

УДК 656.22.05

Г. Я. МОЗОЛЕВИЧ, А. В. ТРОЯН

^{1*} Каф. «Станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 12, ел. пошта diit_rmiv@ukr.net, ORCID0000-0002-4715-1645

^{2*} ДП «Придніпровська залізниця», просп. Карла Маркса 108, м. Дніпропетровськ, Україна, 49602, тел. +38(056)793-27-63, ел. пошта trojan_andrey@ Rambler.ru, ORCID 0000-0002-5133-5201

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ ПОЇЗДОПОТОКОМ ЯК ЗАСІБ УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ

Мета. Визначення основних заходів, щодо енергоефективного керування поїздопотоком на залізничному напрямку Львівської залізниці Хриплин - Ходорів та аналіз впливу таких параметрів, як кількість поїздів на дільниці і довжина вантажного поїзда, на загальні витрати електроенергії від пропуску змінного поїздопотоку по даній дільниці. **Методика.** Для досягнення поставленої мети була проведена модернізація залізничного напрямку тепловозної тяги Хриплин – Ходорів, шляхом електрифікації, проведена економічна оцінка проекту та розроблені імітаційні моделі залізничної дільниці, за допомогою яких, проведено моделювання пропуску вантажних поїздів зі змінними параметрами поїздопотоку. На основі отриманих результатів визначені залежності основних параметрів поїздопотоку та їх вплив на загальні витрати електроенергії від пропуску змінного поїздопотоку. **Результати.** На основі проведених досліджень, для визначення раціональних параметрів поїздопотоків, розроблені функції витрат електроенергії по дільниці. За їхньою допомогою визначений вплив параметрів поїздопотоку на витрати електроенергії, затрачені на пропуск поїздів по дільниці. Визначено що оптимальним є пропуск вантажних поїздів довжиною 54-56 умовних вагона, а завантаження дільниці повинно складати 75-85 % від наявної пропускної спроможності (25 пар поїздів на добу). Загальна кошторисна вартість електрифікації напрямку – 469 750 тис. грн.; окупність проекту – 5,6 років; очікувана економічна ефективність – 163,45 млн. грн/рік; підвищення пропускної спроможності лінії – 25 %. З огляду на отримані результати пріоритетним розвитком залізничного транспорту під час можливого підвищення розмірів руху є електрифікація дільниць з тепловозною тягою, у зв'язку зі значною вартістю дизельного палива. **Наукова новизна.** Удосконалена технологія визначення загальних витрат енергоресурсів на основі змінних параметрів поїздопотоків. Покращена система заходів щодо удосконалення процесу вантажних перевезень шляхом енергоефективного керування поїздопотоком. Розроблені імітаційні моделі окремої дільниці реального залізничного напрямку Львівської залізниці. **Практична значимість.** Використання розроблених заходів, щодо енергоефективного керування поїздопотоком дозволить знизити загальні витрати енергоресурсів на пропуск поїздопотоків, що, в свою чергу, призведе до зниження собівартості перевезень залізницею та сприятиме втіленню державної програми енергонезалежності на залізничному транспорті України.

Ключові слова: електрифікація, поїздопотік, дільниця, імітаційна модель, енергоефективність, параметри поїздопотоку.

Вступ

На залізницях України відбувається процес реформування, метою якого є, з одного боку, підвищення їх конкурентоспроможності на ринку перевезень, а з іншого – забезпечення сталого розвитку залізничного транспорту в умовах забезпечення безпечних, надійних, високоякісних транспортних послуг за прийнятною ціною.

Одним із пріоритетних напрямків розвитку залізниць є використання сучасних методів організації оперативного розподілу поїздопотоків, які враховують, в першу чергу, економічну ефективність від перевезення вантажів за рахунок зниження собівартості перевезень і підви-

щення ефективності використання рухомого складу та залізничної інфраструктури [1].

В умовах постійного підвищення цін на паливно-енергетичні ресурси (ПЕР), технології та методи збереження електроенергії, пального стали найактуальнішими питаннями в господарській діяльності кожного залізничного підприємства [2].

Україна обрала шлях енергонезалежності, тому заходи, щодо енергозбереження та енергоефективного керування у всіх галузях економічної діяльності є пріоритетними і підтримуються на державному рівні. На залізничному транспорті також проводиться політика скорочення енерговитрат на перевезення вантажів і пасажирів. Розвиток і удосконалення методів

управління рухом поїздів, пов'язаних із необхідністю використання критеріїв мінімуму вартості спожитої електроенергії дозволятимуть зменшувати загальні експлуатаційні витрати на перевезення.

Працівники господарства перевезень як організатори руху поїздів на дільницях усвідомлюють, що від їх злагодженої роботи, чіткого дотримання графіка руху поїздів значною мірою залежать обсяги витрат паливно-енергетичних ресурсів. У цьому разі, працівники різних структурних підрозділів залізниці працюють, злагоджено, чітко фіксуючи витрати ПЕР [3].

Тому при розробці заходів, метою яких є економія витрат ПЕР, віддано перевагу зменшенню випадків неграфікових зупинок поїздів. Це стало одним з основних завдань для фахівців з відділів перевезень залізничних дирекцій.

Основна частина

Мета роботи – удосконалення процесу вантажних перевезень шляхом енергоефективного керування потоком поїздів та визначення раціональних параметрів поїздопотоків на залізничному напрямку, які дозволять прискорити пропуск потоку поїздів та збільшити загальний прибуток залізниці від вантажних перевезень.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси на залізничному напрямку; предметом дослідження – вантажні поїздопотоки.

Найкращим способом підвищення енергоефективності перевезень є електрифікація залізниць. Це постійна і планомірна робота, що має на меті забезпечення максимальної економії дизельного палива та інших ПЕР зменшення собівартості перевезень, поліпшення екологічного стану за рахунок зменшення шкідливих викидів в атмосферу [4].

Ефективність виду тяги оцінюють передусім за витратами умовного палива, кількість якого для порівняння вимірюється в умовних кілограмах (7000 ккал), витрачених на роботу 10 ткм брутто. Наприклад, якщо в однакових експлуатаційних умовах на виконання роботи обсягом W ткм брутто тепловоз витрачає 53,5 кг, а електровоз – 40 кг умовного палива, то, звичайно, найбільш ефективною в цих умовах є електрична тяга.

Коефіцієнт корисної дії електровозів складає 84-91 %, тепловозів – 29-31 %. Тягові двигуни електровозів на підйомах працюють ефек-

тивніше, ніж в інших локомотивів, дозволяють навіть перевищувати номінальні навантаження в допустимих межах перегрівання обмоток — і це визначає значну перевагу електротяги. Крім того, експлуатаційні витрати на технічне обслуговування і ремонти електровозів менші, ніж в автономних локомотивів, електровози мають, звичайно, більший термін служби [5].

Висока ефективність електровозів найкраще реалізується на швидкісних та вантажонапружених лініях, на лініях з важким профілем колії, де є можливість рекуперативного гальмування [6]. При рекуперативному гальмуванні на спусках тягові електродвигуни починають працювати як генератори і віддавати електроенергію в контактну мережу, цю енергію можуть використати інші електровози, які рухаються на підйом. Таким чином, електрична тяга в експлуатації також є більш економічною, ніж тепловозна.

Разом з тим електрифікація потребує великих капіталовкладень на тягові підстанції, контактну мережу та значні експлуатаційні витрати на їх утримання. Проте на залізницях із значною інтенсивністю руху поїздів ці витрати швидко окупаються, на малодіяльних лініях — навпаки, електрифікація може бути малоефективною.

Для проведення досліджень у сфері енергоефективного керування поїздопотоків була обрана залізнична дільниця Львівської залізниці Ходорів – Хриплин, яка є складовою частиною залізничних напрямків, що об'єднують обласні центри Львівської і Тернопільської області з Івано-Франківською та орієнтована, в першу чергу, на місцеву роботу (90 % від загальних розмірів поїздопотоків). Дана дільниця обрана у зв'язку зі сталим збільшенням розмірів руху, на протязі останніх років та потребує подальшої модернізації для підвищення пропускнуої спроможності напрямку.

Напрямок Ходорів – Хриплин Львівської залізниці – одноколейна дільниця, з використанням тепловозної тяги. Має протяжність 81 км та складається з 11 станцій (рис. 1).

Для оцінки енергоефективного управління потоками поїздів з використанням електровозної тяги виконано проект електрифікації дільниці.

Для вирішення поставленої задачі необхідно визначити фактори, що впливають на функцію енерговитрат дільниці Хриплин – Ходорів.



Рис. 1. Схема залізничного напрямку Ходорів – Хриплин

Для цього були розроблені імітаційні моделі дільниці на основі діючого графіка руху поїздів та з урахуванням основних його характеристик: довжина дільниці, кількість головних колій, технічна швидкість вантажних поїздів, керівний ухил, вагові норми, кількість технічних станцій та умовна довжина приймально-відправних колій цих станцій і т.п. Також під час розробки імітаційних моделей був задіяний параметр резерву часу для дотримання вантажними поїздами жорсткої нитки графіку руху, згідно з [7]. Завдання вибору оптимальних па-

раметрів резервів часу, що закладаються в графік руху, вирішуються на підставі методів статистичного аналізу роботи мережі [7]. Дослідження проводилось з використанням розробленої моделі [8]. Інформаційна складова моделі пропуску поїздопотоку для дільниці має вигляд графіка руху поїздів (рис. 2). Розроблені моделі, на відміну від існуючих, надають можливість системно проаналізувати організацію руху поїздів на залізничних напрямках з урахуванням особливостей роботи кожної дільниці окремо.

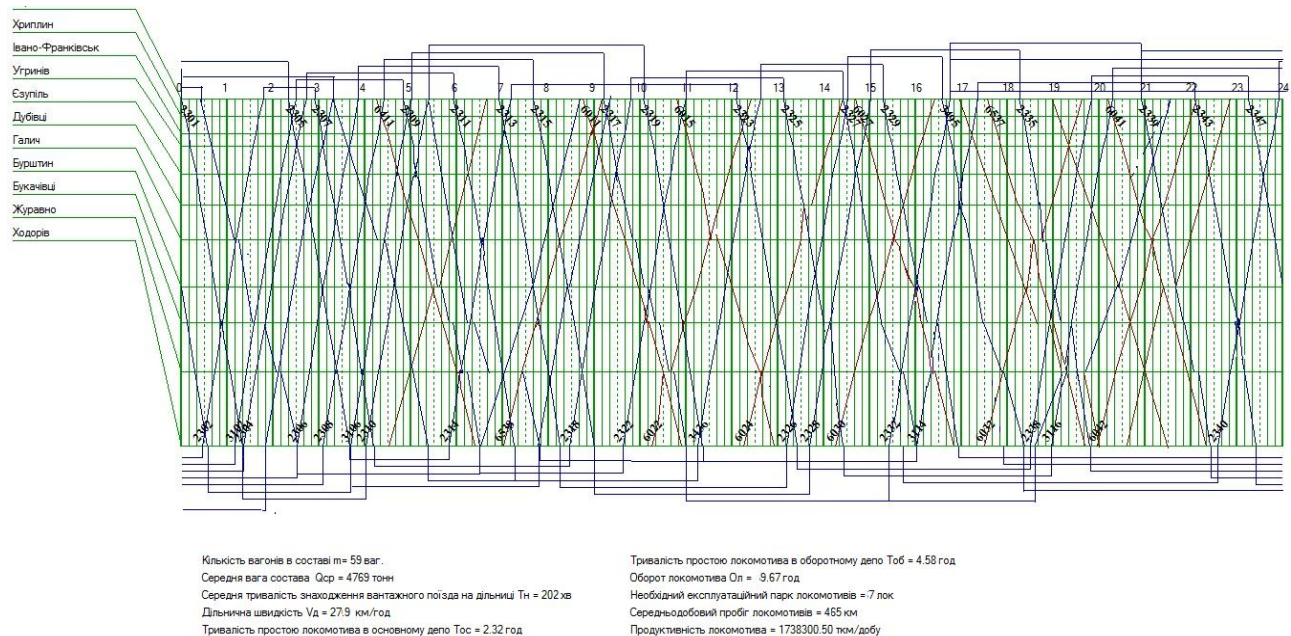


Рис. 2. Результати моделювання руху поїздів на однокільній дільниці при використанні електричної тяги Хриплин – Ходорів

Виконуючи апроксимацію експериментальних даних, визначених моделюванням пропуску поїздопотоків по дільницях, отримано мате-

матичний опис залежності часу ходу вантажного поїзда по перегону від кількості вантажних поїздів і умовної довжини состава. Для даного

напрямку функція залежності має вигляд:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 \quad (1)$$

де x_1, x_2 – змінні кількості: вантажних поїздів на дільниці за добу та умовної довжини составу відповідно;

$b_0, b_1, b_2, b_{12}, b_{11}, b_{22}$ – сталі коефіцієнти (табл. 1).

Функція залежності тривалості знаходження поїздів на дільниці від зміни кількості вантажних поїздів і умовної довжини составу представлена на рис. 3. Було також отримано вплив таких факторів як кількість вантажних поїздів, умовна довжина составу на дільничну швидкість руху вантажних поїздів на дільниці, кількість поїзних локомотивів та середньодобовий оборот одного локомотива.

Таблиця 1

Коефіцієнти функції залежності швидкості руху поїздів на дільниці від зміни кількості вантажних поїздів і умовної довжини составу

b_0	1 936,65864
b_1	-19,71605
b_2	-931,67030
b_{12}	1,92873
b_{11}	1,94226
b_{22}	116,17100

Для перевірки адекватності даної моделі був використаний метод повного факторного експерименту (ПФЕ). Він реалізує всі можливі і неповторювані комбінації незалежних змінних, кожна з яких примусово варіює на двох рівнях. Число цих комбінацій при n факторах визначає тип планування [9]. Для того, щоб встановити залежність функції відгуку від двох факторів $t = f(N, m)$ (фактор 1 – кількість вантажних поїздів (N), фактор 2 – умовна довжина поїзда (m)) був розглянутий вплив кожного фактора на двох рівнях.

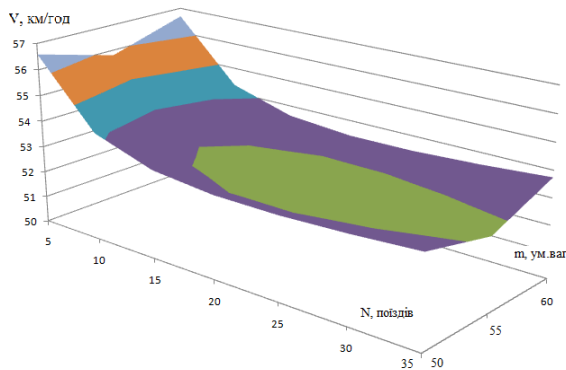


Рис. 3. Залежність технічної швидкості від зміни кількості поїздів та їх умовної довжини на дільниці Хриплин – Ходорів

У результаті перевірки адекватності моделі було визначено, що більший вплив на функцію має саме перший фактор, зважаючи на те, що врахування довірчого інтервалу відхилило врахування окремо другого фактора, залишивши при цьому вплив добутку факторів. Таким чином слід зауважити, що на тривалість знаходження окремого поїзда на дільниці впливає саме його умовна довжина (m), а на середню тривалість знаходження поїзда на дільниці – кількість вантажних поїздів (N).

У результаті проведених досліджень та спостережень отримані необхідні дані для розрахунку енерговитрат: середньодобові розміри руху вантажних поїздів, середня маса бруто та умовна довжина поїзда, загальний час руху по дільниці, кількість зупинок, оборот локомотива. На їх основі виконано розрахунок енерговитрат при пропуску змінного поїздопотоків по дільниці.

Витрати на електроенергію (паливо) визначено окремо в залежності від поздовжнього профілю дільниці та маси поїздів, що на ній обертаються. Розрахунок витрат електроенергії на пропуск змінної кількості вантажних поїздів та їх умовної довжини виконано згідно [10].

Норма витрати електроенергії на поїзд, $k_{Вт \cdot год. / 10^4 \text{ т} \cdot \text{км}}$. визначається за формулою:

$$e = e_0 \cdot k_{cn} \cdot k_{\mu} \cdot k_i \cdot k_{\tau} + z' (\Delta e_m + \Delta e_p) + e_{cn} (k_e + Q_c \cdot k'_e) \quad (2)$$

де e_0 – вихідні норми витрати електроенергії, які визначаються для руху на площадці составу, що складається з чотиривісних вагонів;

k_{cn} – коефіцієнт, що враховує зміну опору рухомого складу залежно від типу вагонів;

k_{μ} – коефіцієнт впливу ступеню використання вантажопідйомності вагонів (в даному випадку відношення фактичного статичного навантаження на вісь до базової величини 17,5 т);

k_i – коефіцієнт складності подолання нормованої ділянки;

k_{τ} – температурний коефіцієнт нормованого періоду;

z' – число зупинок, передбачених графіком руху поїздів на 100 поїздо-км;

Δe_m – витрати електроенергії на відновлення кінетичної енергії, втраченої при гальмуванні, віднесені до 10 тис. т км бруто;

Δe_p – втрата електроенергії для електро-
возів змінного струму в реостатах при рушанні
і розгоні, віднесена до роботи 10 тис. т км брут-
то;

e_{cl} – витрати електроенергії на допоміжні
машини локомотива, віднесені до 10 тис. т км
брутто;

$k_e; k_g$ – коефіцієнти використання потуж-
ності допоміжних машин електровоза в ході і
на стоянках відповідно, що одержані як частка
номінальної потужності, яка фактично викори-
стана для обслуговування локомотивів;

Q_c – коефіцієнт часу стоянки, як відношен-
ня часу стоянок до загального часу за поїздки.

Також змінні параметри поїздопотоків ма-
ють свої обмеження по кожній дільниці окремо.
Система обмежень параметрів функції скла-
дається з наступних рівнянь та нерівностей [1].

Обмеження по наявній пропускній спро-
можності дільниць напрямку:

$$N_{nj} \geq N_{вантj} + N_{насj} \cdot \varepsilon_{нас} + N_{збj} (\varepsilon_{зб} - 1) \quad (3)$$

де $N_{вантj}, N_{насj}, N_{збj}$ – кількість вантажних, паса-
жирських та збірних поїздів на j -му напрямку;

$\varepsilon_{нас}, \varepsilon_{зб}$ – коефіцієнти зняття вантажних пої-
здів пасажирськими та збірними відповідно.

Обмеження по довжині приймально-
відправних колій:

$$l_{лок} + m \cdot l_{ваг} + a \leq l_{кол} \quad (4)$$

де $l_{лок}$ – довжина поїзного локомотиву на на-
прямку;

$l_{ваг}$ – середня довжина вагону;

a – допуск на неточність зупинки поїзда.

Обмеження по наявній провізній спромож-

ності дільниць:

$$P_{проеј}^{спром} \geq N_{вантj} Q_{брj} l_{ділj} \quad (5)$$

де $Q_{брj}$ – середня маса брутто поїзда на j -ій ді-
льниці.

Обмеження по наявній кількості порожнього
вагонопотоку:

$$N_{пор} = N_{вант} \cdot \alpha_{пор} \quad (6)$$

де $\alpha_{пор}$ – коефіцієнт порожнього вагонопотоку
на дільниці.

Обмеження по силі тяги поїзних локомо-
тивів:

$$Q_{брj} = \frac{F_{кр} - P(\omega_0' + i_p)}{\omega_0'' + i_p} \geq Q \quad (7)$$

де $F_{кр}$ – розрахункова сила тяги локомотива;

ω_0' – основний питомий опір руху локомо-
тива;

i_p – керівний ухил, %;

P – розрахункова маса локомотива;

ω_0'' – основний питомий опір руху вантаж-
них вагонів.

Обмеження по локомотивному парку:

$$\frac{N_{вантj} O_l}{24} \leq W_l, \quad (8)$$

де O_l – оборот локомотиву.

Результати розрахунку витрат електро-
енергії на пропуск змінного поїздопотоків по
дільниці Хриплин – Ходорів наведено у табл. 2
та на рис. 4.

Таблиця 2

Розрахунки витрат електроенергії на пропуск змінного поїздопотоків по дільниці Хриплин – Ходорів

Параметри моделювання		Витрати електроенергії E , кВт				
		Умовна довжина поїздів $m_{ум.ваг}$, ум.ваг.				
		46	50	54	58	62
Кількість вантажних поїздів $N_{п}$, поїздів	10	27 976,94	28 511,57	29 465,14	30 990,43	32 483,96
	15	45 807,96	46 576,31	47 372,09	49 699,23	51 927,35
	20	64 303,67	65 863,8	66 533,61	68 797,2	71 990,01
	25	86 115,62	87 457,83	88 668,68	91 725,52	95 451,91
	30	115 942,54	117 580,71	118 217,6	124 105,87	129 299,39

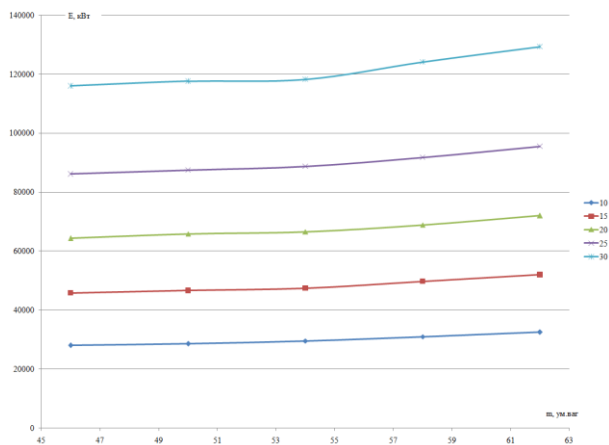


Рис. 4. – Залежність витрат електроенергії на пропуск змінного поїздопоту по дільниці Хриплин – Ходорів

Висновки

Отже, дослідженням встановлено, що оптимальним для мінімізації питомих витрат електроенергії на дільниці є пропуск вантажних поїздів довжиною 54-56 умовних вагона при завантаженні дільниці в межах 75-85 % наявної пропускної спроможності (25 пар поїздів на добу).

Економічний аналіз проекту електрифікації дільниці:

- електрифікація 1 км експлуатаційної довжини дільниці Хриплин – Ходорів, складає в середньому 4,75 млн. грн.;

- прогнозовані витрати електроенергії при електрифікації – 66,22 млн. кВт год за рік;

- загальна кошторисна вартість будівництва – 469 750 тис. грн.;

у тому числі:

- прямі втрати – 384 750 тис. грн.;

- не прямі (додаткові) витрати – 85 000 тис. грн.;

- тривалість будівництва – 16 місяців;

- окупність проекту – 5,6 років;

- очікувана економічна ефективність – 163,45 млн. грн/рік

- підвищення пропускної спроможності лінії – 25 %.

Так на одноколійній дільниці Хриплин – Ходорів шляхом електрифікації значно будуть знижені витрати на пропуск поїздів за рахунок використання електроенергії замість палива, крім того, додаткові організаційні заходи енергоефективного керування потоком поїздів дозволять зменшити енерговитрати на пропуск поїздопоту на 15-25 %. Вони включають в себе:

- оптимізацію графіку руху поїздів шляхом

рівномірного розподілу поїздопоту по годинам доби;

- планування поїзної роботи черговим персоналом дирекції, та запобігання згущеного прибуття поїздів;

- мінімізацію кількості неграфікових зупинок та стоянок вантажних та пасажирських поїздів на дільниці;

- використанням змінних тарифів на електроенергію (див. табл. 3) [2];

- організацію поїзної роботи з урахуванням пріоритетів руху вантажних поїздів у «непикові» періоди.

Таблиця 3

Коефіцієнти зонного обліку змінних тарифів на електроенергію

Тарифна зона	Січень, лютий, листопад, грудень	Березань, квітень, вересень, жовтень	Травень, червень, липень, серпень	Коефіцієнт
Пік	з 8 ⁰⁰ до 10 ⁰⁰ ; з 17 ⁰⁰ до 21 ⁰⁰	з 8 ⁰⁰ до 10 ⁰⁰ ; з 18 ⁰⁰ до 22 ⁰⁰	з 8 ⁰⁰ до 11 ⁰⁰ ; з 20 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	1,68
Напівпік	з 6 ⁰⁰ до 8 ⁰⁰ ; з 10 ⁰⁰ до 17 ⁰⁰ ; з 21 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	з 6 ⁰⁰ до 8 ⁰⁰ ; з 10 ⁰⁰ до 18 ⁰⁰ ; з 22 ⁰⁰ до 23 ⁰⁰	з 7 ⁰⁰ до 8 ⁰⁰ ; з 11 ⁰⁰ до 20 ⁰⁰ ; з 23 ⁰⁰ до 24 ⁰⁰	1,02
Ніч	з 23 ⁰⁰ до 6 ⁰⁰	з 23 ⁰⁰ до 6 ⁰⁰	з 24 ⁰⁰ до 7 ⁰⁰	0,35

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мозолевич, Г. Я. Вплив основних параметрів поїздопоту на загальний прибуток залізниць / Г.Я. Мозолевич, А.В. Троян // Наука та прогрес транспорту. – 2015. – Вип. 3 (57). – С. 58-76.

2. Логвінова, Н. О. Зменшення експлуатаційних витрат за допомогою енергооптимального руху поїздів / Н. О. Логвінова, Д. О. Босий, О. М. Полях // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 42. – С. 110-113.

3. Максимчук, В. Ф. Електрифікація, як все починалось / В. Ф. Максимчук, І. І. Лагута, В. Г. Сиченко // Електрифікація транспорту. – 2011. – № 1. – С. 5-9.

4. Тяга поїздів: історія становлення і розвитку. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://odz.gov.ua/lean_pro/materials/20141223-143142-2014_12_23_1.pdf

5. Техніко-економічні порівняння різних видів тяги. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://helpiks.org/1-91163.html>

6. Кирилюк, Т. І. Удосконалення методу контролю втрат електроенергії в контактній мережі елект-

рифікованих залізниць : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 15.04.13 / Кирилюк Тетяна Ігорівна . – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2013. – 25 с.

7. Козаченко, Д.Н. Резервы времени при организации движения грузовых поездов по расписанию / Д.Н. Козаченко, Н.И. Березовый, В.О. Баланов, В.В. Журавель // Наука та прогрес транспорту. – 2015 р. – № 2 (56). – С. 105-115.

8. Козаченко Д. М. Моделювання роботи залізничного напрямку / Д. М. Козаченко, Г. Я. Мозолевиц, О. В. Власюк // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2009. – Вип. 28. – С. 143-148.

9. Аністратенко, В. О. Математичне планування експериментів в АПК : навч. посіб. / В. О. Аністратенко, В. Г. Федоров. – Київ : Вища школа, 1993. – 375 с.

10. Осипов, С. И. Основы электрической и тепловозной тяги / С. И. Осипов. – Москва: Транспорт, 1985. – 408 с.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. Шраменко Н. Ю. (Україна)

Надійшла до редколегії 28.11.2015.

Прийнята до друку 29.11.2015.

Г. Я. МОЗОЛЕВИЧ, А. В. ТРОЯН

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПоезДопотоКОМ КАК СРЕДСТВО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА

Цель. Определение основных мероприятий, направленных на энергоэффективное управление поездопотоком на железнодорожном направлении Львовской железной дороги Хрыплин - Ходоров и анализ влияния таких параметров, как количество поездов на участке и длина грузового поезда, на общие затраты электроэнергии от пропуска переменного поездопотока по данному участку. **Методика.** Для достижения поставленной цели была проведена модернизация железнодорожного направления тепловозной тяги Хрыплин – Ходоров, путем электрификации, проведена экономическая оценка проекта и разработаны имитационные модели железнодорожного участка, с помощью которых проведено моделирование пропуска грузовых поездов с переменными параметрами поездопотока. На основании полученных результатов определены зависимости основных параметров поездопотока и их влияние на общие затраты электроэнергии от пропуска переменного поездопотока. **Результаты.** На основе проведенных исследований, для определения рациональных параметров поездопотоков, разработаны функции расхода электроэнергии по участку. С их помощью определено влияние параметров поездопотока на расходы электроэнергии, затраченные на пропуск поездов по участку. Определено, что оптимальным является пропуск грузовых поездов длиной 54-56 условных вагонов, а загрузка участка должна составлять 75-85% от имеющейся пропускной способности (25 пар поездов в сутки). Общая сметная стоимость электрификации направления – 469750 тыс. грн.; окупаемость проекта – 5,6 лет; ожидаемая экономическая эффективность – 163,45 млн. грн/год; повышение пропускной способности линии – 25%. Учитывая полученные результаты, приоритетным развитием железнодорожного транспорта, во время возможного увеличения размеров движения, является электрификация участков с тепловозной тягой, в связи со значительной стоимостью дизельного топлива. **Научная новизна.** Усовершенствована технология определения общих затрат энергоресурсов на основе переменных параметров поездопотоков. Улучшена система мер по совершенствованию процесса грузовых перевозок путем энергоэффективного управления поездопотоком. Разработаны имитационные модели отдельного участка реального железнодорожного направления Львовской железной дороги. **Практическая значимость.** Использование разработанных мероприятий, в отношении энергоэффективного управления поездопотоком позволит снизить общие затраты энергоресурсов на пропуск поездопотоков, что, в свою очередь, приведет к снижению себестоимости перевозок по железной дороге и способствует воплощению государственной программы энергонезависимости на железнодорожном транспорте Украины.

Ключевые слова: электрификация, поездопоток, участок, имитационная модель, энергоэффективность, параметры поездопотока.

G. MOZOLEVYCH, A. TROYAN

ENERGY-EFFICIENT MANAGEMENT TRAIN TRAFFIC VOLUME AS A MEANS OF IMPROVING THE TRANSPORTATION PROCESS

Purpose. The definition of the main activities aimed at energy-efficient management of train traffic volume on the railway sections in Lvivska railway Khryplin - khodoriv and the analysis of influence of parameters such as the

number of trains on the section and length of freight trains, the total cost of electricity passes from variable train traffic volume on this section. **Methodology.** To achieve this Purpose was the modernization of railway direction of diesel traction Khryplin – hodorov, by electrification, the economic evaluation of the project and developed a simulation model of the railway section, by which the simulation of the crossing of freight trains with variable parameters of the train traffic volume. On the basis of obtained results the dependence of the main parameters of train traffic volume and their impact on the overall cost of electricity from skip variable train traffic volume. **Findings.** On the basis of studies to determine the rational parameters of train flows, developed by the functions of consumption on the site. With their help, the influence of the parameters of train traffic volume on the cost of electricity consumed to pass trains over the site. Determined that the optimum is to pass freight trains length 54-56 conventional car, and the loading section should be 75-85% of the available bandwidth (25 pairs of trains per day). The total estimated cost of electrification direction – 469750 thousand uah.; the payback of 5.6 years; expected economic efficiency 163,45 mln. uah /year; capacity of line – 25%. Given the results obtained, the priority development of rail transport, while the possible increase in the size of the movement, is the electrification of plots with diesel traction, due to the considerable cost of diesel fuel. **Originality.** Improved technology determine the total cost of energy based on the variables of train flows. Improved measures for improving freight transport through efficient management of train flow. Developed simulation models of individual land real train direction Lviv railway. **Practical value.** The use of designed activities in respect of energy-efficient management postoperator will reduce overall energy costs in a pass of train flows, which, in turn, will reduce the cost of transportation by rail and contributes to implementation of the state program of energy independence of railway transport of Ukraine.

Keywords: electrification, train traffic volume, simulation, energy efficiency, options of train traffic volume.