

водити широкий спектр досліджень по вивченню впливу механічних і геометричних параметрів балки, жорсткості її упругих опор, а також лінійних координат закріплення соленоїда і тягового двигачеля на коливання, прогиби і напружено-деформованне стання самої балки і виникаючі при цьому механічні напруження.

1. Исследование нагруженности балок подвески тяговых двигателей трамвайных вагонов Т-3 в режимах тяги и торможения. – М.: ВНИИЦ, 1983. – 83 с.
2. Бабаков И.М. Теория колебаний. – М.: Наука, 1968. – 560 с.
3. Филиппов А.П. Колебания упругих систем. – К.: Изд-во АН УССР, 1970. – 736 с.
4. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики Т.2. – М.: Наука, 1979. – 544 с.

Получено 27.07.2004

УДК 656.212.5

Т.В.БУТЬКО, д-р техн. наук, М.І.ДАНЬКО, О.М.ОГАР, кандидати техн. наук
Українська державна академія залізничного транспорту, м.Харків
М.П.ТОПЧІЄВ
Укрзалізниця, м.Київ

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ПАЛИВА ГІРКОВИМИ ЛОКОМОТИВАМИ ПРИ НАСУВІ ТА РОЗФОРМУВАННІ СОСТАВІВ

Аналізуються існуючі методики визначення витрат палива маневровими локомотивами. Запропонована модель для визначення витрат паливо-енергетичних ресурсів при насуві і розформуванні составів, в основу якої покладено математичну модель з використанням методів динамічного програмування.

Сьогодні в Україні досить актуальними стають проблеми енерго-і ресурсозбереження. Аналіз статистичних даних питомих витрат палива при розформуванні составів на сортувальних гірках станції Основа Південної залізниці за період з 1997 по 2002 рр. вказує на незадовільне використання гіркових локомотивів (у порівнянні з 1997 р. питомі витрати у 2002 р. збільшились більше ніж на 20%). Аналогічні результати спостережень були отримані на Донецькій залізниці. Причиною такого стану є відсутність прогнозування процесу управління гірковими локомотивами (вибір позиції контролера, що забезпечує мінімальні витрати палива при розформуванні составів).

Серед факторів, які слід враховувати при визначенні витрат паливно-енергетичних ресурсів при розформуванні составів, необхідно зазначити масу і довжину состава, кількість відцепів у составі, масу і довжину відцепів, розподіл маси у відщепах, основний питомий опір руху вагонів, початкову позицію контролера, тривалість руху на кожній позиції контролера, метеорологічні умови, рід вагонів і вантажів,

план і профіль насувної і спускної частини і колій передгіркового парку або витяжних колій, регулювання швидкості скочування на спускній частині гірки, стан колійного розвитку, стан засобів регулювання швидкості скочування відчепів, стан вагонів, заповнення колій сортувального парку, наявність у составі вагонів, що не підлягають розпуску з гірки, випадкові фактори та ін. Існуючі методики визначення витрат енергоресурсів не в повній мірі враховують всі фактори, які впливають на процес насуву і розпуску составів.

Поряд з вказаними факторами не меншої уваги заслуговує такий фактор, як технічний стан маневрових локомотивів. Сьогодні в нашій країні відбувається поступове поновлення локомотивного парку, що вказує на різноманітність експлуатаційних можливостей гіркових локомотивів. За даними експлуатації, більшість тепловозів ЧМЕ-3 не дозволяють виконувати розгін великовагових составів до швидкості розпуску при насуванні на гірку на останніх позиціях контролера. Як правило, ця операція виконується на 3-6 позиціях. Тому при розробці моделей насуву і розпуску составів з гірки необхідно врахувати технічний стан локомотива і вид окремого параметра, яким може бути гранична позиція контролера, що забезпечує зрушування з місця великовагового состава і його розгін до встановленої швидкості розпуску. Оцінку технічного стану гіркового локомотива можна отримати на реостатних випробуваннях шляхом заміру витрат паливно-енергетичних ресурсів.

Слід зазначити, що врахувати всі перераховані вище фактори в моделі досить складно, оскільки деякі фактори носять випадковий характер (можуть змінюватися у процесі реального розпуску). Прикладом цього може бути необхідність зменшення швидкості розпуску состава або взагалі його зупинка у разі невдалого регулювання швидкості скочування відчепів на спускній частині, наявності вагонів з незадовільним станом колісних пар для гальмування, заклинювання автотягача, неможливості розділення відчепів, схід рухомого складу та ін. Такі ситуації важко прогнозувати безпосередньо перед реальним розпуском, і слід визначити, що багато з них є досить частими. Тому при розробці моделі пропонується зробити припущення про відсутність випадкових факторів, тобто процес розформування розглядати детермінованим і не враховувати параметри, що від них залежать. У цьому випадку за вихідні дані слід приймати значення параметрів, які заздалегідь відомі.

В основу алгоритму запропонованої моделі покладено дослідження і математичну модель з використанням методів динамічного програмування, наведені в [1]. В моделі зрушування составу з місця і

подальший рух здійснюється при граничній позиції контролера, що визначається технічним станом локомотива, або при меншому номері позиції – залежно від маси составу. При досягненні встановленої швидкості розпуску насув виконується з постійною швидкістю регулювання контролером. На кожному кроці контролюється число відчепів у составі. У моделі прийняті деякі допущення. За центр маси відчепа прийнята точка, що знаходиться на половині його довжини. Припускається, що відрив відчепа від составу відбувається у той момент, коли його центр маси пройшов половину умовної дільниці на вершині гірки. При відриві відчепа змінюється позиція контролера за умовою забезпечення встановленої швидкості розпуску.

Послідовність визначення витрат дизельного палива така:

1. Здійснюється введення швидкості розпуску составу (V_p), довжини дільниці колії перед насувною частиною (ln), довжини насувної частини ($l_{нас}$), довжини умовної площадки на вершині гірки ($l_{ум}^{BG}$), профільної висоти насувної частини (h_{np}), маси і довжини локомотива (P, l_L), числа стрілок і кривих по маршруту насуву ($N_{СТР}, N_{КР}$), координат стрілочних переводів ($l_{стр_y}$), кутів повороту на стрілочних переводах ($акр_y$), координат кривих ($l_{кр_y}$), кутів повороту на кривих ($акр_y$) [2], числа 4-вісних вантажних вагонів у відчепах (n_4^B), числа 4-вісних порожніх вагонів у відчепах ($n_4^П$), числа 8-вісних вантажних вагонів у відчепах (n_8^B), числа 8-вісних порожніх вагонів у відчепах ($n_8^П$), початкових значень уклонів 1-го і 2-го елементів профілю (i_1, i_2), збільшення по змінним i_1 і i_2 ($\Delta i_1, \Delta i_2$), початкової позиції контролера (n_k^0), числа відчепів ($n_{відч}$), ваги 4-вісних вантажних вагонів (Q_4^B), ваги 4-вісних порожніх вагонів ($Q_4^П$), ваги 8-вісних вантажних вагонів (Q_8^B), ваги 8-вісних порожніх вагонів ($Q_8^П$), довжини 4-вісних вагонів ($l_{4вісн}$), довжини 8-вісних вагонів ($l_{8вісн}$).

2. Визначаються вага і довжина відчепів ($Q_{ВДЧ_j}, l_{ВДЧ_j}$), вага і довжина составу (Q_c, l_c), число 4-вісних вантажних і порожніх вагонів ($m_4^B, m_4^П$), число 8-вісних вантажних і порожніх вагонів ($m_8^B, m_8^П$), загальне число вагонів у составі (m), частка 4-вісних вантажних і по-

рожніх вагонів (β_4^B, β_4^{Π}), частка 8-вісних вантажних і порожніх вагонів (β_8^B, β_8^{Π}), прискорення вільного падіння з урахуванням інерції мас вагонів, що обертаються (g'), довжини першого і другого елементів профілю насувної частини.

3. Виконується апроксимація поздовжнього профілю функцією

$$h(S) = C_0 + C_1 \cdot S + C_2 \cdot S^2 + \dots + C_n \cdot S^n.$$

4. Виконується перевірка на умову зрушення состава з місця.

5. Виконується перевірка на умову відриву відчепа від составу. Уразі відриву відчепа визначаються вага і довжина составу, $m_4^B, m_4^{\Pi}, m_8^B, m_8^{\Pi}, m, \beta_4^B, \beta_4^{\Pi}, \beta_8^B, \beta_8^{\Pi}, g'$. Якщо $Q_C = 0$, закінчується моделювання насуву та розпуску составу і виконується друк витрат палива.

6. Визначаються сила тяги локомотива (F_K) як функції n_K, V_n , питомий опір локомотива (ω_0), 4-вісних вантажних і порожніх вагонів ($\omega_4^B, \omega_4^{\Pi}$), 8-вісних вантажних і порожніх вагонів ($\omega_8^B, \omega_8^{\Pi}$), питомий опір на стрілках і кривих (ω_{CK}), сумарний питомий опір (ω_K) і середній уклон, на якому знаходиться состав.

7. Здійснюється вирішення системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dV(t, i_1, i_2)}{dt} = \frac{g}{P_{\text{Л}} + Q(t)} (F_K(V(t, i_1, i_2)) - (P_{\text{Л}} + Q(t))i_{\text{CEP}}(i_1, i_2, S(t), l_C(t))), \\ dS = V(t, i_1, i_2)dt \end{cases}$$

$$S = S + dS; \quad V_K = V_n + dV.$$

8. Здійснюється інтегрування витрати палива

$$G_n(t, i_1, i_2) = \int_0^{tk} (b_0 + b_1 \cdot V_K(t, i_1, i_2) + b_2 \cdot (V_K(t, i_1, i_2))^2) dt.$$

9. Визначається номер позиції контролера машиніста для наступного кроку моделювання за умовою $|V_K - V_P| \leq 0,5$.

На підставі запропонованого алгоритму розроблено програмне забезпечення, що дозволяє прогнозувати процес управління гірковим локомотивом при насуві і розформуванні составів. Вибір оптимального режиму роботи локомотива дозволить істотно скоротити витрати палива при виконанні операцій гіркового циклу. Тому пропонується це програмне забезпечення використовувати на автоматизованому робо-

чому місці маневрового диспетчера, а також для вибору раціональної конструкції повздовжнього профілю насувної частини при проектуванні нових гірок і реконструкції існуючих.

1.Бутько Т.В., Огар О.М., Топчієв М.П. Дослідження впливу конструктивних параметрів повздовжнього профілю насувної частини гірок на витрати палива при розформуванні составів // Удосконалення управління експлуатаційною роботою залізниць: Міжвуз. зб. наук. праць. Вип.53. – Харків: УкрДАЗТ, 2003. – С.13-19.

2.Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах СССР: ВСН 207-89/МПС. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.

Отримано 28.06.2004

УДК 656.025 : 510.223

О.В.ЛАВРУХІН

Донецький інститут залізничного транспорту

ОПЕРАТИВНЕ КОРЕГУВАННЯ ВАГОНПОТОКУ В МЕЖАХ ІСНЮЮЧОГО ПЛАНУ ФОРМУВАННЯ ПОЇЗДІВ

Розглядається можливість використання математичного апарату нечітких множин та досягнень у галузі безпаперової передачі даних для оперативного корегування плану формування поїздів. Для одержання економічного ефекту розглядається можливість застосування моделі на окремих станціях із застосуванням електронного документообігу.

Аналізом показників роботи дирекції залізничних перевезень виявлено недосконалість системи планування та організації вагонопотоків. Це в першу чергу пов'язано з тим, що діючий план формування поїздів не враховує складних ринкових умов, які склалися в останні роки. Про це свідчить те, що певна кількість клієнтів залізниці переходить на альтернативні види транспорту. В першу чергу це пов'язано із нестачею рухомого складу та невиконанням обов'язків залізниці по виконанню термінів доставки вантажу. В даних умовах постає задача пошуку нових методів, які будуть враховувати нечіткість вхідної інформації, яка є базовою для планування та організації вагонопотоків.

Відповідно до концепції та програми реструктуризації на залізничному транспорті України передбачається здійснення комплексу заходів з інформаційно технологічного реформування галузі [1].

Залізнична станція являє собою основний лінійний підрозділ залізниці в цілому, саме тут відбувається зародження вагонопотоку. Залізничну станцію як об'єкт управління можна віднести до організаційно-економічних систем. Побудова моделі функціонування залізничної станції в умовах невизначеності за допомогою аналітичних методів пов'язана з великою кількістю припущень, що знижує точність мате-