

Д. М. КОЗАЧЕНКО, М. І. БЕРЕЗОВИЙ, Р. Г. КОРОБЬОВА (ДІТ)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ВІДЧЕПІВ ТА УМОВ ЇХ СКОЧУВАННЯ НА ВЕЛИЧИНУ ІНТЕРВАЛІВ НА РОЗДІЛОВИХ СТРІЛКАХ

На підставі імітаційного моделювання роботи гірки побудовано статистичну модель інтервалів між відчепами на розділових стрілках, виділені суттєві фактори та проаналізовано їх вплив на величину розділових інтервалів.

На основани имитационного моделирования работы горки построена статистическая модель интервалов между отцепами на разделительных стрелках, выделены существенные факторы и проанализировано их влияние на величину разделительных интервалов.

Based on imitation modelling of marshalling hump operation, there has been obtained a statistic model of intervals between cuts on the separating switches, determined the essential factors and analyzed their influence onto the size of the separating intervals.

Сортувальні гірки є одними з основних споживачів енергії на станціях. Тому проблема підвищення ефективності використання технічних засобів сортувального комплексу є досить актуальною. У відповідності до [1] оцінка конструкції сортувальних гірок повинна виконуватись на основі імітаційного моделювання процесу розформування составів. Однією із задач, що виникає під час побудови такої моделі, є розробка методики статистичного моделювання параметрів состава та його відчепів.

Для розв'язання цієї задачі необхідно визначити ступінь впливу параметрів відчепів та умов їх скочування на величину інтервалів на розділових стрілках. З цією метою виконано серію імітаційних експериментів по скочуванню груп з трьох відчепів. Крайніми відчепами групи прийняті розрахункові дуже погані бігуни [1]. При цьому як відгук обрано менший з інтервалів у першій та другій парах відчепів

$$y = \delta t(h, x) = \min[\delta t_1(h, x), \delta t_2(h, x)]. \quad (1)$$

Як фактори обрано кількість $n(x_1)$, тип $R(x_2)$ та вагову категорію $q(x_3)$ вагонів середнього відчепу, номери розділових стрілок σ_1 і σ_2 у першій та другій парах відчепів (відповідно x_4, x_5), швидкість вітру $v(x_6)$, температуру повітря $t(x_7)$. У зв'язку зі складністю гіркових процесів отримати аналітичну залежність відгуку від факторів практично неможливо, тому як модель використано рівняння регресії у формі лінійного поліному:

$$y(a, x) = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n + a_{n+1} x_1 x_2 + \dots + a_k x_{n-1} x_n,$$

де $a_0 \dots a_k$ – коефіцієнти регресії, що визначаються за допомогою методів планування експериментів.

Ідентифікація моделі виконана на підставі серії експериментів із застосуванням дробного плану 2^{7-2} [2]. Рівні варіювання факторів наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Фактори та рівні їх варіювання для отримання моделі інтервалів на розділових стрілках

Фактори	$x_i = -1$ (нижній рівень)	$x_i = 0$ (основний рівень)	$x_i = 1$ (верхній рівень)
$x_1(n)$	1	2	3
$x_2(R)$	цс	–	пв
$x_3(q)$	Л	С	В
$x_4(\sigma_1)$	3	4,0	5
$x_5(\sigma_2)$	3	4,0	5
$x_6(v)$	0	+2,5	+5
$x_7(t)$	–10	+12,5	+35

Для визначення значень функції відгуку $v = f(h, x)$ в окремих точках плану використано імітаційну модель скочування відчепів з гірки [3]. При цьому для врахування невизначеності інформації при реалізації режимів гальмування $h = \{h', h''\}$ вага Q_B та основний питомий опір w_0 вагонів середнього відчепу групи моделювались як випадкові величини, що залежать

від їх вагової категорії q . У результаті статистичної обробки ваги вагонів встановлено, що в межах вагових категорій Л, ЛС, С та СТ випадкова величина Q_B розподілена за рівномірним законом. Вага вагонів важкої категорії Т є випадковою величиною, значення якої у окремому досліді може бути промодельовано за допомогою виразу

$$Q_{B(T)} = Q_T + Q_{ВП} - \xi,$$

де Q_T , $Q_{ВП}$ – відповідно тара та вантажопідйомність вагона; ξ – випадкова величина недован-

таження вагона, що має показниковий закон розподілу.

Відповідно до [4] випадкова величина w_0 має гамма-розподіл з параметрами α та β , що залежить від вагової категорії вагона q

$$F(w_0) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{w_0} e^{-\beta w_0} w_0^{\alpha-1} dw_0.$$

Характеристики вирівняних статистичних рядів основного опору руху та параметри відповідних гамма-розподілів для окремих вагових категорій вагонів наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Залежність характеристик розподілу випадкової величини w_0 від вагової категорії вагона

Вагова категорія	Діапазон ваги вагона	Математичне очікування, w_0	Середнє квадратичне відхилення, σ_{w_0}	Коефіцієнти гама-розподілу	
				α	β
Л	<28	1,75	0,67	6,76	3,86
ЛС	28...44	1,54	0,59	6,82	4,43
С	44...60	1,39	0,50	7,57	5,45
СТ	60...72	1,25	0,38	11,00	8,80
Т	>72	1,23	0,35	12,46	10,13

Під час визначення режимів гальмування використовувалася наступний метод інтервального регулювання швидкості скочування відчепів. На попередньому етапі виконувалось еталонне скочування групи відчепів у якому вага і основний питомий опір середнього відчепа були прийняті рівними їх математичним очікуванням.

За допомогою методики, викладеної в [5], при цих умовах визначався режим h^* , який забезпечує максимальне значення (1). Для знайденого режиму h^* фіксувались швидкості входу $v_{i,ВХ}^*$ та виходу $v_{i,ВИХ}^*$ середнього відчепа з гальмівних позицій. Далі виконувалась серія з 300 скочувань при випадкових значеннях Q_B та w_0 . Режими гальмування h_i у кожному досліді вибирались із умови забезпечення швидкості виходу відчепів з гальмівних позицій рівними

$$v_{i,ВИХ}^j = v_{i,ВИХ}^* + v_{i,ВХ}^* - v_{i,ВХ}^j.$$

При подібному підході значення інтервалу (1) є випадковою величиною. Приклад гістограми випадкової величини δt , наведено на рис. 1.

У результаті статистичного аналізу встановлено, що у окремому досліді значення випадкової величини δt може бути промодельоване за допомогою виразу

$$\delta t = \delta t^* - \varepsilon,$$

де δt^* – величина інтервалу у еталонному скочуванні; ε – випадкова величина, що має гамма-розподіл.

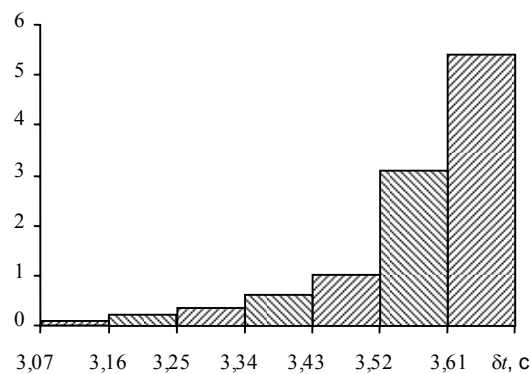


Рис. 1. Гістограма розподілу випадкової величини інтервалу на розділових стрілах

У зв'язку з тим, що величина δt є випадковою для визначення відгуку (1) використовувалось значення нижньої межі довірчого інтервалу з заданим рівнем достовірності $P = 0,95$.

У результаті обробки даних імітаційних експериментів отримано наступну модель величини інтервалів на розділових стрілах:

$$y = 6,98 + 2,38x_1 + 0,32x_2 + 0,24x_3 + 0,11x_4 - 0,32x_5 + 0,14x_1x_2 - 0,35x_4x_5. \quad (2)$$

Аналіз коефіцієнтів моделі (2) показує, що основний вплив на величину інтервалів на стрілках справляє фактор x_1 (кількість вагонів у відчепі). Для визначення причин цього впливу розглянемо вираз для визначення величини інтервалів на розділових стрілках

$$\delta t_{i-1} = t_{0,i-1} + t_i(\sigma_{i-1}) - \tau_{i-1}(\sigma_{i-1}),$$

$$\delta t_i = t_{0,i} + t_{i+1}(\sigma_i) - \tau_i(\sigma_i),$$

де $t_{0,i-1}$, $t_{0,i}$ – початкові інтервали на вершині гірки між відчепами состава відповідно $(i-1)$ -м і i -м, а також i -м і $(i+1)$ -м; $t(\sigma)$ – час скочування від моменту відриву до моменту заняття ізольованої ділянки (ІД) розділової стрілки σ ; $\tau(\sigma)$ – те ж, до моменту звільнення ІД розділової стрілки σ .

Початкові інтервали на вершині гірки в кожній парі відчепів можуть бути визначені за допомогою виразу

$$t_0 = (l_1 + S_1 - S_2) / v_p, \quad (3)$$

де l_1 – довжина першого відчепу в парі; S_1 , S_2 – координата відриву першого та другого відчепу в парі; v_p – швидкість розпуску состава.

Враховуючи характер функції (3) та те, що значення координат S_1 , та S_2 прямо пропорційні до довжини відповідних відчепів збільшення довжини середнього відчепу в розрахунковій групі призводить до збільшення інтервалів $t_{0,i-1}$, $t_{0,i}$, а значить і інтервалів δt_{i-1} та δt_i .

Для ілюстрації на рис. 2 наведено графік залежності величини інтервалів на розділових стрілках $\sigma_1 = 3$ та $\sigma_2 = 5$.

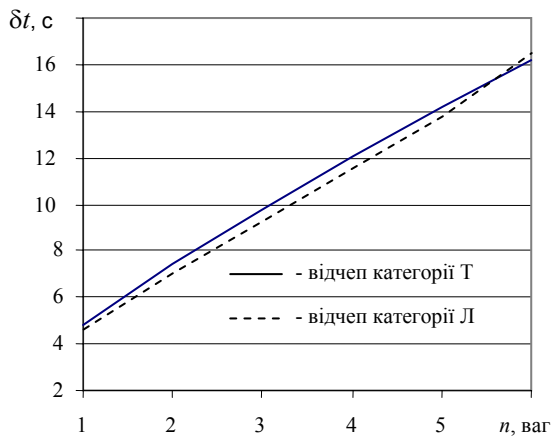


Рис. 2. Графік залежності величини інтервалів δt від кількості вагонів у середньому відчепі розрахункової групи

З довжиною відчепу пов'язаний також і досить значний вплив фактору x_2 (тип вагона) і взаємодії факторів x_1 та x_2 . У дослідах, де довжина вагонів була прийнята однаковою, коефіцієнти при цих факторах ставали незначущими.

Вплив фактора x_3 (вагова категорія відчепу) пов'язаний з двома основними причинами.

По перше, збільшення ваги відчепу, а відповідно і покращення його ходових якостей, сприяє поліпшенню умов керування швидкістю його скочування за допомогою гальмівних позицій. Для ілюстрації на рис. 3, а показано залежність інтервалів на стрілках від ваги середнього відчепу в групі при відомих його параметрах.

По друге, збільшення вагової категорії відчепу покращує прогнозованість його ходових характеристик за рахунок зменшення величини σw_0 (див. табл. 2) і зменшення відносної величини похибки $(Q_b - \bar{Q}_b) / Q_b$ при моделюванні його ваги. Результатом цього є зменшення похибки при реалізації режимів гальмування. На рис. 3, б показано залежність інтервалів на стрілках від ваги середнього відчепу з урахуванням випадковості його параметрів.

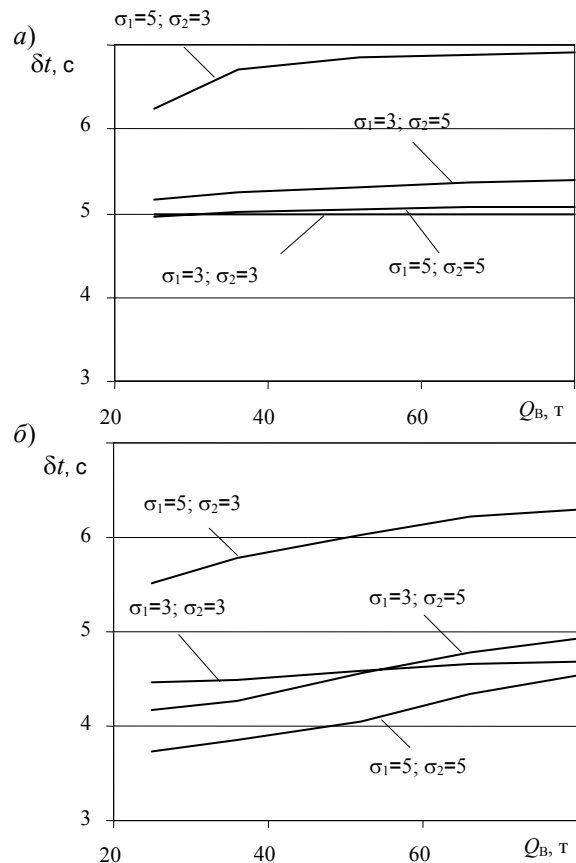


Рис. 3. Графіки залежності величини інтервалів від ваги відчепу:

а – при відомих параметрах відчепу;
б – при випадкових параметрах відчепу

Значний вплив на величину інтервалу δt здійснюють фактори x_4 та x_5 (номери розділових стрілок в першій та другій парах) та їх взаємодія. Як показали результати додаткових експериментів залежність $\delta t(\sigma_1, \sigma_2)$ суттєво нелінійна (рис. 4).

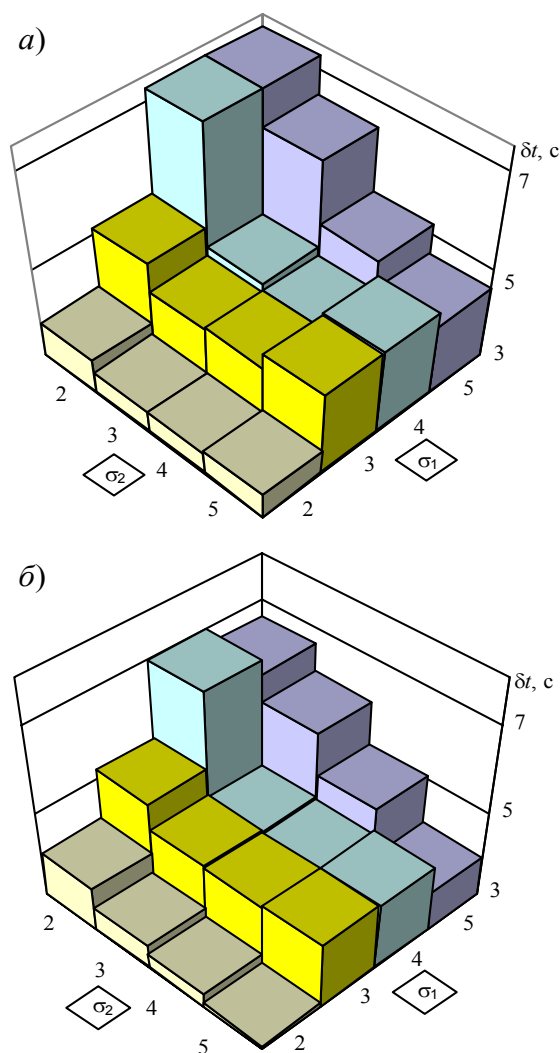


Рис. 4 Вплив розділових стрілок у першій та другій парах σ_1 та σ_2 на величину інтервалу δt :

а) при відомих параметрах відчепа;

б) при випадкових параметрах відчепа

На рис. 4, а показано вплив розділових стрілок σ_1 та σ_2 у першій та другій парах групи ДП-ДХ-ДП на величину інтервалу δt при відомих параметрах середнього відчепа в групі, а на рис. 4, б – при випадкових.

Аналіз отриманих залежностей $\delta t(\sigma_1, \sigma_2)$ показує, що збільшення відстані між розділовими стрілками призводить до збільшення ве-

личини інтервалу δt ; кращі умови розділення відчепів створюються у тих парах, де $\sigma_1 > \sigma_2$; умови розділення на останніх стрілках стрілочної зони погіршуються через неточність реалізації режимів гальмування.

У цілому отримані результати показують, що залежність $\delta t(\sigma_1, \sigma_2)$ має значно складніший характер, ніж прийнята в [6] для вибору спеціалізації сортувальних колій, де пари відчепів розглядаються ізольовано і вважається, що умови розділення відчепів покращуються при зменшенні номера стрілки їх розділення.

Таким чином, в результаті виконаних експериментів можна зробити такі висновки:

1. Основним фактором, що впливає на величину інтервалів на розділових стрілках є довжина відчепа. Вплив цього фактору перевищує сумарний вплив всіх інших факторів і тому його необхідно обов'язково враховувати при розробці систем автоматизованого керування процесом розформування составів на гірках;

2. Суттєвий вплив на величину розділових інтервалів здійснює співвідношення стрілок розділення у суміжних парах відчепів, що вказує на необхідність врахування цього фактору при виборі спеціалізації колій сортувальних парків.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. ВСН 207-89. – М.: Транспорт, 1992. – 104 с.
2. Хартман К. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов / К. Хартман, Э. Лецкий, В. Шефер. – М.: Мир, 1977. – 552 с.
3. Бобровский В. И. Моделирование автоматизированных сортировочных горок // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1996. – № 3, 4. – С. 83–84.
4. Муха Ю. А. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств // Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин и др. – М.: Транспорт, 1994. – 220 с.
5. Бобровский В. И. Математическая модель для оптимизации интервального регулирования скорости отцепов на горках / В. И. Бобровский, Д. Н. Козаченко // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. – № 3. – С. 3–8.
6. А. А. Явна. Совершенствование процедуры выбора специализации путей подгорочного парка сортировочной станции / А. А. Явна, Н. Н. Новгородов, Л. В. Пальчик, Е. Г. Шепилова // Вестник ВНИИЖТ. 1996. – С. 22–28.

Надійшла до редколегії 22.05.2006.