,880	3,095
844	1999,677	0,035	3,520039	34,10	490100	20	0,880	3,095
845	1999,677	0,035	3,522506	34,07	490200	20	0,880	3,096
846	1999,677	0,035	3,52451	34,05	490200	20	0,880	3,096
847	1999,677	0,035	3,526279	34,03	490200	20	0,880	3,096
848	1999,677	0,025	2,469187	34,02	490300	14	0,880	2,168
849	1999,677	0,035	3,528126	34,01	490300	20	0,880	3,097
850	1999,677	0,035	3,528706	34,00	490300	20	0,880	3,097
851	1999,677	0,035	3,5287	34,00	490300	20	0,880	3,097
852	1999,677	0,035	3,528248	34,00	490300	20	0,880	3,097
853	1999,677	0,012	1,234727	34,01	490300	7	0,880	1,084
854	1999,677	0,035	3,527039	34,01	490300	20	0,880	3,097
855	1999,677	0,034	3,349565	34,02	490300	19	0,880	2,942
856	1999,677	0,035	3,524714	34,04	490200	20	0,880	3,096
857	1999,677	0,035	3,52388	34,04	490200	20	0,880	3,096
858	1999,677	0,035	3,523213	34,05	490200	20	0,880	3,096
859	1999,677	0,035	3,522837	34,06	490200	20	0,880	3,096
860	1999,677	0,035	3,522749	34,06	490200	20	0,880	3,096
861	1999,677	0,035	3,52294	34,06	490200	20	0,880	3,096
862	1999,677	0,035	3,52341	34,05	490200	20	0,880	3,096
863	1999,677	0,035	3,524144	34,05	490200	20	0,880	3,096
864	1999,677	0,035	3,525235	34,04	490200	20	0,880	3,096
865	1999,677	0,035	3,526484	34,03	490300	20	0,880	3,097
866	1999,677	0,035	3,527763	34,02	490300	20	0,880	3,097
867	1999,677	0,035	3,528944	34,00	490300	20	0,880	3,097
868	1999,677	0,035	3,530015	33,99	490300	20	0,879	3,097
869	1999,677	0,035	3,530973	33,98	490300	20	0,879	3,097
870	1999,677	0,035	3,531787	33,98	490300	20	0,879	3,097
871	1999,677	0,035	3,53255	33,97	490300	20	0,879	3,097
872	1999,677	0,035	3,533765	33,96	490400	20	0,879	3,098
873	1999,677	0,030	3,005012	33,94	490400	17	0,879	2,633
874	1999,677	0,023	2,298916	33,93	490400	13	0,879	2,014
875	1999,677	0,035	3,538951	33,92	490400	20	0,879	3,098
876	1999,677	0,035	3,541784	33,89	490500	20	0,879	3,099
877	1999,677	0,035	3,544899	33,86	490500	20	0,879	3,099
878	1999,677	0,035	3,548489	33,83	490600	20	0,879	3,100
879	1999,677	0,036	3,552502	33,79	490600	20	0,879	3,100
880	1999,677	0,036	3,556952	33,75	490700	20	0,879	3,101

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
881	1999,677	0,018	1,780291	33,71	490700	10	0,879	1,550
882	1999,677	0,036	3,564504	33,69	490800	20	0,879	3,102
883	1999,677	0,036	3,568862	33,63	490900	20	0,879	3,102
884	1999,677	0,036	3,572539	33,60	490900	20	0,879	3,103
885	1999,677	0,036	3,575836	33,57	491000	20	0,879	3,103
886	1999,677	0,036	3,578417	33,54	491000	20	0,879	3,103
887	1999,677	0,036	3,580202	33,52	491000	20	0,879	3,104
888	1999,677	0,036	3,58097	33,51	491100	20	0,879	3,104
889	1999,677	0,002	0,17906	33,50	491100	1	0,879	0,155
890	1999,677	0,036	3,580911	33,50	491100	20	0,879	3,104
891	1999,677	0,036	3,580075	33,51	491100	20	0,879	3,104
892	1999,677	0,036	3,578849	33,52	491000	20	0,879	3,104
893	1999,677	0,036	3,576821	33,53	491000	20	0,879	3,103
894	1999,677	0,014	1,429964	33,56	491000	8	0,879	1,241
895	1999,677	0,036	3,572547	33,57	491000	20	0,879	3,103
896	1999,677	0,036	3,568961	33,60	490900	20	0,879	3,103
897	1999,677	0,036	3,564804	33,63	490900	20	0,879	3,102
898	1999,677	0,036	3,559879	33,68	490800	20	0,879	3,102
899	1999,677	0,036	3,554401	33,73	490700	20	0,879	3,101
900	1999,677	0,035	3,548379	33,78	490600	20	0,879	3,100
901	1999,677	0,035	3,542229	33,84	490500	20	0,879	3,099
902	1999,677	0,030	3,005674	33,90	490500	17	0,879	2,634
903	1999,677	0,025	2,471246	33,96	490400	14	0,879	2,169
904	1999,677	0,035	3,523754	34,01	490300	20	0,880	3,097
905	1999,677	0,035	3,515253	34,09	490200	20	0,880	3,096
906	1999,677	0,035	3,506007	34,18	490000	20	0,880	3,094
907	1999,677	0,035	3,496502	34,27	489900	20	0,880	3,093
908	1999,677	0,035	3,48627	34,36	489700	20	0,880	3,092
909	1999,677	0,026	2,607522	34,47	489600	15	0,880	2,318
910	1999,677	0,035	3,466762	34,55	489500	20	0,880	3,090
911	1999,677	0,035	3,454643	34,67	489300	20	0,880	3,088
912	1999,677	0,034	3,441666	34,79	489100	20	0,880	3,086
913	1999,677	0,034	3,428052	34,93	488900	20	0,881	3,084
914	1999,677	0,034	3,413921	35,07	488700	20	0,881	3,083
915	1999,677	0,034	3,399563	35,22	488400	20	0,881	3,080
916	1999,677	0,034	3,384638	35,37	488200	20	0,881	3,078
917	1999,677	0,034	3,369172	35,53	488000	20	0,881	3,076
918	1999,677	0,005	0,504029	35,69	487700	3	0,881	0,461
919	1999,677	0,034	3,350736	35,72	487700	20	0,881	3,074
920	1999,677	0,033	3,334318	35,89	487400	20	0,882	3,071
921	1999,677	0,033	3,317446	36,07	487200	20	0,882	3,069
922	1999,677	0,033	3,300147	36,26	486900	20	0,882	3,067

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
923	1999,677	0,033	3,282445	36,45	486600	20	0,882	3,064
924	1999,677	0,033	3,264201	36,65	486300	20	0,882	3,062
925	1999,677	0,032	3,245617	36,86	486000	20	0,883	3,059
926	1999,677	0,024	2,42186	37,07	485600	15	0,883	2,292
927	1999,677	0,032	3,212371	37,24	485400	20	0,883	3,054
928	1999,677	0,032	3,193177	37,46	485100	20	0,883	3,051
929	1999,677	0,032	3,173664	37,69	484700	20	0,883	3,048
930	1999,677	0,032	3,153758	37,92	484400	20	0,884	3,045
931	1999,677	0,031	3,133637	38,16	484000	20	0,884	3,042
932	1999,677	0,031	3,11332	38,41	483600	20	0,884	3,039
933	1999,677	0,031	3,09283	38,66	483300	20	0,884	3,036
934	1999,677	0,031	3,072254	38,92	482900	20	0,885	3,033
935	1999,677	0,031	3,051806	39,18	482500	20	0,885	3,029
936	1999,677	0,030	3,031106	39,45	482100	20	0,885	3,026
937	1999,677	0,024	2,410051	39,72	481700	16	0,885	2,418
938	1999,677	0,016	1,649463	39,93	481400	11	0,885	1,661
939	1999,677	0,030	2,983854	40,08	481200	20	0,886	3,019
940	1999,677	0,030	2,964966	40,34	480800	20	0,886	3,015
941	1999,677	0,029	2,946863	40,59	480400	20	0,886	3,012
942	1999,677	0,029	2,929448	40,84	480100	20	0,886	3,010
943	1999,677	0,029	2,912731	41,08	479700	20	0,886	3,006
944	1999,677	0,029	2,896742	41,31	479400	20	0,887	3,004
945	1999,677	0,029	2,881452	41,53	479000	20	0,887	3,001
946	1999,677	0,027	2,72383	41,75	478700	19	0,887	2,848
947	1999,677	0,029	2,853565	41,94	478400	20	0,887	2,996
948	1999,677	0,028	2,840198	42,15	478100	20	0,887	2,994
949	1999,677	0,018	1,839267	42,34	477900	13	0,887	1,945
950	1999,677	0,028	2,81953	42,46	477700	20	0,888	2,990
951	1999,677	0,028	2,807698	42,64	477400	20	0,888	2,988
952	1999,677	0,028	2,79645	42,82	477200	20	0,888	2,986
953	1999,677	0,028	2,785765	42,99	476900	20	0,888	2,984
954	1999,677	0,028	2,775545	43,15	476700	20	0,888	2,982
955	1999,677	0,011	1,107471	43,31	476500	8	0,888	1,192
956	1999,677	0,028	2,762146	43,36	476400	20	0,888	2,980
957	1999,677	0,028	2,753012	43,51	476200	20	0,888	2,978
958	1999,677	0,027	2,744203	43,65	476000	20	0,888	2,977
959	1999,677	0,027	2,735896	43,79	475800	20	0,889	2,975
960	1999,677	0,027	2,728073	43,92	475600	20	0,889	2,973
961	1999,677	0,027	2,720714	44,04	475400	20	0,889	2,972
962	1999,677	0,027	2,713815	44,16	475200	20	0,889	2,970
963	1999,677	0,027	2,707286	44,27	475100	20	0,889	2,970
964	1999,677	0,027	2,701188	44,37	474900	20	0,889	2,968

						Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
965	1999,677	0,027	2,695477	44,47	474800	20	0,889	2,967
966	1999,677	0,027	2,690196	44,56	474600	20	0,889	2,966
967	1999,677	0,027	2,685328	44,64	474500	20	0,889	2,965
968	1999,677	0,027	2,680862	44,72	474400	20	0,889	2,964
969	1999,677	0,027	2,676795	44,79	474300	20	0,889	2,963
970	1999,677	0,020	2,00512	44,86	474200	15	0,889	2,222
971	1999,677	0,027	2,670496	44,90	474100	20	0,889	2,962
972	1999,677	0,027	2,66738	44,96	474100	20	0,889	2,962
973	1999,677	0,027	2,664673	45,01	474000	20	0,889	2,961
974	1999,677	0,007	0,665788	45,05	473900	5	0,889	0,740
975	1999,677	0,027	2,661781	45,06	473900	20	0,889	2,960
976	1999,677	0,027	2,659955	45,09	473900	20	0,889	2,960
977	1999,677	0,027	2,658612	45,12	473800	20	0,889	2,959
978	1999,677	0,009	0,930257	45,14	473800	7	0,889	1,036
979	1999,677	0,027	2,657468	45,14	473800	20	0,889	2,959
980	1999,677	0,027	2,657208	45,15	473800	20	0,889	2,959
981	1999,677	0,027	2,657438	45,15	473800	20	0,889	2,959
982	1999,677	0,027	2,657993	45,15	473800	20	0,889	2,959
983	1999,677	0,027	2,658796	45,13	473800	20	0,889	2,959
984	1999,677	0,027	2,659796	45,12	473800	20	0,889	2,959
985	1999,677	0,027	2,660967	45,10	473900	20	0,889	2,960
986	1999,677	0,027	2,662383	45,08	473900	20	0,889	2,960
987	1999,677	0,004	0,399497	45,05	473900	3	0,889	0,444
988	1999,677	0,027	2,664394	45,05	473900	20	0,889	2,960
989	1999,677	0,027	2,666197	45,02	474000	20	0,889	2,961
990	1999,677	0,027	2,668002	44,99	474000	20	0,889	2,961
991	1999,677	0,027	2,669911	44,95	474100	20	0,889	2,962
992	1999,677	0,027	2,671917	44,92	474100	20	0,889	2,962
993	1999,677	0,027	2,673984	44,89	474200	20	0,889	2,963
994	1999,677	0,027	2,676046	44,85	474200	20	0,889	2,963
995	1999,677	0,027	2,677958	44,82	474300	20	0,889	2,963
996	1999,677	0,027	2,679674	44,79	474300	20	0,889	2,963
997	1999,677	0,027	2,681313	44,76	474300	20	0,889	2,963
998	1999,677	0,027	2,682793	44,73	474400	20	0,889	2,964
999	1999,677	0,027	2,684408	44,71	474400	20	0,889	2,964
1000	1999,677	0,027	2,686113	44,68	474500	20	0,889	2,965
1001	1999,677	0,027	2,687845	44,65	474500	20	0,889	2,965
1002	1999,677	0,027	2,689678	44,62	474500	20	0,889	2,965
1003	1999,677	0,027	2,691549	44,59	474600	20	0,889	2,966
1004	1999,677	0,027	2,693581	44,56	474600	20	0,889	2,966
1005	1999,677	0,027	2,695689	44,53	474700	20	0,889	2,966
1006	1999,677	0,027	2,697916	44,49	474700	20	0,889	2,967

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	91

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
1007	1999,677	0,027	2,700131	44,45	474800	20	0,889	2,967
1008	1999,677	0,027	2,702422	44,42	474800	20	0,889	2,967
1009	1999,677	0,027	2,704789	44,38	474900	20	0,889	2,968
1010	1999,677	0,027	2,707228	44,34	475000	20	0,889	2,969
1011	1999,677	0,027	2,709954	44,30	475000	20	0,889	2,969
1012	1999,677	0,027	2,71289	44,25	475100	20	0,889	2,970
1013	1999,677	0,027	2,716045	44,20	475200	20	0,889	2,970
1014	1999,677	0,014	1,359253	44,15	475200	10	0,889	1,485
1015	1999,677	0,027	2,721113	44,12	475300	20	0,889	2,971
1016	1999,677	0,027	2,724605	44,06	475400	20	0,889	2,972
1017	1999,677	0,025	2,455164	44,01	475400	18	0,889	2,675
1018	1999,677	0,027	2,731317	43,96	475500	20	0,889	2,973
1019	1999,677	0,027	2,734824	43,90	475600	20	0,889	2,974
1020	1999,677	0,027	2,738423	43,84	475700	20	0,889	2,974
1021	1999,677	0,027	2,74204	43,78	475800	20	0,888	2,975
1022	1999,677	0,027	2,74574	43,73	475800	20	0,888	2,975
1023	1999,677	0,027	2,749364	43,67	475900	20	0,888	2,976
1024	1999,677	0,028	2,753007	43,61	476000	20	0,888	2,977
1025	1999,677	0,023	2,342947	43,55	476100	17	0,888	2,531
1026	1999,677	0,028	2,759683	43,50	476200	20	0,888	2,978
1027	1999,677	0,028	2,763416	43,45	476200	20	0,888	2,978
1028	1999,677	0,028	2,767199	43,39	476300	20	0,888	2,979
1029	1999,677	0,028	2,770918	43,33	476400	20	0,888	2,980
1030	1999,677	0,007	0,693315	43,27	476500	5	0,888	0,745
1031	1999,677	0,028	2,775521	43,26	476500	20	0,888	2,981
1032	1999,677	0,028	2,779082	43,20	476600	20	0,888	2,981
1033	1999,677	0,028	2,782386	43,15	476700	20	0,888	2,982
1034	1999,677	0,028	2,785535	43,10	476800	20	0,888	2,983
1035	1999,677	0,028	2,788515	43,05	476800	20	0,888	2,983
1036	1999,677	0,028	2,791325	43,01	476900	20	0,888	2,984
1037	1999,677	0,028	2,794042	42,96	477000	20	0,888	2,985
1038	1999,677	0,028	2,796588	42,92	477000	20	0,888	2,985
1039	1999,677	0,028	2,799029	42,88	477100	20	0,888	2,985
1040	1999,677	0,028	2,801207	42,85	477100	20	0,888	2,985
1041	1999,677	0,028	2,803285	42,82	477200	20	0,888	2,986
1042	1999,677	0,001	0,140221	42,78	477200	1	0,888	0,149
1043	1999,677	0,021	2,103943	42,78	477200	15	0,888	2,240
1044	1999,677	0,028	2,807086	42,76	477300	20	0,888	2,987
1045	1999,677	0,028	2,809283	42,73	477300	20	0,888	2,987
1046	1999,677	0,028	2,811514	42,69	477400	20	0,888	2,988
1047	1999,677	0,028	2,813784	42,66	477400	20	0,888	2,988
1048	1999,677	0,028	2,816092	42,62	477500	20	0,888	2,989

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	92

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1049	1999,677	0,028	2,818434	42,59	477500	20	0,888	2,989
1050	1999,677	0,028	2,82088	42,55	477600	20	0,888	2,989
1051	1999,677	0,028	2,823267	42,51	477600	20	0,888	2,989
1052	1999,677	0,028	2,825587	42,48	477700	20	0,888	2,990
1053	1999,677	0,028	2,827744	42,44	477700	20	0,888	2,990
1054	1999,677	0,003	0,282883	42,41	477800	2	0,887	0,299
1055	1999,677	0,028	2,829807	42,41	477800	20	0,887	2,991
1056	1999,677	0,028	2,831394	42,39	477800	20	0,887	2,991
1057	1999,677	0,013	1,27456	42,36	477800	9	0,887	1,346
1058	1999,677	0,018	1,841417	42,36	477800	13	0,887	1,944
1059	1999,677	0,028	2,833681	42,35	477900	20	0,887	2,992
1060	1999,677	0,028	2,834465	42,33	477900	20	0,887	2,992
1061	1999,677	0,028	2,835043	42,32	477900	20	0,887	2,992
1062	1999,677	0,014	1,417656	42,32	477900	10	0,887	1,496
1063	1999,677	0,028	2,835477	42,32	477900	20	0,887	2,992
1064	1999,677	0,028	2,835608	42,31	477900	20	0,887	2,992
1065	1999,677	0,028	2,835536	42,31	477900	20	0,887	2,992
1066	1999,677	0,028	2,835283	42,31	477900	20	0,887	2,992
1067	1999,677	0,016	1,559265	42,32	477900	11	0,887	1,645
1068	1999,677	0,028	2,834658	42,32	477900	20	0,887	2,992
1069	1999,677	0,027	2,692304	42,33	477900	19	0,887	2,842
1070	1999,677	0,028	2,833154	42,34	477900	20	0,887	2,992
1071	1999,677	0,028	2,832242	42,36	477800	20	0,887	2,991
1072	1999,677	0,028	2,83136	42,37	477800	20	0,887	2,991
1073	1999,677	0,028	2,830551	42,38	477800	20	0,887	2,991
1074	1999,677	0,028	2,829851	42,39	477800	20	0,887	2,991
1075	1999,677	0,028	2,829279	42,40	477800	20	0,887	2,991
1076	1999,677	0,028	2,828776	42,41	477800	20	0,887	2,991
1077	1999,677	0,008	0,848546	42,42	477700	6	0,887	0,897
1078	1999,677	0,028	2,828273	42,42	477700	20	0,887	2,990
1079	1999,677	0,028	2,828036	42,42	477700	20	0,888	2,990
1080	1999,677	0,024	2,403751	42,43	477700	17	0,888	2,542
1081	1999,677	0,028	2,827941	42,43	477700	20	0,888	2,990
1082	1999,677	0,028	2,828096	42,43	477700	20	0,888	2,990
1083	1999,677	0,028	2,828388	42,42	477700	20	0,887	2,990
1084	1999,677	0,028	2,828818	42,42	477700	20	0,887	2,990
1085	1999,677	0,028	2,829394	42,41	477800	20	0,887	2,991
1086	1999,677	0,028	2,830063	42,40	477800	20	0,887	2,991
1087	1999,677	0,028	2,830893	42,39	477800	20	0,887	2,991
1088	1999,677	0,028	2,831886	42,38	477800	20	0,887	2,991
1089	1999,677	0,028	2,833029	42,36	477800	20	0,887	2,991
1090	1999,677	0,024	2,409097	42,34	477900	17	0,887	2,543

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
1091	1999,677	0,028	2,835574	42,32	477900	20	0,887	2,992
1092	1999,677	0,028	2,837119	42,30	477900	20	0,887	2,992
1093	1999,677	0,028	2,838739	42,28	478000	20	0,887	2,993
1094	1999,677	0,028	2,840436	42,25	478000	20	0,887	2,993
1095	1999,677	0,028	2,842193	42,23	478000	20	0,887	2,993
1096	1999,677	0,028	2,844027	42,20	478100	20	0,887	2,993
1097	1999,677	0,028	2,845952	42,17	478100	20	0,887	2,993
1098	1999,677	0,028	2,847904	42,14	478100	20	0,887	2,994
1099	1999,677	0,029	2,849932	42,12	478200	20	0,887	2,994
1100	1999,677	0,029	2,852076	42,08	478200	20	0,887	2,994
1101	1999,677	0,029	2,854281	42,05	478300	20	0,887	2,995
1102	1999,677	0,029	2,856611	42,02	478300	20	0,887	2,995
1103	1999,677	0,029	2,859078	41,98	478400	20	0,887	2,996
1104	1999,677	0,029	2,861691	41,95	478400	20	0,887	2,996
1105	1999,677	0,029	2,864401	41,91	478500	20	0,887	2,997
1106	1999,677	0,029	2,867255	41,87	478600	20	0,887	2,997
1107	1999,677	0,029	2,870284	41,82	478600	20	0,887	2,997
1108	1999,677	0,029	2,873428	41,78	478700	20	0,887	2,998
1109	1999,677	0,029	2,876718	41,73	478800	20	0,887	2,999
1110	1999,677	0,029	2,880156	41,68	478800	20	0,887	2,999
1111	1999,677	0,029	2,883784	41,63	478900	20	0,887	3,000
1112	1999,677	0,029	2,887441	41,58	479000	20	0,887	3,001
1113	1999,677	0,029	2,891104	41,53	479100	20	0,887	3,001
1114	1999,677	0,029	2,894798	41,47	479100	20	0,887	3,002
1115	1999,677	0,029	2,898423	41,42	479200	20	0,887	3,002
1116	1999,677	0,029	2,901984	41,37	479300	20	0,887	3,003
1117	1999,677	0,029	2,905455	41,32	479400	20	0,887	3,004
1118	1999,677	0,015	1,454007	41,27	479400	10	0,887	1,502
1119	1999,677	0,029	2,91054	41,25	479500	20	0,887	3,005
1120	1999,677	0,029	2,913839	41,20	479500	20	0,887	3,005
1121	1999,677	0,029	2,917043	41,15	479600	20	0,887	3,006
1122	1999,677	0,029	2,920194	41,11	479700	20	0,886	3,006
1123	1999,677	0,029	2,923257	41,06	479700	20	0,886	3,006
1124	1999,677	0,029	2,926211	41,02	479800	20	0,886	3,007
1125	1999,677	0,029	2,92905	40,98	479900	20	0,886	3,008
1126	1999,677	0,015	1,465542	40,94	479900	10	0,886	1,504
1127	1999,677	0,029	2,932981	40,92	479900	20	0,886	3,008
1128	1999,677	0,029	2,935533	40,89	480000	20	0,886	3,009
1129	1999,677	0,029	2,938069	40,85	480000	20	0,886	3,009
1130	1999,677	0,029	2,940527	40,82	480100	20	0,886	3,010
1131	1999,677	0,029	2,94292	40,79	480100	20	0,886	3,010
1132	1999,677	0,029	2,945222	40,75	480200	20	0,886	3,010

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
1133	1999,677	0,029	2,947446	40,72	480200	20	0,886	3,011
1134	1999,677	0,030	2,949583	40,69	480300	20	0,886	3,011
1135	1999,677	0,030	2,951667	40,66	480300	20	0,886	3,011
1136	1999,677	0,030	2,953661	40,63	480400	20	0,886	3,012
1137	1999,677	0,030	2,955562	40,61	480400	20	0,886	3,012
1138	1999,677	0,030	2,95749	40,58	480400	20	0,886	3,012
1139	1999,677	0,030	2,959431	40,55	480500	20	0,886	3,013
1140	1999,677	0,030	2,961367	40,53	480500	20	0,886	3,013
1141	1999,677	0,030	2,963342	40,50	480600	20	0,886	3,014
1142	1999,677	0,030	2,965397	40,47	480600	20	0,886	3,014
1143	1999,677	0,030	2,967495	40,45	480600	20	0,886	3,014
1144	1999,677	0,016	1,63305	40,42	480700	11	0,886	1,658
1145	1999,677	0,030	2,971014	40,40	480700	20	0,886	3,015
1146	1999,677	0,030	2,973504	40,37	480800	20	0,886	3,015
1147	1999,677	0,030	2,976134	40,33	480800	20	0,886	3,015
1148	1999,677	0,013	1,340155	40,30	480900	9	0,886	1,357
1149	1999,677	0,030	2,98027	40,28	480900	20	0,886	3,016
1150	1999,677	0,030	2,983135	40,24	480900	20	0,886	3,016
1151	1999,677	0,030	2,985922	40,20	481000	20	0,886	3,017
1152	1999,677	0,030	2,988729	40,16	481100	20	0,886	3,018
1153	1999,677	0,030	2,991476	40,13	481100	20	0,886	3,018
1154	1999,677	0,030	2,994102	40,09	481200	20	0,886	3,019
1155	1999,677	0,030	2,996626	40,06	481200	20	0,886	3,019
1156	1999,677	0,030	2,999026	40,02	481300	20	0,886	3,019
1157	1999,677	0,030	3,001347	39,99	481300	20	0,886	3,019
1158	1999,677	0,030	3,003589	39,96	481400	20	0,886	3,020
1159	1999,677	0,030	3,005709	39,93	481400	20	0,885	3,020
1160	1999,677	0,030	3,007708	39,90	481400	20	0,885	3,020
1161	1999,677	0,030	3,009542	39,88	481500	20	0,885	3,021
1162	1999,677	0,009	0,903201	39,86	481500	6	0,885	0,906
1163	1999,677	0,030	3,011171	39,85	481500	20	0,885	3,021
1164	1999,677	0,011	1,054471	39,83	481500	7	0,885	1,057
1165	1999,677	0,030	3,013787	39,82	481600	20	0,885	3,022
1166	1999,677	0,030	3,015278	39,80	481600	20	0,885	3,022
1167	1999,677	0,030	3,016778	39,78	481600	20	0,885	3,022
1168	1999,677	0,030	3,018239	39,76	481600	20	0,885	3,022
1169	1999,677	0,030	3,019707	39,74	481700	20	0,885	3,023
1170	1999,677	0,030	3,021181	39,72	481700	20	0,885	3,023
1171	1999,677	0,030	3,022662	39,70	481700	20	0,885	3,023
1172	1999,677	0,030	3,024193	39,68	481800	20	0,885	3,024
1173	1999,677	0,030	3,025736	39,66	481800	20	0,885	3,024
1174	1999,677	0,030	3,02729	39,64	481800	20	0,885	3,024

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					95

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
1175	1999,677	0,030	3,028819	39,62	481900	20	0,885	3,024
1176	1999,677	0,030	3,030369	39,60	481900	20	0,885	3,024
1177	1999,677	0,030	3,031941	39,58	481900	20	0,885	3,024
1178	1999,677	0,030	3,033534	39,56	481900	20	0,885	3,025
1179	1999,677	0,030	3,035192	39,54	482000	20	0,885	3,025
1180	1999,677	0,030	3,036871	39,52	482000	20	0,885	3,025
1181	1999,677	0,030	3,038526	39,50	482000	20	0,885	3,025
1182	1999,677	0,030	3,040032	39,48	482100	20	0,885	3,026
1183	1999,677	0,030	3,041436	39,46	482100	20	0,885	3,026
1184	1999,677	0,030	3,042738	39,44	482100	20	0,885	3,026
1185	1999,677	0,030	3,043938	39,42	482100	20	0,885	3,026
1186	1999,677	0,011	1,065661	39,41	482200	7	0,885	1,059
1187	1999,677	0,030	3,045487	39,40	482200	20	0,885	3,027
1188	1999,677	0,027	2,741276	39,39	482200	18	0,885	2,724
1189	1999,677	0,030	3,045401	39,39	482200	20	0,885	3,027
1190	1999,677	0,030	3,044311	39,40	482200	20	0,885	3,027
1191	1999,677	0,030	3,042361	39,42	482100	20	0,885	3,026
1192	1999,677	0,006	0,608172	39,45	482100	4	0,885	0,605
1193	1999,677	0,030	3,038781	39,46	482100	20	0,885	3,026
1194	1999,677	0,030	3,034932	39,51	482000	20	0,885	3,025
1195	1999,677	0,030	3,030133	39,56	481900	20	0,885	3,025
1196	1999,677	0,030	3,024397	39,63	481800	20	0,885	3,024
1197	1999,677	0,030	3,017749	39,71	481700	20	0,885	3,023
1198	1999,677	0,030	3,010295	39,81	481600	20	0,885	3,022
1199	1999,677	0,030	3,002212	39,91	481400	20	0,885	3,020
1200	1999,677	0,030	2,993279	40,02	481300	20	0,886	3,019
1201	1999,677	0,030	2,983512	40,15	481100	20	0,886	3,018
1202	1999,677	0,030	2,972934	40,28	480900	20	0,886	3,016
1203	1999,677	0,012	1,186045	40,43	480700	8	0,886	1,206
1204	1999,677	0,030	2,956856	40,50	480600	20	0,886	3,014
1205	1999,677	0,029	2,945288	40,66	480300	20	0,886	3,011
1206	1999,677	0,029	2,933666	40,81	480100	20	0,886	3,010
1207	1999,677	0,029	2,921876	40,98	479900	20	0,886	3,008
1208	1999,677	0,029	2,910302	41,14	479600	20	0,887	3,006
1209	1999,677	0,029	2,898723	41,31	479400	20	0,887	3,004
1210	1999,677	0,029	2,887141	41,47	479100	20	0,887	3,002
1211	1999,677	0,029	2,875554	41,64	478900	20	0,887	3,000
1212	1999,677	0,029	2,863973	41,81	478600	20	0,887	2,998
1213	1999,677	0,029	2,852252	41,98	478400	20	0,887	2,996
1214	1999,677	0,028	2,840542	42,15	478100	20	0,887	2,993
1215	1999,677	0,028	2,829047	42,32	477900	20	0,887	2,992
1216	1999,677	0,024	2,39566	42,50	477600	17	0,888	2,541

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1217	1999,677	0,028	2,807803	42,64	477400	20	0,888	2,988
1218	1999,677	0,028	2,796373	42,82	477200	20	0,888	2,986
1219	1999,677	0,018	1,811518	42,99	476900	13	0,888	1,940
1220	1999,677	0,006	0,556416	43,11	476700	4	0,888	0,596
1221	1999,677	0,028	2,775214	43,14	476700	20	0,888	2,982
1222	1999,677	0,028	2,763872	43,32	476400	20	0,888	2,980
1223	1999,677	0,024	2,354774	43,50	476200	17	0,888	2,532
1224	0	0,028	0	43,12	0	20	0,000	0,000
1225	0	0,029	0	41,60	0	20	0,000	0,000
1226	202,4528	0,005	0,045558	40,00	115400	3	0,868	0,111
1227	404,9272	0,030	0,608142	39,99	115500	20	0,868	0,739
1228	405,0921	0,030	0,609535	39,91	116100	20	0,868	0,743
1229	405,3754	0,030	0,611122	39,84	116700	20	0,868	0,747
1230	405,6611	0,030	0,612691	39,76	117400	20	0,868	0,751
1231	405,9402	0,030	0,614266	39,69	117900	20	0,868	0,754
1232	406,2217	0,030	0,615909	39,61	118600	20	0,869	0,759
1233	406,5175	0,030	0,617589	39,53	119200	20	0,869	0,762
1234	406,8153	0,030	0,619288	39,45	119900	20	0,869	0,767
1235	407,1151	0,031	0,62098	39,37	120600	20	0,869	0,771
1236	407,4111	0,031	0,622683	39,30	121200	20	0,869	0,775
1237	407,7095	0,031	0,624368	39,22	121900	20	0,869	0,779
1238	408,0011	0,031	0,62606	39,14	122500	20	0,869	0,783
1239	408,2951	0,025	0,502154	39,06	123200	16	0,869	0,630
1240	408,5728	0,031	0,629253	39,00	123800	20	0,869	0,792
1241	408,8381	0,031	0,630976	38,92	124500	20	0,869	0,796
1242	409,1443	0,031	0,632861	38,83	125200	20	0,869	0,800
1243	409,4719	0,031	0,634928	38,75	126000	20	0,869	0,805
1244	409,8315	0,031	0,637259	38,64	126900	20	0,869	0,811
1245	410,238	0,031	0,639858	38,53	128000	20	0,869	0,818
1246	410,6855	0,031	0,642746	38,41	129100	20	0,869	0,825
1247	411,1802	0,031	0,645898	38,27	130400	20	0,869	0,833
1248	411,7127	0,032	0,649344	38,12	131800	20	0,869	0,842
1249	412,292	0,011	0,228251	37,96	133400	7	0,869	0,298
1250	412,7075	0,021	0,425299	37,90	134000	13	0,870	0,557
1251	413,0363	0,032	0,657441	37,79	135100	20	0,870	0,863
1252	413,6042	0,032	0,66165	37,60	137100	20	0,870	0,876
1253	414,3147	0,032	0,666303	37,41	139100	20	0,870	0,889
1254	415,0615	0,032	0,671272	37,21	141300	20	0,870	0,902
1255	415,8518	0,033	0,676526	36,99	143800	20	0,870	0,918
1256	416,6746	0,033	0,682104	36,77	146400	20	0,870	0,935
1257	417,5396	0,033	0,688019	36,53	149300	20	0,870	0,953
1258	418,4441	0,033	0,694294	36,29	152400	20	0,870	0,973

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
1259	419,391	0,003	0,069867	36,03	155800	2	0,870	0,099
1260	419,9396	0,033	0,70244	36,00	156300	20	0,870	0,998
1261	1209,838	0,030	1,82811	35,74	487700	18	0,881	2,766
1262	1999,677	0,034	3,357988	35,73	487700	20	0,881	3,074
1263	1999,677	0,034	3,358721	35,73	487700	20	0,881	3,074
1264	1999,677	0,034	3,359598	35,72	487700	20	0,881	3,074
1265	1999,677	0,034	3,36065	35,71	487700	20	0,881	3,074
1266	1999,677	0,034	3,361802	35,70	487700	20	0,881	3,074
1267	1999,677	0,034	3,363058	35,68	487700	20	0,881	3,074
1268	1999,677	0,034	3,364313	35,67	487800	20	0,881	3,075
1269	1999,677	0,034	3,365671	35,66	487800	20	0,881	3,075
1270	1999,677	0,034	3,367135	35,64	487800	20	0,881	3,075
1271	1999,677	0,034	3,368847	35,62	487800	20	0,881	3,075
1272	1999,677	0,034	3,370593	35,60	487900	20	0,881	3,076
1273	1999,677	0,034	3,371361	35,59	487900	20	0,881	3,076
1274	1999,677	0,034	3,371163	35,59	487900	20	0,881	3,076
1275	1999,677	0,034	3,370191	35,59	487900	20	0,881	3,076
1276	1999,677	0,034	3,367857	35,61	487800	20	0,881	3,075
1277	1999,677	0,034	3,36402	35,64	487800	20	0,881	3,075
1278	1999,677	0,034	3,35884	35,69	487700	20	0,881	3,074
1279	1999,677	0,034	3,352135	35,75	487600	20	0,881	3,073
1280	1999,677	0,033	3,344003	35,83	487500	20	0,882	3,072
1281	1999,677	0,023	2,33538	35,93	487400	14	0,882	2,150
1282	1209,838	0,033	2,020485	36,00	156300	20	0,870	0,998
1283	1209,838	0,033	2,020835	35,85	487500	20	0,882	3,072
1284	1999,677	0,003	0,333337	35,99	487300	2	0,882	0,307
1285	1209,838	0,028	1,716242	36,00	156300	17	0,870	0,848
1286	1209,838	0,010	0,606127	35,90	487400	6	0,882	0,921
1287	1999,677	0,010	1,000488	35,95	487300	6	0,882	0,921
1288	1209,838	0,025	1,513756	36,00	156300	15	0,870	0,748
1289	1209,838	0,012	0,706419	35,93	487400	7	0,882	1,075
1290	1209,838	0,025	1,513463	36,00	156300	15	0,870	0,748
1291	1209,838	0,010	0,605385	35,94	487300	6	0,882	0,921
1292	1209,838	0,033	2,017901	36,00	156300	20	0,870	0,998
1293	1209,838	0,008	0,504475	35,95	487300	5	0,882	0,768
1294	1209,838	0,033	2,017556	36,00	156300	20	0,870	0,998
1295	1209,838	0,007	0,403511	35,96	487300	4	0,882	0,614
1296	1209,838	0,033	2,017073	36,00	156300	20	0,870	0,998
1297	1209,838	0,003	0,201707	35,98	487300	2	0,882	0,307
1298	1209,838	0,033	2,016496	36,00	156300	20	0,870	0,998
1299	420	0,033	0,699943	36,00	156300	20	0,870	0,998
1300	419,9888	0,033	0,699685	36,01	156200	20	0,870	0,997

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
1301	419,9425	0,033	0,699062	36,02	155900	20	0,870	0,995
1302	419,8364	0,033	0,698017	36,06	155400	20	0,870	0,992
1303	419,6671	0,033	0,696552	36,11	154700	20	0,870	0,988
1304	419,4358	0,033	0,694709	36,18	153800	20	0,870	0,982
1305	419,1492	0,002	0,03467	36,27	152700	1	0,870	0,049
1306	418,9858	0,033	0,692113	36,27	152600	20	0,870	0,974
1307	418,7838	0,033	0,690021	36,37	151300	20	0,870	0,966
1308	418,4345	0,033	0,687684	36,46	150200	20	0,870	0,959
1309	418,0824	0,033	0,685262	36,56	148900	20	0,870	0,951
1310	417,7119	0,033	0,682906	36,65	147800	20	0,870	0,944
1311	417,3582	0,033	0,680608	36,75	146700	20	0,870	0,937
1312	417,0082	0,033	0,678352	36,84	145600	20	0,870	0,930
1313	416,6633	0,032	0,676149	36,93	144500	20	0,870	0,923
1314	416,3253	0,032	0,674026	37,02	143500	20	0,870	0,916
1315	415,9993	0,032	0,671869	37,10	142500	20	0,870	0,910
1316	415,6603	0,032	0,669733	37,20	141400	20	0,870	0,903
1317	415,3277	0,032	0,667714	37,28	140500	20	0,870	0,897
1318	415,0156	0,032	0,665766	37,36	139600	20	0,870	0,892
1319	414,7097	0,032	0,663865	37,44	138800	20	0,870	0,887
1320	414,4098	0,032	0,661993	37,52	137900	20	0,870	0,881
1321	414,1124	0,032	0,660169	37,60	137100	20	0,870	0,876
1322	413,8228	0,032	0,658339	37,67	136300	20	0,870	0,871
1323	413,5277	0,032	0,656589	37,76	135500	20	0,870	0,866
1324	413,2502	0,032	0,655018	37,82	134800	20	0,870	0,861
1325	413,0039	0,032	0,653578	37,89	134200	20	0,870	0,857
1326	412,7746	0,032	0,652245	37,94	133600	20	0,869	0,854
1327	412,5619	0,032	0,651017	38,00	133000	20	0,869	0,850
1328	412,3654	0,032	0,649895	38,05	132600	20	0,869	0,847
1329	412,1862	0,031	0,648788	38,09	132100	20	0,869	0,844
1330	412,0037	0,031	0,647749	38,14	131600	20	0,869	0,841
1331	411,8367	0,031	0,646867	38,18	131200	20	0,869	0,838
1332	411,6988	0,020	0,420077	38,22	130900	13	0,869	0,544
1333	411,6146	0,043	0,882385	38,23	130800	27	0,869	1,128
1334	0	0,033	0	37,34	0	20	0,000	0,000
1335	0	0,017	0	35,52	0	10	0,000	0,000
1336	0	0,036	0	34,55	0	20	0,000	0,000
1337	0	0,038	0	32,52	0	20	0,000	0,000
1338	0	0,041	0	30,28	0	20	0,000	0,000
1339	0	0,045	0	27,81	0	20	0,000	0,000
1340	177	0,048	0,426354	25,00	67400	20	0,831	0,450
1341	354,5466	0,049	0,860599	24,82	67980	20	0,831	0,454
1342	355,6885	0,049	0,870115	24,62	68670	20	0,831	0,459

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	99

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
1343	356,838	0,049	0,879865	24,43	69360	20	0,831	0,464
1344	357,9984	0,050	0,889862	24,23	70180	20	0,831	0,469
1345	359,1692	0,050	0,900114	24,04	70990	20	0,831	0,475
1346	360,3275	0,051	0,910544	23,84	71940	20	0,831	0,481
1347	361,4648	0,051	0,920732	23,65	72880	20	0,831	0,487
1348	362,5425	0,051	0,931156	23,46	73870	20	0,831	0,494
1349	363,6526	0,026	0,469957	23,26	75000	10	0,831	0,251
1350	364,4915	0,052	0,94775	23,17	75540	20	0,831	0,505
1351	365,2848	0,052	0,95749	22,98	76670	20	0,831	0,513
1352	366,342	0,053	0,968383	22,80	77860	20	0,831	0,520
1353	367,4391	0,029	0,537735	22,60	79230	11	0,831	0,291
1354	368,2903	0,054	0,986169	22,50	79930	20	0,831	0,534
1355	1184,124	0,021	1,26829	22,31	509400	8	0,858	1,319
1356	1184,124	0,054	3,171157	22,50	79930	20	0,831	0,534
1357	1184,124	0,024	1,427021	22,31	509400	9	0,858	1,484
1358	1184,124	0,054	3,171513	22,50	79930	20	0,831	0,534
1359	1184,124	0,024	1,427181	22,30	509400	9	0,858	1,484
1360	1184,124	0,054	3,171947	22,50	79930	20	0,831	0,534
1361	1184,124	0,024	1,427376	22,30	509400	9	0,858	1,484
1362	1184,124	0,037	2,216356	22,50	79930	14	0,831	0,374
1363	1184,124	0,013	0,791556	22,38	509200	5	0,858	0,824
1364	1184,124	0,054	3,168913	22,50	79930	20	0,831	0,534
1365	1184,124	0,016	0,950674	22,34	509300	6	0,858	0,989
1366	1184,124	0,053	3,166282	22,50	79930	20	0,831	0,534
1367	1184,124	0,013	0,79157	22,38	509200	5	0,858	0,824
1368	1184,124	0,040	2,371712	22,50	79930	15	0,831	0,401
1369	1184,124	0,005	0,316228	22,43	509100	2	0,859	0,329
1370	1184,124	0,053	3,162605	22,50	79930	20	0,831	0,534
1371	1184,124	0,005	0,316261	22,43	509100	2	0,859	0,329
1372	1184,124	0,053	3,160392	22,50	79930	20	0,831	0,534
1373	1184,124	0,003	0,15802	22,46	509100	1	0,859	0,165
1374	1184,124	0,053	3,158854	22,50	79930	20	0,831	0,534
1375	1184,124	0,003	0,157943	22,48	509100	1	0,859	0,165
1376	1184,124	0,053	3,156694	22,50	79930	20	0,831	0,534
1377	368,5319	0,053	0,981373	22,51	79830	20	0,831	0,534
1378	368,3908	0,053	0,979098	22,55	79570	20	0,831	0,532
1379	368,1411	0,053	0,975472	22,60	79210	20	0,831	0,529
1380	367,7493	0,053	0,970472	22,69	78620	20	0,831	0,526
1381	367,2211	0,053	0,964308	22,79	77940	20	0,831	0,521
1382	366,5783	0,052	0,957058	22,91	77120	20	0,831	0,516
1383	365,8196	0,052	0,948799	23,05	76240	20	0,831	0,510
1384	364,9506	0,008	0,141399	23,22	75260	3	0,831	0,075

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					100

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{А}$	$\Delta t_i, \text{хв}$	$A1, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{Н}$	$\Delta s, \text{м}$	η	$A2, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1385	364,4061	0,051	0,937169	23,24	75100	20	0,831	0,502
1386	363,8273	0,051	0,928088	23,42	74100	20	0,831	0,495
1387	362,7366	0,051	0,917069	23,62	73010	20	0,831	0,488
1388	361,5294	0,050	0,905269	23,84	71930	20	0,831	0,481
1389	430,4551	0,049	1,053673	24,08	506300	20	0,863	3,260
1390	497,485	0,002	0,059769	24,94	483300	1	0,865	0,155
1391	297,485	0,048	0,714216	25,00	2987	20	-0,007	0,700
1392	0	0,048	0	24,98	0	20	0,000	0,000
1393	0	0,048	0	24,90	0	20	0,000	0,000
1394	0	0,048	0	24,84	0	20	0,000	0,000
1395	0	0,046	0	24,81	0	19	0,000	0,000
1396	0	0,046	0	24,80	0	18	0,000	0,000
1397	0	0,053	0	22,50	0	20	0,000	0,000
1398	0	0,045	0	22,54	0	17	0,000	0,000
1399	0	0,053	0	22,59	0	20	0,000	0,000
1400	0	0,053	0	22,66	0	20	0,000	0,000
1401	0	0,053	0	22,72	0	20	0,000	0,000
1402	0	0,053	0	22,79	0	20	0,000	0,000
1403	0	0,052	0	22,86	0	20	0,000	0,000
1404	0	0,052	0	22,93	0	20	0,000	0,000
1405	0	0,052	0	23,00	0	20	0,000	0,000
1406	0	0,013	0	23,08	0	5	0,000	0,000
1407	0	0,018	0	23,10	0	7	0,000	0,000
1408	0	0,052	0	23,13	0	20	0,000	0,000
1409	0	0,052	0	23,21	0	20	0,000	0,000
1410	0	0,052	0	23,27	0	20	0,000	0,000
1411	0	0,051	0	23,32	0	20	0,000	0,000
1412	0	0,051	0	23,37	0	20	0,000	0,000
1413	0	0,051	0	23,41	0	20	0,000	0,000
1414	0	0,051	0	23,44	0	20	0,000	0,000
1415	0	0,051	0	23,46	0	20	0,000	0,000
1416	0	0,051	0	23,48	0	20	0,000	0,000
1417	0	0,051	0	23,49	0	20	0,000	0,000
1418	181,4542	0,051	0,459441	23,49	73710	20	0,831	0,493
1419	361,733	0,050	0,900796	23,90	71640	20	0,831	0,479
1420	430,2787	0,037	0,785722	24,29	505900	15	0,863	2,442
1421	0	0,048	0	25,00	0	20	0,000	0,000
1422	0	0,043	0	24,97	0	18	0,000	0,000
1423	0	0,048	0	24,94	0	20	0,000	0,000
1424	0	0,048	0	24,90	0	20	0,000	0,000
1425	0	0,083	0	24,86	0	33	0,000	0,000
1426	0	0,057	0	22,61	0	20	0,000	0,000

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					101

Продовження таблиці Б.1

Визначення витрат електроенергії за кривими струму				Визначення витрат електроенергії на основі тягово-енергетичних характеристик				
Номер ділянки	$I_{\text{Есері}}, \text{ А}$	$\Delta t_i, \text{ хв}$	$A1, \text{ кВт} \cdot \text{год}$	$v_{\text{ср}}, \text{ км/год}$	$F_{\text{к}}, \text{ Н}$	$\Delta s, \text{ м}$	η	$A2, \text{ кВт} \cdot \text{год}$
1427	0	0,070	0	19,36	0	20	0,000	0,000
1428	0	0,060	0	15,07	0	20	0,000	0,000
Загальні витрати електроенергії електропоїзда А, кВт·год			2685,44	Загальні витрати електроенергії моторного вагона А, кВт·год				2562,77

						Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		