

Обґрунтовано необхідність розробки наукового підходу до визначення стратегії експлуатації сортувальних гірок на період життєвого циклу. Наведено модель розрахунку раціональних технологічних параметрів діючих гірок

Ключові слова: сортувальна гірка, процес розформування, технологічні параметри

Обоснована необходимость разработки научного подхода к определению стратегии эксплуатации сортировочных горок на период жизненного цикла. Приведена модель расчета рациональных технологических параметров действующих горок

Ключевые слова: сортировочная горка, процесс расформирования, технологические параметры

The necessity to develop a scientific approach to the strategy guide for hump yards during the life cycle is grounded. A calculation model of rational technological parameters of existing hump yards is presented

Key words: hump yard, braking-up, technological parameters

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ РАЦІОНАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДІЮЧИХ СОРТУВАЛЬНИХ ГІРОК

О.М. Огар

Доктор технічних наук, доцент
Кафедра залізничних станцій та вузлів*
Контактний тел.: (057) 730-10-42

К.А. Асєєва*

Контактний тел.: 066-939-71-93

А.В. Солянкін*

Контактний тел.: 093-827-41-62

*Українська державна академія залізничного транспорту
майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

1. Вступ

Необхідність модернізації сортувальних гірок, які забезпечують процес розформування потоку составів, назріла ще в минулому сторіччі і пов'язана з недосконалістю їх конструкції і технології роботи, відсутністю комплексної автоматизації гіркового технологічного процесу на більшості залізничних станцій країн СНД, значним ступенем зносу і моральним старінням засобів регулювання швидкості скочування відцепів і пристроїв гіркової автоматики та іншими факторами.

2. Постановка проблеми

Стан виробничо-технічної бази галузі, а також її технологічний стан за багатьма параметрами не відповідають зростаючим потребам суспільства та європейським стандартам якості надання транспортних послуг. Поліпшити стан галузі дозволить рішення ряду важливих проблем залізничного транспорту України.

Однією з таких проблем є підвищення заощадження паливно-енергетичних, виробничих і перевізних ресурсів. Рішення цієї проблеми ускладнюється невідповідністю потужності технічного оснащення залізничних станцій обсягам переробки.

Таким чином, техніко-технологічна модернізація виробничих процесів, зокрема сортувального процесу, є важливим заходом на шляху підвищення ефективності функціонування галузі.

3. Аналіз досліджень і публікацій

Спроби розробки методів знаходження оптимальних керуючих дій були зроблені в [1-10]. Серед перших рішень задачі оптимізації процесу розформування составів слід зазначити рішення Ю.А. Мухи [1, 5]. Подальший розвиток теоретичні підходи до оптимізації режимів гальмування відцепів отримали в працях В.І. Бобровського, М.П. Божка, В.М. Іванченка, М.М. Лябаха та інших [2-4, 6-10].

У [2] запропоновано процедуру знаходження раціонального плану розформування составу, яка дозволяє визначити значення керуючих дій в заданих умовах експлуатації. У [3] запропоновано модель процесу розформування, яка базується на системному підході і дозволяє знайти оптимальні керуючі дії за критерієм мінімуму тривалості розпуску состава. У [10] також використано системний підхід для формалізації задачі оптимального управління. Тільки як критерій оптимальності прийнятий максимум мінімального інтервалу між відчепами. У [4] вказана задача була перетворена у двокритерійну. Другим критерієм виступають

сумарні витрати енергії при включенні вагонних уповільнювачів для гальмування відцепів.

Оптимізація процесу гальмування відцепів за критерієм мінімізації енерговитрат на регулювання швидкості їх скочування в умовах створення та впровадження ресурсозберігаючих технологій на залізничних станціях України безумовно є важливим напрямком підвищення якості сортувального процесу.

При цьому слід зазначити, що процес гальмування відцепів здійснює суттєвий вплив і на такі якісні показники процесу розформування составів, як середня величина «вікна» і середня швидкість співударяння вагонів на коліях підгіркового парку. У зв'язку з цим, доцільним є виконання оптимізаційних розрахунків не тільки з урахуванням енерговитрат на регулювання швидкості, а і з урахуванням витрат на відшкодування втрат від ушкодження вагонів і вантажів та витрат, пов'язаних з простоем составів у парку приймання в очікуванні розформування, які є функцією відповідно середньої швидкості співударяння вагонів і середньої величини «вікна» на коліях підгіркового парку.

4. Формулювання мети (постановка завдання)

Метою даних досліджень є забезпечення заощадження паливно-енергетичних, виробничих і перевізних ресурсів при виконанні операцій гіркового технологічного процесу шляхом удосконалення наукового підходу до розрахунку раціональних технологічних параметрів діючих сортувальних гірок.

5. Розробка моделі для визначення раціональних технологічних параметрів діючих сортувальних гірок

Підвищення ефективності процесу розформування потоку составів на сортувальних гірках залізничних станцій України може бути забезпечено шляхом удосконалення їх конструкції і (або) технології роботи. При цьому відомо, що реконструкція сортувального пристрою є достатньо капіталоемним заходом, який в умовах низьких обсягів переробки у більшості випадків за період життєвого циклу не окупається.

Виходячи з цього, удосконалення технологічних параметрів діючих сортувальних гірок в сучасних умовах слід вважати основним напрямком зменшення експлуатаційних витрат на виконання операцій гіркового технологічного процесу.

З цих позицій доцільною є розробка наукового підходу до визначення стратегії експлуатації діючих гірок на період життєвого циклу. Основними технологічними параметрами, що визначають вказану стратегію, є швидкість розпуску (V_p) і режими гальмування відцепів, що забезпечують мінімальні види витрат системи «Сортувальна гірка» з наростаючим підсумком (E) за період життєвого циклу ($t_{жц}$) [11]. Модель для визначення раціональних технологічних параметрів вказаної системи має наступний аналітичний вид

$$E = \int_0^{t_{жц}} E(V_p, V_{вих1}, V_{вих2}, t) dt \rightarrow \min,$$

де $E(V_p, V_{вих1}, V_{вих2}, t)$ – миттєві експлуатаційні витрати системи з наростаючим підсумком, млн грн;

$V_{вих1}, V_{вих2}$ – допустимі швидкості виходу відцепів відповідно з I і II гальмових позицій, м/с.

Мінімізація цільової функції здійснюється при наступних обмеженнях-нерівностях

$$\begin{cases} 0,8 \leq V_p \leq V_p^{max}; \\ V_{вих1}^{PB} \leq V_{вих1} \leq V_{вих1}^{XB}; \\ V_{вих2} \leq V_{вих2}^{\%}, \end{cases}$$

де V_p^{max} – максимально можлива швидкість розпуску составів, м/с;

$V_{вих1}^{PB}, V_{вих1}^{XB}$ – швидкість виходу з I гальмової позиції відповідно дуже поганого (ДП) і хорошого бігунів (ХБ) при вільному скочуванні, м/с;

$V_{вих2}^{XB}$ – швидкість виходу ХБ з II гальмової позиції при вільному скочуванні, м/с.

Швидкість розпуску составів і режими гальмування відцепів, які визначаються швидкостями $V_{вих1}$ і $V_{вих2}$, при прийнятих числі і типі гіркових локомотивів та вагонних уповільнювачів на спускній частині і підгіркових коліях впливають на такі показники, як витрати електроенергії на регулювання швидкості скочування відцепів $G_{ел}$, число ушкоджених вагонів $n_{ушк}$ і додатковий простій составів у парку приймання в очікуванні розформування $t_{оч}^{ин}$. Крім того, від швидкості розпуску составів залежать витрати палива на насув і розформування составів C_n .

Вказані показники розраховуються з використанням моделі функціонування сортувальної гірки, яка наведена далі.

У реальному масштабі часу швидкість виконання маневровим локомотивом окремих операцій гіркового технологічного процесу (заїзду, перестановки, насуву, розпуску і осаджування) ($V_l(t)$) можна вважати єдиним керованим вхідним впливом на систему „Сортувальна гірка”. Це пов'язано з тим, що вказана швидкість встановлюється на підставі діючих нормативних документів або спеціальних розрахунків. Позначимо множину впливів, що здійснюють цілеспрямовану зміну стану системи „Сортувальна гірка” через $U(t)$.

До множини некерованих вхідних впливів $V(t)$ відносяться параметри, що відображають поточний стан метеорологічних умов (температура зовнішнього повітря ($t^o(t)$), швидкість ($V_v(t)$) та напрямок ($\beta(t)$) вітру), та інтенсивність вхідного вагонопотоку у момент часу t ($\lambda(t)$).

Стан системи „Сортувальна гірка” у момент часу t можна записати у наступному виді

$$Q(t) = F^o(t, Q_o, Z(t), P(t), U(t), V(t)),$$

де F^o – оператор стану системи;

Q_o – початковий стан системи;

$Z(t)$ – характеристики системи, які залежать від множини вхідних впливів $U(t) \cup V(t)$ на систему;

$P(t)$ – множина параметрів керування, які можуть змінюватись у процесі функціонування системи та забезпечувати підвищення її якості.

Початковим станом системи є множина наступних параметрів: число гіркових локомотивів ($N_{гд}$), крутизна елементів поздовжнього профілю насувної частини гірки ($I_{нч}$), крутизна елементів поздовжнього профілю спускної частини гірки ($I_{сч}$), число вагонних уповільнювачів, що розташовані на спускній частині ($N_{сч}$), число вагонних уповільнювачів, що розташовані на сортувальних коліях ($N_{ск}$), потужність ($P_{лок}$) і довжина ($l_{лок}$) гіркового локомотиву, число стрілочних переводів ($N_{стр}$) і кривих дільниць колій ($N_{кр}$), координати центрів переводів ($x_{цп}$, $y_{цп}$) і вершин кутів повороту ($x_{вк}$, $y_{вк}$), кути повороту на стрілочних переводах ($\alpha_{стр}$) та кривих дільниць колій ($\alpha_{кр}$), радіуси перевідних кривих стрілочних переводів ($R_{стр}$) і кривих дільниць колій ($R_{кр}$), радіуси вертикальних кривих ($R_{в}$), число колій у парку приймання ($m_{к}$), годинні витрати палива гірковим локомотивом ($q_{год}$), витрати електроенергії на одне спрацювання вагонного уповільнювача ($q_{ел}$), вартість дизельного палива ($e_{п}$) і електроенергії ($e_{ел}$), вартість вагоно-годин простою ($e_{ваг-год}$) і вартість систем автоматизації ($C_{авт}$).

Основною характеристикою системи, що залежить від множини вхідних впливів $U(t)$ і $V(t)$, є рівень годинного завантаження гірки у момент часу t ($\rho_r(t)$).

До параметру керування слід віднести миттєву питому роботу гальмових сил при гальмуванні відцепів на спускній частині і підгіркових коліях ($h_r(t)$).

Виходом системи „Сортувальна гірка” є множина параметрів

$$Y(t) = (G_{п}(t), G_{ел}(t), n_{ушк}(t), t_{оч}^{mn}(t)),$$

де $G_{п}(t)$ – сумарні витрати палива гірковими локомотивами на насув і розпуск составів, кг;

$G_{ел}(t)$ – сумарні витрати електроенергії на регулювання швидкості скочування відцепів, кВт.год.;

$n_{ушк}(t)$ – сумарне число ушкоджених вагонів на гірці;

$t_{оч}^{mn}(t)$ – сумарний простій составів у парку приймання в очікуванні розформування, год.

Значення вихідних параметрів $Y(t)$ є координатами фазової траєкторії у фазовому просторі та залежать від вхідних впливів $U(t)$ і $V(t)$, внутрішньої характеристики системи $Z(t)$ і параметру керування $P(t)$.

Таким чином, виходячи із системного підходу [12], закон функціонування системи „Сортувальна гірка” буде мати наступний вид

$$Y(t) = G^{\circ}(t, Q_o, Z(t), P(t), U(t), V(t), S(t))$$

або

$$Y(t) = G^{\circ}(t, Q_o, \rho_r(t), h_r(t), V_{л}(t), t^{\circ}(t), V_2(t), \beta(t), \lambda(t), S(t)),$$

де G° – оператор виходу;

$S(t)$ – вектор структурної перебудови;

$Q_o = (N_{гд}, I_{нч}, I_{сч}, N_{сч}, N_{ск}, P_{лок}, l_{лок}, N_{стр}, N_{кр}, x_{цп}, y_{цп}, x_{вк}, y_{вк}, \alpha_{стр}, \alpha_{кр}, R_{стр}, R_{кр}, R_{в}, m_{к}, q_{год}, q_{ел}, e_{п}, e_{ел}, e_{ваг-год}, C_{авт})$.

Структурною перебудовою системи може бути зміна:

- 1) конструкції поздовжнього профілю сортувальної гірки;
- 2) конструкції плану колійного розвитку сортувальної гірки;
- 3) числа і типів вагонних уповільнювачів на гальмових позиціях;
- 4) числа і типів гіркових локомотивів;
- 5) режимів регулювання швидкості скочування відцепів з гірки;
- 6) систем автоматизації сортувального процесу.

Конфігурація фазового простору Φ системи визначається з урахуванням обмежень на вхідний керований вплив $V_{л}(t)$, некеровані вхідні впливи $t^{\circ}(t)$, $V_{в}(t)$, $\beta(t)$, $\lambda(t)$, характеристику системи $\rho_r(t)$ та параметр керування $h_r(t)$

$\Phi \in E_k$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0 \leq V_{л}(t) \leq V_{з}^{\max} \quad n_{пн} \quad t_{п.з} \leq t \leq t_{з.з}; \\ 0 \leq V_{л}(t) \leq V_{п}^{\max} \quad n_{пн} \quad t_{п.п} \leq t \leq t_{з.п}; \\ 0 \leq V_{л}(t) \leq V_{н}^{\max} \quad n_{пн} \quad t_{п.н} \leq t \leq t_{з.н}; \\ |V_{л}(t) - V_{п}| \leq 0,14 \quad n_{пн} \quad t_{п.п} \leq t \leq t_{з.п}; \\ 0 \leq V_{л}(t) \leq V_{oc}^{\max} \quad n_{пн} \quad t_{п.oc} \leq t \leq t_{з.oc}; \\ t_{\min}^{\circ} \leq t^{\circ}(t) \leq t_{\max}^{\circ}, \quad 0 \leq V_{в}(t) \leq V_{в\max}; \\ 0 \leq \beta(t) \leq 360, \quad \lambda_{\min} \leq \lambda(t) \leq \lambda_{\max}; \\ \rho_r(t) \leq 0,85, \quad 0 \leq h_r(t) \leq h_r^{\max}, \end{array} \right.$$

де $V_{з}^{\max}$, $V_{п}^{\max}$, $V_{н}^{\max}$, V_{oc}^{\max} – максимальна швидкість відповідно заїзду гіркового локомотива у парк приймання, перестановки составу з парку приймання на витягну колію, насуву составу на гірку та осаджування вагонів на сортувальних коліях, м/с;

$t_{п.з}$, $t_{з.з}$, $t_{п.п}$, $t_{з.п}$, $t_{п.н}$, $t_{з.н}$, $t_{п.п}$, $t_{з.п}$, $t_{п.oc}$, $t_{з.oc}$ – моменти часу відповідно початку і закінчення заїзду гіркового локомотива у парк приймання, перестановки составу з парку приймання на витягну колію, насуву составу на гірку, розпуску составу з гірки та осаджування вагонів на сортувальних коліях, с;

t_{\min}° , t_{\max}° – відповідно мінімально і максимально можлива температура зовнішнього повітря, °С;

$V_{в\max}$ – максимально можлива швидкість вітру, м/с;

λ_{\min} , λ_{\max} – відповідно мінімально і максимально можлива інтенсивність вхідного вагонопотоку, ваг./год.;

h_r^{\max} – максимально можлива питома робота гальмових сил при гальмуванні вагонів на спускній частині і підгіркових коліях, кДж/кН.

Реалізація стратегії експлуатації сортувальної гірки шляхом ефективного керування процесом розформування составів повинна наближувати функціонування системи до нормаль-

ної фазової траєкторії, що може бути представлено наступною моделлю

$$\int_0^{t_1} |E_p(t) - E_\phi(t)| dt \rightarrow 0,$$

$$0 \leq t_1 \leq t_{\text{жц}},$$

де $E_p(t)$, $E_\phi(t)$ – миттєві експлуатаційні витрати системи відповідно при її раціональних технологічних параметрах і фактичні, млн грн.

6. Висновки

Запропонований системний підхід до визначення раціональних технологічних параметрів діючих сортувальних гірок, окрім можливості отримання комплексного рішення задач раціоналізації вказаних параметрів і визначення стратегічного напрямку експлуатації сортувальних пристроїв, дозволяє у динаміці оцінити якість конструкції і технології роботи існуючих сортувальних гірок та скорегувати параметри їх керування.

Література

1. Автоматизация и механизация переработки вагонов на станциях [Текст] / Ю. А. Муха, И. В. Харланович, В. П. Шейкин и др. – М. : Транспорт, 1985. – 248 с.
2. Иванченко, В. И. Новый подход к управлению процессом роспуска составов на сортировочной горке [Текст] / В. И. Иванченко, Н. Н. Лябах, А. А. Сепетый // Труды РИИЖТа. – Ростов-на-Дону, 1984. – С. 34 – 41.
3. Разработка адаптивной автоматической системы управления работой сортировочной горки [Текст] / Е. Н. Лебединская, Н. Н. Новгородов, Л. В. Пальчик и др. // Вестник ВНИИЖТ. – 1999. – №3. – С. 32 – 34.
4. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] : монография / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко, Н. П. Божко и др. – Днепропетровск : Изд-во Маковецкий, 2010. – 260 с.
5. Муха, Ю. А. Оптимизация режимов торможения скатывающихся отцепов при расформировании состава на сортировочной горке [Текст] / Ю. А. Муха // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: труды ДИИТа. – Днепропетровск, 1976. – Вып. 181/10. – С. 17 – 23.
6. Божко, Н. П. Методика определения режимов торможения отцепов при анализе конструкций сортировочных горок [Текст] / Н. П. Божко // Вопросы механизации и автоматизации сортировочного процесса на станциях: межвуз. сб. научн. тр. – Вып. 229/15. – Днепропетровск: ДИИТ, 1983. – С. 30 – 36.
7. Бобровский, В. И. Исследование влияния длины измерительного участка на скорость роспуска составов [Текст] / В. И. Бобровский // Совершенствование технических устройств и технологии управления процессом расформирования составов на сортировочных горках : межвуз. сб. научн. тр. – Днепропетровск : ДИИТ, 1986. – С. 50 – 59.
8. Бобровский, В. И. Поиск оптимальных режимов торможения на проектируемых сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1999. – №5. – С. 50 – 54.
9. Бобровский, В. И. Оптимизация режимов торможения отцепов на сортировочных горках [Текст] / В. И. Бобровский // Транспорт: сб. науч. праць. – Днепропетровск : Арт-Пресс, 2000. – С. 43 – 47.
10. Бобровский, В. И. Многошаговый двухэтапный метод оптимизации режимов роспуска составов на горках [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2004. – №2. – С. 8 – 14.
11. Огар, О.М. Розвиток теорії експлуатації та методів розрахунку конструктивно-технологічних параметрів сортувальних гірок [Текст] : дис. ... доктора техн. наук / О.М. Огар. – Х., 2011. – 368 с.
12. Общая теория систем [Текст] / А. М. Иванов, В. П. Петров, И. С. Сидоров, К. А. Козлов. – СПб. : Научная мысль, 2005. – 480 с.