

УДК 656.212.5

**РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА
І ЧАСУ НА ВИКОНАННЯ МАНЕВРОВОГО НАПІВРЕЙСУ НА БЕЗГІРКОВИХ
СОРТУВАЛЬНИХ ПРИСТРОЯХ**

Д-р техн. наук О. М. Огар, канд. техн. наук М. Ю. Куценко, магістранти
М. М. Верховод, Ю. С. Старинцева, студентка А. В. Топчій

**DEVELOPING THE PROCEDURE OF DIESEL FUEL CONSUMPTION AND TIMING
CALCULATION FOR A SHUNTING HALF-RUN IN FLAT MARSHALLING YARDS**

D. Sc. (Tech.) O. Ohar, PhD (Tech.) M. Kutsenko, master M.
Verkhovod, master Y. Staryntseva, student A. V. Topchiy

Анотація. Обґрунтовано необхідність розроблення процедури розрахунку витрат дизельного палива на маневрові пересування і тривалості виконання маневрових напівреїсів. Зазначено переваги застосування безгіркових сортувальних пристроїв з точки зору якості сортувального процесу. Сформовано узагальнену процедуру розрахунку витрат палива і часу на виконання маневрових пересувань. Отримано результати моделювання маневрового напівреїсу для розрахункового состава. Обґрунтовано доцільність оптимізації позиції

контролера машиніста для кожного маневрового напіврейсу і шляху, що має пройти состав за інерцією і з гальмуванням.

Ключові слова: сортувальний пристрій, дизельне паливо, процедура розрахунку, маневровий напіврейс.

Abstract. *By today, the prerequisites for the design of marshalling devices have hardly changed in comparison with the standards applied in the last century. These standards were determined by comparing the reduced costs of design solutions with the prices that existed at that time. Current pricing policies and operating conditions are dramatically different. This is especially the case with the structure of the car fleet, the technical means used for car handling, and, most importantly, the cost of idle time of cars at stations, as well as the cost of fuel and energy resources.*

Thus, determining the amount of handling when it is advisable to use flat marshalling yards is an urgent scientific and applied problem, which cannot be solved without developing a procedure for calculating the duration of shunting half-runs and the diesel fuel consumption for shunting movements.

In order to determine the amount of handling for which it is economically feasible to use flat marshalling facilities together with backward movement, diesel fuel consumption and the duration of shunting half-runs should be primarily calculated. These indicators are decisive in the feasibility study of the use of a sorting facility.

To develop a procedure for calculating diesel fuel costs and duration of shunting half-runs, the type of shunting half-run is selected, which contains the following elements: acceleration, steady predetermined speed, inertia motion, and braking (if necessary).

To estimate the diesel fuel consumption and the duration of a shunting half-run, an estimated train was made up. Rational positions of the driver's controller and the rational length of the path the train passes by inertia and with braking are determined for the movement of this train.

The developed procedure for calculation of diesel fuel consumption and timing of a shunting half-run can be used to determine the range of handling volumes, for which the use of flat sorting facilities and uncoupling of trains only by backward movement is economically justified. It should also be noted that in order to minimize operating costs for the execution of technological operations, the rational position of the driver's controller for each shunting half-run and the path to be travelled by the shunting train by inertia and with braking should be determined. The substantiated design conditions for flat marshalling devices can be applied in the new edition of the Ukrainian industry building codes.

Keywords: marshalling facility, diesel fuel, calculation procedure, shunting half-run.

Вступ. Згідно з галузевими будівельними нормами України [1] тип сортувального пристрою визначається на підставі прогнозних обсягів переробки вагонопотоків на відповідний рік експлуатації. На сьогодні діючі умови проектування зазначених пристроїв майже не змінилися порівняно з нормами, що застосовувались у ХХ ст. Ці норми визначались шляхом порівняння приведених витрат конструкційних рішень за цінами, що мали місце на той момент. Сучасні цінова політика та умови

експлуатації суттєво відрізняються. Особливо це стосується структури вагонного парку, технічних засобів, що використовуються для переробки вагонів і, головне, вартості простою вагонів на станціях і вартості паливно-енергетичних ресурсів. АТ «Укрзалізниця», як відомо, є одним з основних споживачів цих ресурсів. При цьому частка витрат на дизельне паливо при проведенні маневрових операцій на залізничних станціях України складає приблизно 30 %.

Таким чином, визначення обсягів переробки, при яких доцільно використовувати безгіркові сортувальні пристрої, є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого неможливо без розроблення процедури розрахунку тривалості виконання маневрових напіврейсів і витрат дизельного палива на маневрові пересування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд відомих підходів до розрахунку витрат дизельного палива і часу на виконання маневрових пересувань довів, що цьому питанню приділено недостатньо уваги.

У роботі [2] нормування витрат дизельного палива на маневрову роботу здійснено шляхом дослідних поїздок. Годинні витрати палива визначено залежно від температурних умов і величини виконання плану з кількості перероблених вагонів. Суттєвими недоліками даних норм є відсутність нормування витрат палива для конкретного типу напіврейсу, відсутність урахування структури вагонопотоку і конструктивних особливостей залізничних станцій. Методика дозволяє виконати лише приблизні розрахунки витрат палива.

У роботі [3] побудовано імітаційну модель роботи сортувальної станції з використанням системи моделювання AnyLogic. Автори при моделюванні маневрової роботи, що виконується з використанням витяжної колії, ураховують не тільки тривалість руху зі швидкістю, що встановилася, а й кількість вагонів у маневровому складі, тривалість розгону та уповільнювання. Процедури розрахунку витрат палива не розглядалися.

У роботі [4] запропоновано розрахунок витрат палива здійснювати шляхом розв'язання диференціального рівняння руху маневрового складу. Моделювання маневрового пересування здійснюється відповідно до конкретних умов: враховуються основні особливості маневрової роботи (безперервність зміни плану та профілю колії, стрілочних

переводів та ін.). Таким чином, чисельне розв'язання вказаного рівняння дозволяє отримати достатньо точні результати розрахунків. Слід також зазначити, що з метою підвищення точності опису реальних умов роботи модель має можливість включення до неї додаткових елементів. Разом із тим у роботі [4] не зазначено, за яким алгоритмом задавалися позиції контролера машиніста при виконанні маневрового напіврейсу.

У роботі [5] для спеціалізованої обчислювальної підсистеми планування маневрової роботи на залізничному транспорті промислових підприємств було розроблено методика збору й обробки необхідної інформації з використанням інформаційно-структурної моделі. Як інструмент інформаційної технології багатофакторного прогнозування тривалості маневрових операцій була обрана методика тягових розрахунків, адаптована під умови промислового залізничного транспорту. Це дозволило застосувати процедуру, що враховує тип маневрового напіврейсу і зміну сили тяги локомотива залежно від позиції контролера машиніста. Запропонована процедура дає можливість отримати точні часові та паливні витрати при відомій довжині напіврейсу. Разом з цим у роботі [5] доведено, на яких позиціях контролера машиніста мають місце найменші витрати дизельного палива, однак при цьому не зазначено, яких саме моделей маневрових локомотивів це стосується.

У роботах [6-8] теж запропоновано моделі для розрахунку витрат паливно-енергетичних ресурсів на виконання маневрових операцій, однак вони зорієнтовані на гіркові технологічні процеси.

У роботі [9] запропоновано процедуру змішаної цілочисельної лінійної програми, яка дозволяє вирішити проблему пересортування вагонів на станції з використанням безгіркових сортувальних пристроїв. На основі моделювання були мінімізовані загальні витрати при

проведенні маневрових операцій за рахунок зменшення часу на сортування залежно від параметрів плану і профілю сортувальної станції та кількості вагонів різних типів. Однією з цілей роботи є зниження експлуатаційних витрат на критично важливий ресурс, що використовує маневровий локомотив. Але робота більш зорієнтована на пересортування вагонів за рахунок зменшення кількості маневрових напіврейсів.

У роботі [10] розглядаються проблеми моделювання роботи сортувальної станції. Акцент робиться на побудову віртуального вузла (комп'ютерна модель реального вузла) і моделювання роботи в рамках віртуального середовища з використанням програмного пакета VIRTUOS – програмного інструмента, що служить для створення віртуальної сортувальної станції і віртуальних потоків поїздів. Контролювати роботу моделі можна візуально (всі дії анімовані та виводяться на екран) у реальному часі. Система може розпізнавати і використовувати технічну документацію, створену в AUTOCAD. Таким чином, імітаційно можна збільшити пропускну спроможність сортувальних пристроїв. Однак у роботі не наведено процедури для вирішення цих завдань.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою даного дослідження є підвищення точності розрахунку витрат паливних ресурсів і тривалості виконання маневрових пересувань при розформуванні составів на безгіркових сортувальних пристроях. У подальшому це дозволить отримати об'єктивну оцінку обсягів переробки, при яких доцільно використовувати зазначені пристрої.

Виходячи з мети дослідження, основним його завданням є розроблення процедури розрахунку витрат дизельного палива маневровим локомотивом і часу на виконання маневрового напіврейсу в заданих умовах експлуатації.

Основна частина дослідження. На сьогодні для сортування вагонів на

втяжних коліях застосовують два основних способи: маневри осаджуванням і маневри поштовхами. Перший технологічний спосіб є найменш раціональним, оскільки має найбільші витрати часу на виконання маневрового напіврейсу. Однак у нього є і певні суттєві переваги. Цими перевагами є відсутність «вікон» на коліях сортувального парку, випадків перевищення допустимої швидкості співударяння вагонів і застосування ручної праці регулювальників швидкості руху вагонів, що має місце на сортувальних гірках і при маневрах поштовхами. Таким чином, даний спосіб забезпечує найбільшу якість сортувального процесу.

Для визначення обсягів переробки, при яких економічно доцільно застосовувати безгіркові сортувальні пристрої з використанням маневрів осаджуванням, основну увагу слід звернути на розрахунок витрат дизельного палива і тривалості виконання маневрових напіврейсів. Зазначені показники є одними з вирішальних при техніко-економічному обґрунтуванні застосування того чи іншого сортувального пристрою.

Маневровий напіврейс, як відомо, є поєднанням декількох елементів, до яких належать розгін, гальмування, рух зі швидкістю, що встановилася, і рух за інерцією. Вибір раціонального типу напівресу з точки зору мінімальних сумарних експлуатаційних витрат на дизельне паливо і витрат, пов'язаних з простим рухомого складу, є окремим дослідженням.

Для розроблення процедури розрахунку витрат дизельного палива і тривалості виконання маневрових напіврейсів оберемо тип маневрового напіврейсу, що містить такі елементи: розгін, рух зі швидкістю, що встановилася, рух за інерцією та гальмування (за необхідності). При цьому слід зазначити, що визначення раціональної основної позиції контролера машиніста для розгону і руху зі швидкістю, що встановилася, теж є

важливим завданням з мінімізації зазначених вище експлуатаційних витрат.

Узагальнену процедуру розрахунку витрат дизельного палива (на прикладі тепловоза ЧМЕ-3) при виконанні маневрових напіврейсів на безгіркових сортувальних пристроях і тривалості їх виконання можна представити у такому вигляді:

1) здійснюється введення маси маневрового локомотива (P), кількості осей у локомотиві, маси і кількості завантажених і порожніх чотиривісних вагонів, маси і кількості завантажених і порожніх восьмивісних вагонів, кроку моделювання (S), довжини напіврейсу, шляху, що проходить маневровий состав на першій позиції контролера машиніста (з моменту зрушення його з місця), шляху, що проходить маневровий состав на другій позиції контролера машиніста (з моменту перемикання контролера з першої позиції на другу), основної позиції контролера машиніста, на якій здійснюються розгін маневрового состава і рух зі швидкістю, що встановилася (3-8 позиції для тепловоза ЧМЕ-3), шляху, що проходить маневровий состав за інерцією і з гальмуванням ($S_{in,z}$), максимально допустимої швидкості маневрів, середнього ухилу колій у межах напіврейсу (i);

2) розраховується маса маневрового состава (Q_c) і кількість осей у ньому;

3) розраховується прискорення вільного падіння з урахуванням моменту

інерції мас вагонів і локомотива, що обертаються, (g);

4) розраховується кількість вагонів у маневровому составі, частка завантажених і порожніх чотиривісних і восьмивісних вагонів;

5) визначається середній питомий опір руху маневрового состава на дільниці, де состав рухається за інерцією і з гальмуванням;

б) задаються умови перевірки величини пройденого шляху відповідно на першій, другій та основній позиціях контролера машиніста. Якщо умови не виконуються, залежно від позиції контролера задається величина годинних витрат палива, розраховуються сила тяги локомотива і питомий опір руху маневрового состава, визначається швидкість у кінці кроку моделювання, поточні тривалість виконання маневрового напіврейсу, пройдений шлях і витрати дизельного палива. Якщо умови виконуються, здійснюється перехід до наступних блоків. Після виконання третьої умови розраховується середня тривалість руху состава за інерцією і з гальмуванням до повної його зупинки та виводяться на друк тривалість маневрового напіврейсу і витрати дизельного палива на його виконання.

Для розрахунку сили тяги локомотива тепловоза ЧМЕ-3 $F_k(V)$, кН, де V – швидкість маневрового состава, м/с, пропонується використати такі залежності:

$$F_k(V) = 70,07 e^{-0,31V} \text{ при } n_{\kappa} = 1; \quad (1)$$

$$F_k(V) = 145 - 22,2 V \text{ при } n_{\kappa} = 2 \text{ і } V \leq 1,8; \quad (2)$$

$$F_k(V) = 118,06 e^{-0,14V} \text{ при } n_{\kappa} = 2 \text{ і } V > 1,8; \quad (3)$$

$$F_k(V) = 230 - 24,4 V \text{ при } n_{\kappa} = 3 \text{ і } V \leq 4,3; \quad (4)$$

$$F_k(V) = 214,55 e^{-0,13V} \text{ при } n_{\kappa} = 3 \text{ і } V > 4,3; \quad (5)$$

$$F_k(V) = 277 - 20,5 V \text{ при } n_{\kappa} = 4 \text{ і } V \leq 4; \quad (6)$$

$$F_k(V) = 269,16 e^{-0,11V} \text{ при } n_{\kappa} = 4 \text{ і } V > 4; \quad (7)$$

$$F_k(V) = 375 - 31,7 V \text{ при } n = 5 \text{ i } V \leq 3; \quad (8)$$

$$F_k(V) = 399,2 e^{-0,13V} \text{ при } n = 5 \text{ i } V > 3; \quad (9)$$

$$F_k(V) = 411,76 - 17,39 V - 1,74 V^2 \text{ при } n = 6 \text{ i } V \leq 4; \quad (10)$$

$$F_k(V) = 397,34 e^{-0,08V} \text{ при } n = 6 \text{ i } V > 4; \quad (11)$$

$$F_k(V) = 437,08 - 11,7 V - 1,92 V^2 \text{ при } n = 7 \text{ i } V \leq 4,5; \quad (12)$$

$$F_k(V) = 441,73 e^{-0,07V} \text{ при } n = 7 \text{ i } V > 4,5; \quad (13)$$

$$F_k(V) = 450,72 - 8,49 V - 1,32 V^2 \text{ при } n = 8 \text{ i } V \leq 6,3; \quad (14)$$

$$F_k(V) = 465,63 e^{-0,06V} \text{ при } n = 8 \text{ i } V > 6,3. \quad (15)$$

Питомий опір руху розраховується за формулою

$$w_o(V) = w_4^3(V) + w_4^n(V) + w_8^3(V) + w_8^n(V) + w_o(V), \quad (16)$$

де w_4^3, w_4^n – частка чотиривісних завантажених і порожніх вагонів;

w_8^3, w_8^n – частка восьмивісних завантажених і порожніх вагонів;

$w_o(V)$ – питомий опір руху локомотива, Н/кН,

$$w_o(V) = 1,9 + 0,01 V + 0,0003 V^2; \quad (17)$$

$w_4^3(V), w_4^n(V), w_8^3(V), w_8^n(V)$ – питомий опір руху чотиривісних завантажених і порожніх вагонів, восьмивісних завантажених і порожніх вагонів, Н/кН,

$$w_4^3(V) = 0,7 + 4(3 + 0,1 V + 0,0025 V^2) / q_4; \quad (18)$$

$$w_4^n(V) = w_8^n(V) = 1 + 0,044 V + 0,00024 V^2; \quad (19)$$

$$w_8^3(V) = 0,7 + 8(6 + 0,038 V + 0,0021 V^2) / q_8, \quad (20)$$

де q_4, q_8 – середня маса чотиривісних і восьмивісних вагонів, т.

Швидкість маневрового состава в кінці кроку моделювання розраховується за формулою

$$V_k = \sqrt{V_n^2 + 2 g S \frac{100 F}{P + Q} \cdot 10^{-3}}, \quad (21)$$

де V_n – швидкість маневрового состава на початку кроку моделювання, м/с.

Запропоновану процедуру реалізовано у програмному середовищі Python.

Для оцінювання витрат дизельного палива і тривалості виконання маневрового напіврейсу сформовано розрахунковий состав з кількістю вагонів 37, у тому числі чотиривісних завантажених – 20, чотиривісних порожніх – 7, восьмивісних завантажених – 4 і восьмивісних порожніх – 6.

Керуючись результатами моделювання, що наведені в таблиці, і враховуючи вартість дизельного палива і вартість вагоно-години простою вагонів на станції в процесі переробки, маємо оптимізаційну задачу визначення основної позиції контролера машиніста і шляху, що проходить состав за інерцією і з гальмуванням (рис. 1, 2).

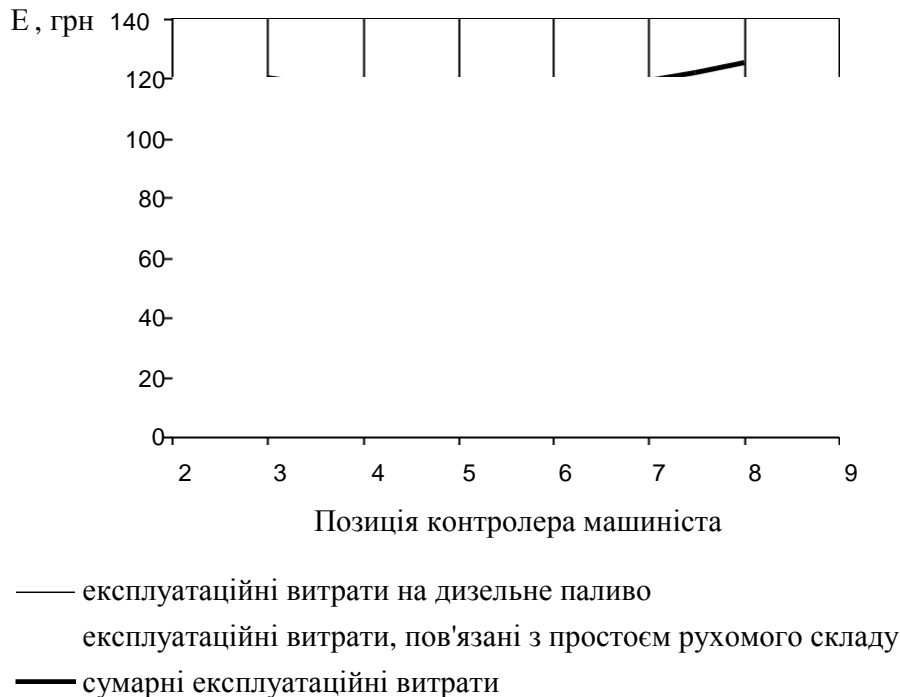


Рис. 1. Залежність сумарних експлуатаційних витрат на дизельне паливо і витрат, пов'язаних з простоем вагонів, від позиції контролера машиніста при довжині напіврейсу 500 м і величині шляху, що проходить маневровий состав за інерцією і з гальмуванням, 280 м

Виходячи з отриманих результатів, слід відзначити таке:

- раціональними позиціями контролера машиніста для пересування розрахункового маневрового состава є четверта і п'ята;
- при четвертій позиції контролера машиніста раціональною величиною шляху, що проходить маневровий состав за інерцією і з гальмуванням, є 120 м, при п'ятій позиції контролера машиніста – 210 м.

Висновки. Розроблена процедура розрахунку витрат дизельного палива і часу на виконання маневрового напіврейсу дає можливість визначити діапазон обсягів переробки вагонів, при якому застосування

безгіркових сортувальних пристроїв з виконанням процесу розформування составів тільки шляхом осаджування є економічно обґрунтованим. Слід також відзначити, що з метою мінімізації експлуатаційних витрат на виконання технологічних операцій необхідно визначити раціональну позицію контролера машиніста для кожного маневрового напіврейсу і раціональну величину шляху, що має пройти маневровий состав за інерцією і з гальмуванням.

Обґрунтовані умови проектування безгіркових сортувальних пристроїв можуть бути застосованими в новій редакції галузевих будівельних норм України.

Таблиця

Результати моделювання маневрового пересування при довжині напіврейсу 500 м

Показник	Шлях, що проходить маневровий состав за інерцією і з гальмуванням, м										
	80	105	130	155	180	205	230	255	280	305	330
Витрати дизельного палива, кг	2,21	2,12	2,04	1,96	1,87	1,79	1,70	1,62	1,53	1,44	1,34
Тривалість виконання маневрового напіврейсу, хв	3,95	4,04	4,14	4,24	4,34	4,44	4,55	4,66	4,85	5,09	5,38
Четверта позиція контролера машиніста											
Витрати дизельного палива, кг	2,61	2,52	2,43	2,33	2,24	2,14	2,03	1,92	1,81	1,69	1,57
Тривалість виконання маневрового напіврейсу, хв	3,51	3,59	3,68	3,77	3,87	3,99	4,12	4,27	4,44	4,64	4,89
П'ята позиція контролера машиніста											
Витрати дизельного палива, кг	2,91	2,81	2,70	2,60	2,49	2,37	2,25	2,13	2,00	1,86	1,72
Тривалість виконання маневрового напіврейсу, хв	3,31	3,37	3,45	3,53	3,62	3,73	3,84	3,97	4,13	4,32	4,55
Шоста позиція контролера машиніста											
Витрати дизельного палива, кг	3,43	3,29	3,15	3,02	2,88	2,75	2,61	2,46	2,30	2,14	1,97
Тривалість виконання маневрового напіврейсу, хв	3,20	3,26	3,32	3,38	3,44	3,52	3,63	3,75	3,89	4,07	4,28
Сьома позиція контролера машиніста											
Витрати дизельного палива, кг	4,08	3,91	3,73	3,56	3,38	3,21	3,03	2,86	2,67	2,47	2,26
Тривалість виконання маневрового напіврейсу, хв	3,16	3,22	3,28	3,34	3,40	3,46	3,52	3,62	3,75	3,92	4,13
Восьма позиція контролера машиніста											
Витрати дизельного палива, кг	4,89	4,67	4,44	4,22	4,00	3,98	3,56	3,34	3,11	2,88	2,63
Тривалість виконання маневрового напіврейсу, хв	3,13	3,19	3,25	3,31	3,37	3,43	3,49	3,55	3,64	3,79	3,99

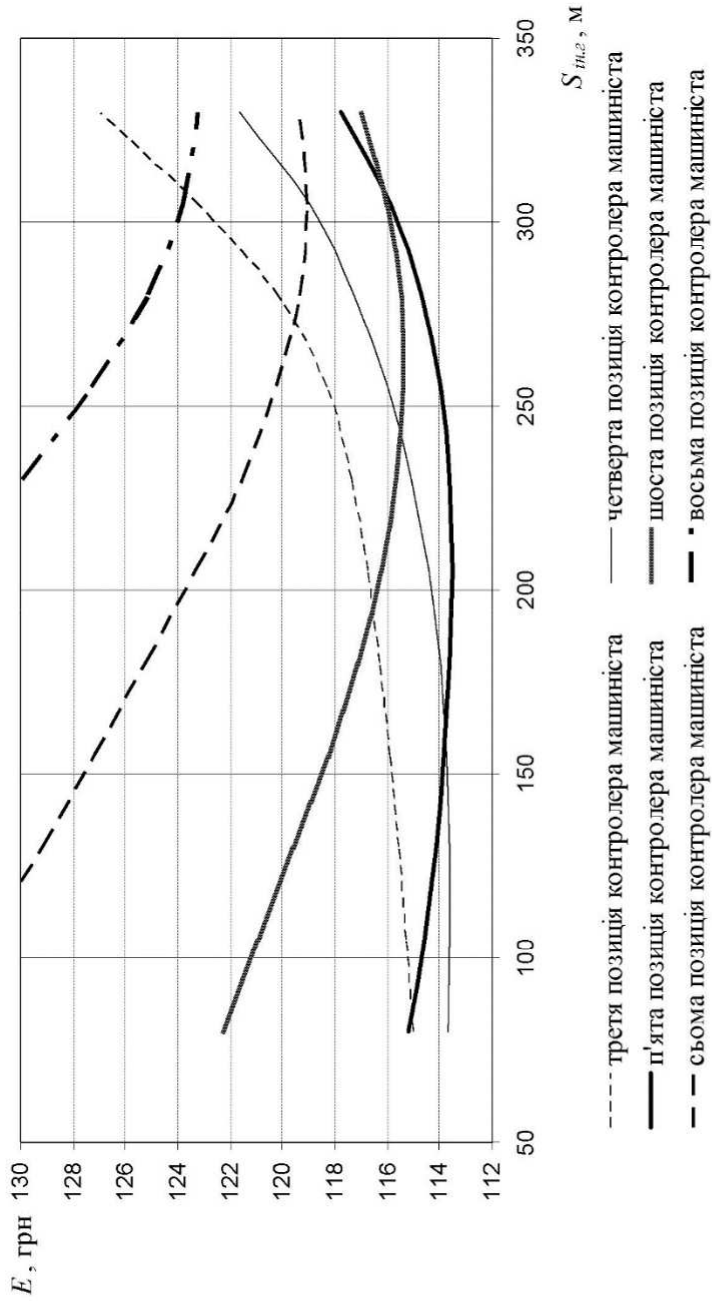


Рис. 2. Залежність сумарних експлуатаційних витрат на дизельне паливо і витрат, пов'язаних з простом вагонів, від величини шляху, що проходить маневровий состав за інерцією і з гальмуванням, при довжині напіврейсу 500 м

Список використаних джерел

1. Галузеві будівельні норми України. Споруди транспорту. Сортувальні пристрої залізниць. Норми проектування: ГБН В.2.3-37472062-1:2012: затв. Наказом Міністерства інфраструктури України 17.01.2013. № 25. Київ: Міністерство інфраструктури України, 2012. 112 с.
2. Інструкція по технічному нормуванню витрат електричної енергії і палива локомотивами на тягу поїздів. Київ : АТ «Укрзалізниця», 2003. 85 с.
3. Shmulevich M. I., Starikov A. E. Structure of simulation model of industrial railway stations and its implementation in AnyLogic. *Promyshlennyj transport XXI vek*. 2015. № 13 (5). P. 198-212.
4. Овчинников В. М., Пожидаев С. А., Швець Н. Г., Скрежендевский В. В. Сокращение расхода дизельного топлива на маневрах. *Транспортные системы и технологии перевозок*. 2011. № 1. С. 62–70.
5. Нечай Т. В. Модели и алгоритмы специализированной информационно-вычислительной системы для планирования маневровой работы на промышленном транспорте Украины : дисс. ... д-ра техн. наук: 05.22.01. Пенза, 2019. 150 с.
6. Данько М. І. Наукові основи ресурсозберігаючих технологій при організації вантажних залізничних перевезень : дис... д-ра техн. наук: 05.22.01. Харків, 2005. 357 с.
7. Топчій М. П. Удосконалення технології роботи технічних засобів сортувальних станцій на основі ресурсозбереження: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2004. 246 с.
8. Похилко С. П. Забезпечення ресурсозбереження шляхом удосконалення технології роботи технічних засобів підсистеми розформування сортувальних станцій : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2005. 273 с.
9. Jaehn F., Otto A., Seifried K. Shunting operations at flat yards: retrieving freight railcars from storage tracks. *Operations Research-Spektrum*. 2018. № 40 (2). P. 367-393.
10. Valent K., Kavička A. Virtual Railway Marshalling Yard. *IFAC Proceedings Volumes*. 1997. № 30 (8). P. 843-846.

Огар Олександр Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту. ORCID iD: 0000-0003-1967-5828. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: ogar.07.12@gmail.com.

Куценко Максим Юрійович, кандидат технічних наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Українського державного університету залізничного транспорту. ORCID iD: 0000-0001-6020-7749. Тел.: (057) 730-10-42. E-mail: maksimus84@meta.ua.

Верховод Микола Миколайович, магістрант, група 11-ІІ-ТТ Українського державного університету залізничного транспорту.

Старинцева Юлія Сергіївна, магістрант, група 11-ІІ-ТТ Українського державного університету залізничного транспорту.

Топчій Анна Василівна, студентка групи 13-ІІІ-ОПУТ Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: 095-461-85-71. E-mail: anyatopchiy22@gmail.com.

Ohar Oleksandr, D. Sc. (Tech.), professor, department of Railroad stations and junctions“, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD: 0000-0003-1967-5828. Tel.: (057) 730-10-42. E-mail: ogar.07.12@gmail.com.

Kutsenko Maksym, PhD (Tech.), Associate Professor, department of Railroad stations and junctions“, Ukrainian State University of Railway Transport. ORCID iD: 0000-0001-6020-7749. Tel.: (057) 730-10-42. E-mail: maksimus84@meta.ua.

Verkhovod Mykola, master, group 11-II-TT, Ukrainian State University of Railway Transport.

Staryntseva Yuliia, master, group 11-II-TT, Ukrainian State University of Railway Transport.

Topchiy Anna Vasylyvna, student group 13-III-OPUT Ukrainian State University of Railway. Tel: 095-461-85-71. E-mail: anyatopchiy22@gmail.com.

Статтю прийнято 12.02.2020 р.