

*Козаченко Д.М., докт. техн. наук, Журавель І.Л.,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка
В.Лазаряна, Левицький І.Ю, канд. техн. наук,
Державна адміністрація залізничного транспорту
України (Дніпропетровськ, Київ, Україна)*

Нормування тривалості виконання маневрових пересувань з врахуванням обмеження швидкості руху на окремих елементах прямування составів

Ключові слова: залізничний транспорт, маневрова робота, піврейс, напіврейс, швидкість маневрів.

Вступ і постановка проблеми

Маневрова робота на залізничному транспорті є важливою складовою частиною перевізного процесу. Значна доля коштів, які витрачаються на перевезення, пов'язані саме з її виконанням. У зв'язку з цим прискорення виконання маневрів і вдосконалення їх технології, а також раціональне використання маневрових засобів є найважливішими умовами зростання продуктивності праці та зниження собівартості перевезень на залізничному транспорті.

Аналіз досліджень і публікацій

Вибір найбільш раціональних способів виконання маневрової роботи та її нормування ґрунтується на розчленуванні маневрових операцій на окремі частини і елементи та їх аналізі. Елементами маневрової роботи є маневровий рейс та напіврейс. При цьому, маневровим рейсом називається пересування рухомого складу або локомотива з однієї колії на іншу зі зміною напрямку руху, а маневровим напіврей-

сом – частина рейсу, яка включає пересування рухомого складу або локомотива в одному напрямку [1].

В залежності від сполучення різних елементів і характеру зміни швидкості розрізняють наступні елементи маневрових напіврейсів [2]: розгін, гальмування, рух з постійною швидкістю та рух за інерцією. В зв'язку з цим, виділяються шість основних типів напіврейсів в залежності від зміни швидкості: розгін – гальмування (РГ); розгін – рух з постійною швидкістю – гальмування (РПГ); розгін – рух за інерцією; розгін – рух за інерцією – гальмування; розгін – рух з постійною швидкістю – рух за інерцією; розгін – рух з постійною швидкістю – рух за інерцією – гальмування.

Вказані типи напіврейсів відрізняються витратами часу та коштів на їх виконання. При нормуванні тривалості маневрових операцій звичайно використовують напіврейси типу РГ та РПГ, які забезпечують мінімальну тривалість маневрових пересувань.

Одним із основних факторів, що визначає тривалість маневрових операцій є швидкість руху при маневрах. Максимально допустимі швидкості маневрових пересувань регламентовані ПТЕ [3]. Додатковими обмеженнями є обмеження швидкості руху на бокові колії стрілочних переводів. Зокрема, швидкість руху на бокову колію звичайного стрілочного переводу марки хрестовини 1/9 та 1/11 – 40 км/год. На залізничних станціях можуть встановлюватись і інші обмеження швидкості руху в залежності від технології роботи, стану колії та інших місцевих умов. Вірно врахування цих обмежень є необхідною умовою виконання технологічних та техніко-економічних розрахунків на залізницях.

Основними методами нормування тривалості маневрових напіврейсів є метод розрахункових параметрів, метод тягових розрахунків і метод аналітичних розрахунків [4-9]. Кожен з методів має недоліки та переваги. Зокрема, метод розрахункових параметрів, запропонований професором Фроловим О. М., передбачає визначення тривалості маневрового напіврейса за лінійною залежністю відповідно до формули:

$$t_{\text{нр}} = a + b m_c, \quad (1)$$

де a, b – нормативні коефіцієнти, які враховують витрати часу в залежності від довжини напіврейсів перестановки;

m_c – кількість вагонів в маневровому составі.

Значення нормативних коефіцієнтів a та b повинні розраховуватись на підставі хронометражних спостережень за роботою станції, але, через значні витрати часу на проведення спостережень зазвичай у розрахунках використовуються середньомережеві значення коефіцієнтів [4]. Недоліком методу розрахункових параметрів є те, що при застосуванні середньомережевих нормативних коефіцієнтів він жодним чином не враховує діючі обмеження швидкості.

Метод тягових розрахунків ґрунтується на чисельному розв'язанні рівняння руху [6, 7]. Цей метод є досить точним і дозволяє врахувати особливості маневрового локомотива, конкретного маневрового состава та маршруту його прямування. Недоліком методу тягових розрахунків є складність підготовки необхідних вихідних даних. Тому цей метод не знайшов широкого застосування при виконанні інженерних розрахунків і використовується переважно під час наукових досліджень.

Згідно з діючою на сьогодні методикою нормування маневрової роботи, яка викладена в [9, 10], тривалість маневрового напіврейсу визначається аналітичним методом за виразом:

$$t_{\text{нр}} = \frac{(\alpha_{\text{рг}} + \beta_{\text{рг}} m_c) v_{\text{max}}}{2} + \frac{3,6 l_{\text{нр}}}{v_{\text{max}}}, \quad (2)$$

де $\alpha_{\text{рг}}$ – коефіцієнт, який враховує час, що є необхідним для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час розгону, і час, що є необхідним для зміни швидкості руху локомотива на 1 км/год під час гальмування, приймається 2,44 сек/км/год згідно з [9];

$\beta_{\text{рг}}$ – коефіцієнт, який враховує додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год під час розгону та додатковий час на зміну швидкості руху кожного вагона в маневровому составі на 1 км/год під час гальмування, приймається 0,1 сек/км/год згідно з [9];

v_{max} – допустима швидкість руху під час маневрів, км/год.

Застосування виразу (2) має ряд недоліків. По-перше, вираз (2) дає невірні результати при нормуванні коротких маневрових напіврейсів. Наприклад, визначимо тривалість маневрового напіврейсу переставляння состава з 10 вагонів на 100 м при максимально допустимій швидкості 40 км/год та 25 км/год. В результаті, якщо швидкість маневрового состава може збільшуватись до 40 км/год, то тривалість маневрового напіврейсу складає 1,30 хв, а якщо до 25 км/год, то 0,96 хв. Такий результат є неадекватним, бо суперечить факту, що тривалість маневрових пересувань при більшій дозволений швидкості повинна бути меншою чи дорівнювати тривалості маневрових пересувань при меншій дозволений швидкості. По-друге, обмеження швидкості можуть змінюватись на маршруті пересування. Порядок дій у таких випадках у [9, 10] не наведено.

У зв'язку з цим методика нормування тривалості маневрових операцій вимагає удосконалення.

Метою даної статті є вдосконалення аналітичного методу нормування тривалості маневрових напіврейсів з метою урахування обмежень швидкості руху составів, які діють на окремих стрілочних зонах, стрілках, ділянках колій тощо.

Результати досліджень

Аналіз виразу (2) показує, що він складається із двох доданків. Другий доданок являє собою розрахунок витрат часу на подолання відстані $l_{\text{нр}}$ з постійною швидкістю v_{max} . Перший доданок враховує додаткові витрати часу, пов'язані з розгоном состава до швидкості v_{max} і його уповільненням до зупинки. При цьому, величина першого доданку визначається швидкістю v_{max} без урахування того, чи може вона бути розвинута на відстані $l_{\text{нр}}$, чи ні. Таким чином, неадекватні результати, які надає вираз (2) при розрахунках тривалості маневрових пересувань на коротких відстанях, виникають у зв'язку з тим, що він призначений для розрахунку тривалості напіврейсів типу РПГ, а фактично на малих відстанях використовуються маневрові напіврейси типу РГ.

Для подолання вказаної невідповідності перед розрахунком тривалості напіврейсу необхідно визначити його тип. Максимальна відстань, яку ма-

невровий состав може пройти у режимі «розгін – гальмування», складає:

$$l_{\text{рг}} = \frac{(\alpha_{\text{рг}} + \beta_{\text{рг}} m_c) v_{\text{max}}^2}{7,2}. \quad (3)$$

Якщо довжина напіврейсу $l_{\text{нр}}$ є меншою за $l_{\text{рг}}$, то тривалість напіврейсу визначається за формулою:

$$t_{\text{нр}} = \frac{\sqrt{20 l_{\text{нр}} (\alpha_{\text{рг}} + \beta_{\text{рг}} m_c)}}{100}, \quad (4)$$

інакше тривалість маневрового напіврейсу визначається за формулою:

$$t_{\text{нр}} = \frac{(\alpha_{\text{рг}} + \beta_{\text{рг}} m_c) v_{\text{max}}}{120} + \frac{0,06 l_{\text{нр}}}{v_{\text{max}}}. \quad (5)$$

Так, для розглянутого раніше прикладу розрахунку тривалості напіврейсу перестановки 10 вагонів на 100 м його тривалість буде складати 0,83 хв, при цьому максимальна швидкість розгону буде складати 14,5 км/год.

З метою визначення тривалості маневрових напіврейсів в умовах зміни обмеження швидкості руху на маршруті прямування маневрового составу весь маршрут розбивається на окремі ділянки з постійною величиною обмеження швидкості, а потім для кожної з них фіксуються початкова v_n , кінцева v_k та максимально допустима швидкість руху v_{max} . Тривалість маневрового напіврейсу визначається як загальна тривалість руху составу окремими ділянками $t_{\text{д.і}}$:

$$t_{\text{нр}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{д.і}}, \quad (6)$$

де n – кількість ділянок.

В межах кожної окремої ділянки можуть бути виділені елементи, на яких відбувається гальмування (Г), розгін (Р), розгін-гальмування (РГ) і рух з постійною швидкістю (П), відповідно довжиною l_z , l_p , l_{pz} і l_n .

Для визначення тривалості руху маневрового составу ділянкою застосовується наступний алгоритм.

Крок 1. Визначається час, необхідний для зміни швидкості маневрового составу на 1 км/год за формулою:

$$l_{\Gamma} = \frac{\rho (v_{\text{п}}^2 - v_{\text{к}}^2)}{7,2}. \quad (7)$$

Крок 2. Якщо $v_k = v_n = v_{\text{max}}$, то приймається $l_z = 0$, $l_p = 0$, $l_{pz} = 0$, $t_z = 0$, $t_p = 0$, $t_{pz} = 0$ і здійснюється перехід до кроку 8.

Крок 3. Якщо $v_k = v_n$, то приймається $l_z = 0$, $l_p = 0$, $t_z = 0$, $t_p = 0$, $v_p = v_n$ здійснюється перехід до кроку 7.

Крок 4. Якщо $v_k > v_n$, то приймається $l_z = 0$, $t_z = 0$, $v_p = v_k$ і здійснюється перехід до кроку 6.

Крок 5. Визначається мінімально допустима довжина елемента гальмування за формулою:

$$l_{\Gamma} = \frac{\rho (v_{\text{п}}^2 - v_{\text{к}}^2)}{7,2}. \quad (8)$$

Якщо довжина i -ї ділянки є меншою за (тобто, довжини i -ї ділянки недостатньо для гальмування составу до заданої кінцевої швидкості), то здійснюється об'єднання даної ділянки з попередньою та виконується аналогічний розрахунок для об'єднаної ділянки. Інакше, приймається $l_p = 0$, $t_p = 0$ і визначається тривалість гальмування составу за формулою:

$$t_{\Gamma} = \frac{\rho (v_{\text{п}} - v_{\text{к}})}{60}. \quad (9)$$

Після цього здійснюється перехід до кроку 7.

Крок 6. Виконується визначення максимально допустимої довжини елемента Р.

Якщо довжина i -ї ділянки є меншою за $l_{\text{д.і}}$, l_p то визначається тривалість розгону на ділянці за формулою:

$$t_p = \frac{\sqrt{7,2 \rho l_{\text{д.і}} + \rho v_{\text{п}}^2 - \rho v_{\text{п}}}}{60} \quad (10)$$

та швидкість у кінці ділянки за формулою:

$$v_{\text{к}} = \sqrt{\frac{7,2 l_{\text{д.і}}}{\rho} + v_{\text{п}}^2}. \quad (11)$$

Після цього, коригується початкова швидкість на $i+1$ ділянці $v_{n.i+1} = v_k$, приймається $l_p = l_{n.i}$, $l_{pz} = 0$, $t_z = 0$, $t_{pz} = 0$, $t_n = 0$, і здійснюється перехід до кроку

9. Інакше, розраховується час розгону за формулою:

$$t_p = \frac{\rho(v_k - v_{\Pi})}{60}. \quad (12)$$

Крок 7. Початкова та кінцева швидкості на елементі РГ визначається за формулою:

$$v_d = \max(v_k, v_{\Pi}). \quad (13)$$

Максимально можлива довжина елементу РГ визначається за формулою:

$$l_{pg} = \frac{\rho(v_{\max}^2 - v_d^2)}{3,6}. \quad (14)$$

Якщо довжина $l_{d,i} - l_p - l_z$ менша за l_{pg} , то визначається тривалість елементу РГ на ділянці $l_{d,i} - l_p - l_z$ за формулою:

$$t_{pg} = \frac{\sqrt{14,4\rho(l_{d,i} - l_p - l_z) + (\rho v_d)^2 - \rho v_d}}{60}, \quad (15)$$

приймається $l_{pg} = l_{d,i} - l_p - l_z$, $l_n = 0$, $t_n = 0$ і здійснюється перехід до кроку 9.

Інакше визначається час розгону-гальмування за формулою:

$$t_{pg} = \frac{\rho(v_{\max} - v_d)}{30}. \quad (16)$$

Крок 8. Визначається довжина елемента та час руху состава з постійною швидкістю за формулами:

$$l_{\Pi} = l_{d,i} - l_{\Gamma} - l_p - l_{pg}, \quad (17)$$

$$t_{\Pi} = \frac{0,06l_{\Pi}}{v_{\max}}. \quad (18)$$

Крок 9. Тривалість руху маневрового составу і-ю ділянкою складає:

$$t_{d,i} = t_{\Gamma} + t_p + t_{pg} + t_{\Pi}. \quad (19)$$

Безпосередньо аналітичні розрахунки тривалості маневрових напіврейсів в умовах зміни величини обмеження швидкості на маршруті прямування доцільно виконувати за формою, наведеною в табл. 1.

Для автоматизації розрахунку тривалості маневрових напіврейсів та інших маневрових операцій розроблена програма, головне вікно якої зображено на рис. 1.

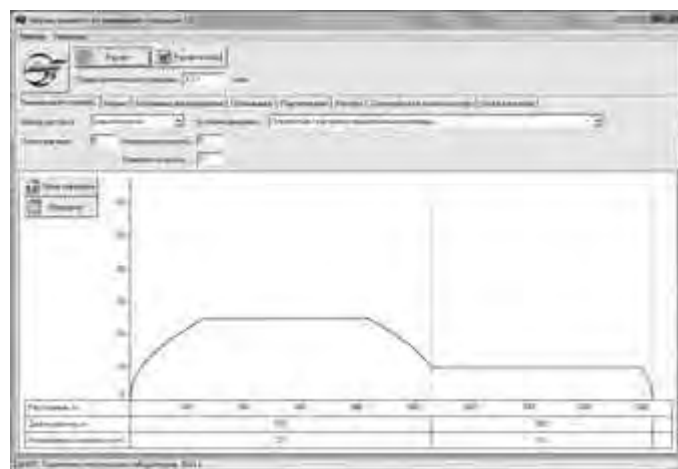


Рис. 1 – Головне вікно програми розрахунку тривалості маневрових напіврейсів.

Таблиця 1.

Розрахунок тривалості маневрового напіврейсуподавання групи вагонів на ВР

Номер ділянки	Довжина ділянки	Швидкості, км/год			Елемент	Довжина елементів, м			Тривалість руху, хв	Примітка
		v_m	v_k	v_{max}		залишок	розрахункова	прийнято		
					Г					
					Р					
					РГ					
					П					
	Всього									
Загальна тривалість маневрового напіврейсу										

Для порівняння результатів визначення тривалості виконання маневрових напіврейсів за умови обмеження швидкості руху на окремих елементах маршруту прямуювання маневрового складу розглянуто приклад з використанням двох методів – аналітичного та розрахункових параметрів. Так, необхідно розрахувати тривалість маневрових напіврейсів з перестановки шести вагонів зі станційної колії № 3 на вантажний район (ВР), на якому діє обмеження швидкості руху в 10 км/год. Розрахункова схема із зображенням розташування маневрового складу на різних етапах виконання маневрів наведена на рис. 2. При цьому прийнято, що розрахункова довжина вагону складає $l_n = 15$ м, довжина маневрового локомотива 18 м, а довжини елементів маршруту прямуювання складають відповідно $L_1 = 137$ м, $L_2 = 530$ м і $L_3 = 300$ м. Маневри виконуються із вимкненими гальмами.



Рис. 2 – Розрахункова схема визначення тривалості маневрової операції

Маневрова операція складається з двох напіврейсів:

- витягування вагонів з колії № 3 на витяжну колію станції;
- подача вагонів з витяжної колії на ВР.

Довжина напіврейсу витягування $m = 6$ вагонів з колії № 3 на витяжну колію може бути визначена за формулою:

$$l_{np1} = L_1 + ml_v \quad (20)$$

і складає $l_{np1} = 137 + 6 \cdot 15$ м.

Рух маневрового складу під час виконання першого напіврейсу здійснюється локомотивом вперед вільною колією зі швидкістю 40 км/год (згідно з вимогами [3]). Максимальна відстань, яку зможе пройти при цьому маневровий склад у режимі РГ, визначається за формулою (3) і складає:

$$l_{rg} = \frac{(2,44 + 0,1 \cdot 6) \cdot 40^2}{7,2} = 675,5 \text{ м.}$$

Так як $l_{pg} \geq l_{np1}$, то тривалість маневрового напіврейсу визначається за формулою (4) і складає:

$$t_{np} = \frac{\sqrt{20 \cdot 227 \cdot (2,44 + 0,1 \cdot 6)}}{100} = 1,17 \text{ хв.}$$

Рух маневрового складу під час подавання вагонів з витяжної колії на ВР здійснюється вагонами вперед. Для таких умов ПТЕ [3] встановлено обмеження швидкості 25 км/год. На самому ВР діє обмеження руху в 10 км/год, тому другий напіврейс виконується на двох розрахункових ділянках обмеження швидкості.

Довжина першої ділянки при цьому складає $l_{d1} = L_2 = 530$ м. Початкова швидкість руху на першій ділянці складає 0 км/год, а кінцева – 10 км/год, максимально допустима швидкість на ділянці – 25 км/год.

Довжина другої ділянки визначається за формулою:

$$l_{d2} = L_3 + ml_v \quad (21)$$

і складає $l_{d2} = 300 + 6 \cdot 15 = 390$ м. Початкова швидкість руху на другій ділянці складає 10 км/год, а кінцева – 0 км/год, максимально допустима швидкість на ділянці – 10 км/год.

Загальна довжина маневрового напіврейсу складає 920 м. Так як під час напіврейсу здійснюється зміна обмеження швидкості руху, то розрахунки виконано за формою табл. 1. Час, який необхідний для зміни швидкості маневрового складу на 1 км/год, визначено за формулою (7) і складає:

$$\rho = \frac{(2,44 + 0,1 \cdot 6)}{2} = 1,52 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків наведено у табл. 2.

Сумарна тривалість маневрової операції перестановки вагонів на ВР (без урахування витрат часу на зміну напрямку руху) за аналітичним методом складає $1,17 + 4,16 = 5,33$ хв.

При виконанні розрахунків за методом розрахункових параметрів для довжини першого напіврейсу 227 м відповідно до [4] нормативні коефіцієнти складають $a = 1,00$ хв і $b = 0,034$ хв. Тоді тривалість першого напіврейсу за формулою (1) складатиме

Таблиця 2.

Розрахунок тривалості маневрового напіврейсу

Номер ділянки	Довжина ділянки	Швидкості, км/год			Елемент	Довжина елементів, м			Тривалість руху, хв	Примітка
		v_m	v_k	v_{max}		залишок	розрахункова	прийнято		
1	530	0	10	25	Г	530	–	0	0	
					Р	530	21,1	21,1	0,25	
					РГ	508,9	221,7	221,7	0,76	
					П	287,2	–	287,2	0,69	
	Всього								1,70	
2	390	10	0	10	Г	390	21,1	21,1	0,25	
					Р	–	–	0	0	
					РГ	0	0	0	0	
					П	368,9	–	368,9	2,21	
	Всього								2,46	
Загальна тривалість маневрового напіврейсу									4,16	

$$t_{\text{нр}} = 1,00 + 0,034 \cdot 6 = 1,204 \text{ хв.}$$

Для довжини другого напіврейсу 920 м відповідно до [4] нормативні коефіцієнти складають $a = 2,01$ хв і $b = 0,070$ хв. Тоді тривалість другого напіврейсу за формулою (1) становить:

$$t_{\text{нр}} = 2,01 + 0,070 \cdot 6 = 2,520 \text{ хв.}$$

Сумарна тривалість маневрової операції перестановки вагонів на ВР за методом розрахункових параметрів складає $1,204 + 2,520 = 3,724$ хв.

Порівняння результатів розрахунку тривалості виконання елементів маневрової операції перестановки вагонів на ВР наведені в табл. 3.

Таблиця 3.

Порівняльна характеристика тривалості виконання маневрових напіврейсів подавання групи вагонів на ВР

Номер напіврейсу	Тривалість напіврейсу, хв		Абсолютна різниця, хв
	за аналітичним методом	за методом розрахункових параметрів	
1	1,17	1,20	0,03
2	4,16	2,52	1,64

Як видно з табл. 3, для першого напіврейсу за відсутності обмежень швидкості на шляху прямування різниця між результатами розрахунків, виконаних за аналітичним методом і за методом розрахункових параметрів, є несуттєвою, а для другого напіврейсу за наявності обмежень на окремих елементах маршруту – навпаки, досить суттєвою.

Висновки

1. Існуючі методи нормування тривалості маневрових операцій на залізничному транспорті мають об'єктивні недоліки і, в першу чергу, не враховують обмеження руху маневрового составу на окремих елементах шляху прямування.

2. В статті вдосконалено аналітичний метод нормування тривалості маневрових напіврейсів на станційних коліях за умови руху составів з обмеженням швидкості на окремих стрілочних зонах, стрілках, коліях тощо, що дозволяє підвищити точність такого нормування.

Література

1. Кочнев Ф.П. Управление эксплуатационной работой железных дорог: учеб. пособие для вузов / Ф.П. Кочнев, И.Б. Сотников // – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.

2. Гончаров М.Ю. Оптимальні режими керування маневровим локомотивом. – К.: Товариство «Знання» УРСР, 1975. – 20 с.

3. Правила технічної експлуатації залізниць України / Затв.: Наказ МТУ від 20.12.96 № 41 і зареєстровані Мін'юстом України 25.02.97 за № 50/184 (зі змінами) . // – К.: Транспорт України, 2002. – 140 с.

4. Сотников И.Б. Эксплуатация железных дорог: учеб. пособие в примерах и задачах / И.Б. Сотников // – М.: Транспорт, 1982. – 232 с.

5. Belošević M. Ivić, M. Kosijer, Conditions for simultaneous formation of multi-group freight trains. Gradevinar, 64 (2012) 7 – pp. 553-563.

6. Забело М.Л. Маневровые локомотивы электрифицированных железных дорог / М.Л. Забело, А.М. Баранов // – М.: Транспорт, 1967. – 152 с.

7. Мацкель С.С. Расчет элементов станций на ЭВМ / С.С. Мацкель // – М.: Транспорт, 1980. – 177 с.

8. Rassölkin A., Hõimoja H. Calculation of the Traction Effort of Switching Locomotive. 11th International Symposium «Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering». – 2012. – pp. 61-65.

9. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті. Затв.: Наказ Укрзалізниці 25.03.03 № 72-ЦЗ / Держадміністрація залізничного транспорту України. // – К., 2003. – 82 с.

10. Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте. Утверждены: ЦЗ МПС РФ 19.03.1998 г. / Министерство путей сообщения РФ. // – М., 1998. – 84 с.

Експлуатаційна робота

АВТОМАТИЗАЦІЯ СОРТУВАЛЬНИХ ГИРОК

УДК [656.212.5(32.01):656.257]:004

*Косорига Ю.А., канд. техн. наук,
Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта імені академіка
В.Лазаряна, (Днепропетровск, Украина)*

Оценка эффективности компьютерной системы управления маршрутами отцепов на сортировочных горках

Ключевые слова: автоматизация, сортировочные горки, отцепы, алгоритмы управления, маршрут, моделирование, система управления, релейные и компьютерные системы

Вступление и постановка проблемы

К основным элементам магистральных железных дорог, определяющих успешное выполнение поставленных задач, относится сортировочная станция. Поэтому вопросам интенсификации ее работы на базе высокопроизводительных автоматизированных комплексов и внедрению передовых технологий уделяется первостепенное внимание. Недостаточная эффективность применения систем локальной автоматики с «жесткой» логикой, высокая нагрузка оператора с большим числом разнообразных действий, а также все возрастающий объем требований к функциям управления и контроля

привели к необходимости автоматизации процесса управления сортировочной горкой на базе управляющих компьютерных комплексов.

Цель статьи

Используя средства цифрового имитационного моделирования выполнить сравнительный анализ автоматизированных систем управления маршрутами отцепов на сортировочных горках.

Основной материал исследований

Большинство составов прибывающих на сортировочные станции впоследствии расформируются на сортировочных горках. Управление маршрутами отцепов на автоматизированных сортировочных горках реализуется в типовых системах на выполненных на релейных компонентах (БГАЦ) [1,2] и с применением управляющих микропроцессорных контроллеров или управляющих ЭВМ (АСУ МД) [3,4].

Указанные варианты отличаются используемым напольным и постовым оборудованием, информационным и математическим обеспечением. Алгоритмы на основе управляющих микропроцессорных контроллеров обладают большой гибкостью, позволяют получить лучшие эксплуатационные показатели работы сортировочной горки. Проведенный анализ показал, что одним из основных путей увеличения производительности сортировочных горок является дальнейшее совершенствование способов управления технологическим процессом. При разработке и внедрении новых алгоритмов ставится задача количественной оценки их эффективности.

Проведение сравнительного анализа различных технологических алгоритмов управления маршру-