

УДК 656.212.5

*Д-р техн.наук О.М. Огар,  
А.В. Подлузький, В.І. Халус*

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕДУРИ РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ ПАЛИВА  
ГІРКОВИМИ ЛОКОМОТИВАМИ У ПРОЦЕСІ НАСУВУ  
ТА РОЗПУСКУ СОСТАВІВ**

**Вступ.** Однією з головних проблем залізничного транспорту України є проблема ресурсозбереження. Залізничний транспорт щорічно використовує до 5% електроенергії, що виробляється, і до 10% дизельного палива. Суттєвий вплив на витрати паливно-енергетичних ресурсів

здійснюють технологія роботи, система управління, стан і конструкція засобів транспорту.

**Актуальність.** Для вибору раціональної конструкції поздовжнього профілю насувної частини сортувальної гірки, оцінки рівня використання паливно-

енергетичних ресурсів діючих сортувальних пристроїв та визначення ефективних режимів насуву і розпуску составів з гірки необхідна високоточна імітаційна модель. Слід зазначити, що достовірність результатів моделювання відомих моделей не перевищує 90 %. Урахування впливу середовища і вітру на швидкість руху локомотива з вагонами у вигляді окремого параметра дозволить підвищити точність розрахунку витрат дизельного палива.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Розробленням імітаційних моделей насуву і розпуску составів з метою визначення витрат паливно-енергетичних ресурсів займалися такі вчені і практики, як Данько М.І., Топчів М.П., Похилко С.П. та ін. [1-3]. Слід зазначити, що існуючі підходи до розрахунку вказаних витрат є достатньо спрощеними, тобто не в повній мірі враховують усі фактори, які впливають на процес насуву і розпуску составів.

**Формулювання мети (постановка завдання).** Метою даної роботи є підвищення точності розрахунку витрат дизельного палива гірковими локомотивами при виконанні окремих операцій гіркового технологічного процесу шляхом удосконалення моделей насуву та розпуску составів з гірки.

**Розроблення процедури розрахунку витрат палива гірковими локомотивами.** Розрахунок витрат паливно-енергетичних ресурсів на насув та розпуск составів повинен базуватися на урахуванні маси і довжини одиниць рухомого складу, кількості відчепів у составі, розподілу в них маси, основного питомого опору руху вагонів, початкової позиції контролера, тривалості руху на кожній позиції, параметрів метеорологічних умов, типу вагонів, плану і профілю елементів сортувального комплексу, режимів регулювання швидкості скочування відчепів з гірки, стану колійного розвитку, гальмових засобів та вагонів, заповнення колій сортувального парку, можливої

наявності вагонів у составі, що не підлягають розпуску з гірки, та інших випадкових факторів.

Урахувати в процедурі всю множину факторів, що впливають на процес насуву та розпуску составів, безумовно не можливо. У процесі задіяне достатнє число факторів, що носять випадковий характер і часто спричиняють зупинку состава внаслідок «запусків» відчепів, заклинювання автозчеплень, сходу рухомого складу тощо та додаткову маневрову роботу, пов'язану з ліквідацією вказаних наслідків і появою у составі вагонів, пропуск яких через сортувальну гірку повинен здійснюватись тільки з локомотивом.

Перед реальним розпуском состава окремі аварійні ситуації та браки у роботі майже не можливо спрогнозувати. Крім того, складно спрогнозувати поведінку повітряних мас. У зв'язку з цим пропонується у процедурі процес насуву та розпуску розглядати як детермінований (без урахування випадкових факторів) та зробити допущення про незначне коливання швидкості і напрямку вітру протягом доби відносно їх середніх значень, тобто враховувати тільки їх математичні очікування. Такий підхід до урахування параметрів метеорологічних умов частково виправдовується тим, що, враховуючи довжину состава, додатковий питомий опір його руху від середовища і вітру в основному є стабільним. Збільшення впливу випадковості переміщення повітряних мас на величину витрат палива починається тоді, коли, за попередніми оцінками, у составі, що розпускається, залишається в середньому 20 вагонів.

Таким чином, на відмінну від попередньої процедури [4] пропонується враховувати вплив середовища і вітру на швидкість руху локомотива з вагонами у вигляді окремої складової загального питомого опору. Це дозволить підвищити достовірність результатів моделювання. З цією ж метою у процедурі доцільно

використати осьову модель вагона, яка була запропонована у [5].

У загальному випадку зрушування состава з місця і його подальший рух повинні здійснюватись при граничній позиції контролера, яка визначається в залежності від технічного стану гіркового локомотива і маси состава. При досягненні встановленої швидкості насуву подальший рух локомотива з вагонами слід виконувати з постійною швидкістю до того моменту, коли перша вісь головного вагона (найближчого вагона до вершини гірки) не вступить на перехідну дільницю. З настанням указаної події необхідно забезпечити зменшення швидкості состава до заданої швидкості розпуску і контролювати наявне число відчепів у составі. Відрив відчепа від состава повинен відбуватися у той момент, коли еквівалентна крутизна уклону, на якому відчеп знаходиться, почне перевищувати загальний питомий опір його руху. Подальше регулювання швидкості розпуску состава слід здійснювати таким чином, щоб відхилення від заданої швидкості розпуску не перевищувало 0,5 км/год, де 0,5 – різниця швидкостей, що візуально сприймається машиністом локомотива на спідометрі.

Узагальнену процедуру розрахунку витрат палива гірковими локомотивами при насуві та розпуску составів можна подати у вигляді такої послідовності дій:

1) здійснюється введення швидкості розпуску состава, числа стрілочних переводів і кривих дільниць колій по маршруту насуву, координат точок перелому поздовжнього профілю, вершин кутів повороту та центрів стрілочних переводів, крутизни елементів поздовжнього профілю насувної частини, кутів повороту на стрілочних переводах і кривих, ваги і довжини локомотива, числа позицій контролера, початкової позиції контролера, сили тяги локомотива,

годинної витрати палива, числа відчепів у составі, числа вагонів у відчепах, типу, числа осей, довжини, міделя, осьової моделі, ваги та основного питомого опору кожного вагона;

2) визначаються вага і довжина відчепів, вага і довжина состава, загальне число вагонів у составі, прискорення вільного падіння з урахуванням інерції мас вагонів, що обертаються;

3) виконується математичний опис плану і поздовжнього профілю парку приймання (витяжки розформування) і насувної частини гірки системами лінійних і нелінійних рівнянь;

4) перевіряється умова зрушування состава з місця;

5) моделюється насув состава на гірку з урахуванням усіх видів опору, заданої сили тяги локомотива та еквівалентної крутизни уклону на кожному кроці моделювання. При цьому розраховуються та додаються миттєві витрати палива гірковим локомотивом;

6) перевіряється умова входу першої осі головного вагона на перехідну дільницю. Якщо умова виконується, зменшується швидкість насуву состава до швидкості розпуску;

7) перевіряється умова відриву відчепа від состава. Якщо вказана подія відбувається, перераховуються вага і довжина состава, корегується позиція контролера машиніста, виходячи з умови  $|V_e - V_d| \leq 0,5$ , та перевіряється умова наявності вагонів у составі. Якщо розпуск состава не закінчено, повторюються кроки з 5 по 7 ;

8) якщо число вагонів у составі після відриву відчепа дорівнює нулю, виводяться на друк витрати дизельного палива, тривалості насуву та розпуску состава.

Миттєві швидкості состава розраховуються шляхом розв'язання диференційного рівняння

$$\frac{dV}{dt} = g'(S) \cdot \left( \begin{array}{l} f_m(V(I_1^{нас}, I_2^{нас})) + I_{екв}(S, I_1^{нас}, I_2^{нас}) - \omega_0^{лок}(V(I_1^{нас}, I_2^{нас})) - \\ - \omega_0^{сост}(S) - \omega_{ск}(S, V(I_1^{нас}, I_2^{нас})) - \omega_{св}(S, V(I_1^{нас}, I_2^{нас})) \end{array} \right) \cdot 10^{-3},$$

де  $g'(S)$  – прискорення вільного падіння з урахуванням моменту інерції мас, що обертаються, локомотива і вагонів состава, м/с<sup>2</sup>;

$f_m(V(I_1^{нас}, I_2^{нас}))$  – миттєва питома сила тяги локомотива, Н/кН;

$V(I_1^{нас}, I_2^{нас})$  – миттєва швидкість состава, що насувається або розпускається з гірки, м/с;

$I_1^{нас}, I_2^{нас}$  – крутість відповідно першого і другого елементів поздовжнього профілю,  $^{\circ}$ ;

$I_{екв}(S, I_1^{нас}, I_2^{нас})$  – миттєва крутість еквівалентного уклону,  $^{\circ}$ ;

$S$  – шлях, що пройдено локомотивом з вагонами з моменту початку насуву состава на гірку, м;

$\omega_0^{лок}(V(I_1^{нас}, I_2^{нас}))$  – миттєвий основний питомий опір гіркового локомотива, Н/кН;

$\omega_0^{сост}(S)$  – основний питомий опір состава, Н/кН;

$\omega_{ск}(S, V(I_1^{нас}, I_2^{нас}))$ ,  $\omega_{св}(S, V(I_1^{нас}, I_2^{нас}))$  – миттєвий додатковий питомий опір руху

локомотива і состава відповідно від стрілок і кривих, середовища і вітру, Н/кН.

Наведену узагальнену процедуру використано для розроблення імітаційної моделі насуву та розпуску составів. Урахування впливу середовища і вітру на швидкість руху локомотива з вагонами у вигляді окремого параметра дозволило на 6,3 % підвищити точність розрахунку витрат дизельного палива в окремі періоди року.

Розроблену імітаційну модель насуву і розпуску составів використано для вибору раціональної конструкції поздовжнього профілю насувної частини.

**Висновки.** Оптимізація режимів роботи маневрових локомотивів і конструкції поздовжнього профілю насувної частини на основі розрахунку витрат палива в заданих умовах експлуатації дозволить підвищити заощадження вказаного ресурсу при виконанні технологічних операцій гіркового циклу. Застосування розробленого програмного забезпечення є доцільним на автоматизованому робочому місці маневрового диспетчера.

### *Список літератури*

1. Данько, М.І. Наукові основи ресурсозберігаючих технологій при організації вантажних залізничних перевезень [Текст]: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.01 / М.І. Данько. – Харків, 2005. – 357 с.
2. Топчієв, М.П. Удосконалення технології роботи технічних засобів сортувальних станцій на основі ресурсозбереження [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / М.П. Топчієв. – Харків, 2004. – 246 с.
3. Похилко, С.П. Забезпечення ресурсозбереження шляхом удосконалення технології роботи технічних засобів підсистеми розформування сортувальних станцій [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / С.П. Похилко. – Харків, 2005. – 273 с.
4. Розробка моделі для визначення витрат палива гірковими локомотивами при насуві та розформуванні составів [Текст] / Т.В. Бутько, М.І. Данько, О.М. Огар, М.П. Топчієв // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техника, 2004. – Вып. 58. – С. 217-221.

5. Огар, О.М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст]: дис... д-ра техн. наук / О.М. Огар. – Харків, 2011. – 368 с.

**Ключові слова:** дизельне паливо, маневровий локомотив, сортувальна гірка, розпуск составів.

### *Анотації*

Удосконалено підхід до розрахунку витрат дизельного палива маневровим локомотивом при виконанні окремих операцій гіркового циклу. Запропоновано диференціальне рівняння руху состава. Оцінено точність розрахунку витрат палива.

Усовершенствован подход к расчету расхода дизельного топлива маневровым локомотивом при выполнении отдельных операций горочного цикла. Предложено дифференциальное уравнение движения состава. Оценена точность расчета расхода топлива.

Improved approach to calculating the consumption of diesel shunting locomotive when performing certain operations hump cycle. Proposed composition of the differential equation of motion. The accuracy of the calculation of fuel consumption.