



Зависимости времени сортировки состава на вытяжном пути и продолжительности полурейса



Михаил ШМУЛЕВИЧ
Mikhail I. SHMULEVICH

Алексей СТАРИКОВ
Aleksy E. STARIKOV



*Шмелевич Михаил Израилевич – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), заместитель директора ЗАО «ПромтрансНИИпроект», Москва, Россия.
Стариков Алексей Евгеньевич – инженер ЗАО «ПромтрансНИИпроект», Москва, Россия.*

Dependence of Train Sorting Time on the Turnout Track and Duration of Semi-Trip
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 52)

Продолжительность сортировки на вытяжном пути состава определяется по известной формуле $T_{\text{сорт}} = A \cdot g + B \cdot m$. При этом продолжительность всех полурейсов – заезда локомотива за часть состава, её вытягивание на вытяжной путь, сортировки и обратного оттягивания оставшихся вагонов – рассчитывались по формуле $t_{\text{н/р}} = a + b \cdot m$, которая теперь методическими указаниями по нормированию маневровых работ заменена новой. В статье излагаются результаты исследования, позволившего вывести формулу расчёта продолжительности сортировки состава на вытяжном пути исходя из иного расчёта продолжительности полурейсов.

Ключевые слова: железная дорога, вытяжной путь, продолжительность сортировки, продолжительность полурейса, расчётные формулы.

Обычно продолжительность сортировки состава из m вагонов и g отцепов рассчитывается по формуле $T_{\text{сорт}} = A \cdot g + B \cdot m$, где A и B – коэффициенты, величина которых принимается в зависимости от уклона пути следования отцепа и способа организации маневров [1, 2].

Приведенная формула получена исходя из деления состава на части с целью минимизации общей продолжительности сортировки [3], но при выводе указанной формулы продолжительность полурейса определялась по формуле $t_{\text{н/р}} = a + b \cdot m$ (где m – количество вагонов в составе), которая в действующих «Методических указаниях по расчету норм времени на маневровые работы» заменена другой. При этом коэффициенты A и B определены статистическими наблюдениями.

В данной статье обосновывается вывод формулы, аналогичной $T_{\text{сорт}} = A \cdot g + B \cdot m$, исходя из действующей методики расчета продолжительности маневрового полурейса с теоретическим выводом коэффициентов.

Формула для определения продолжительности маневрового полурейса, приведенная в [1] взамен формулы $t_{\text{н/р}} = a + b \cdot m$, выглядит следующим образом:

$$t_{n/p} = (\alpha_{pt} + \beta_{pt} \cdot m) \cdot \frac{V}{2} + \frac{3,6 \cdot l_{np}}{V}, \text{ сек}, \quad (1)$$

где α_{pt} – коэффициент, учитывающий время, необходимое для изменения скорости движения локомотива на 1 км/ч при разгоне и торможении, в соответствии с [1]

$$\alpha_{pt} = 0,76 \frac{\text{сек}}{\text{км/ч}};$$

β_{pt} – коэффициент, учитывающий дополнительное время на изменение скорости движения каждого вагона в маневровом составе на 1 км/ч при разгоне и торможении, в соответствии с [1] $\beta_{pt} = 0,13 \frac{\text{сек}}{\text{км/ч}};$

V – допустимая скорость движения при маневрах, км/ч;

l_{np} – длина полурейса, м.

Преобразуем формулу (1):

$$\begin{aligned} t_{n/p} &= (\alpha_{pt} + \beta_{pt} \cdot m) \cdot \frac{V}{2} + \frac{3,6 \cdot l_{np}}{V} = \\ &= \alpha_{pt} \cdot \frac{V}{2} + \frac{3,6}{V} \cdot l_{np} + \frac{\beta_{pt} \cdot V}{2} \cdot m = \\ &= \alpha + \beta \cdot l_{np} + \gamma \cdot m, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{где } \alpha = \alpha_{pt} \cdot \frac{V}{2}, \text{ сек}, \quad (3)$$

$$\beta = \frac{3,6}{V}, \text{ сек/м}, \quad (4)$$

$$\gamma = \frac{\beta_{pt} \cdot V}{2}, \text{ сек}. \quad (5)$$

В общем случае продолжительность маневров на вытяжном пути при делении состава на x частей можно определить по формуле:

$$T = \sum t_3 + \sum t_b + \sum t_c + \sum t_{от}, \text{ сек}, \quad (6)$$

где $\sum t_3$ – продолжительность холостых полурейсов (заезда за частями состава), сек;

$\sum t_b$ – продолжительность полурейсов вытягивания частей состава, сек;

$\sum t_c$ – продолжительность полурейсов осаживания состава на сортировочные пути, сек;

$\sum t_{от}$ – продолжительность полурейсов обратного оттягивания состава на вытяжной путь, сек.

Продолжительность полурейсов заезда за частями состава ($\sum t_3$) можно определить по формуле:

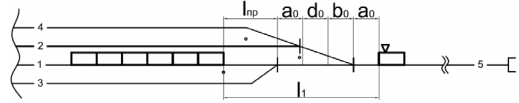


Рис. 1. Схема для расчета продолжительности маневров.

$$\sum t_3 = t_3^{cp} \cdot x, \quad (7)$$

где t_3^{cp} – средняя продолжительность полурейса заезда за частями состава, сек.

Продолжительность полурейсов вытягивания частей состава ($\sum t_b$):

$$\sum t_b = t_b^{cp} \cdot x, \quad (8)$$

где t_b^{cp} – средняя продолжительность полурейса вытягивания частей состава, сек.

Продолжительность полурейсов осаживания состава на сортировочные пути ($\sum t_c$) составляет:

$$\sum t_c = t_c^{cp} \cdot g, \quad (9)$$

где t_c^{cp} – средняя продолжительность полурейса осаживания, сек;

g – количество отцепов в сортируемом составе.

Продолжительность полурейсов обратного оттягивания состава на вытяжной путь ($\sum t_{от}$) определяется формулой (с учетом возврата локомотива после постановки последнего отцепа):

$$\sum t_{от} = t_{от}^{cp} \cdot g, \quad (10)$$

где $t_{от}^{cp}$ – средняя продолжительность полурейса оттягивания состава на вытяжной путь, сек.

Среднюю продолжительность полурейса каждого типа можно определить по формуле:

$$t_{n/p}^{cp} = \alpha + \beta \cdot l^{cp} + \gamma \cdot m^{cp}, \quad (11)$$

где l^{cp} – средняя длина полурейса, м;

m^{cp} – среднее количество вагонов при данном типе полурейса.

Средняя длина полурейса (l_{cp}) определяется как полусумма его минимальной (l_{min}) и максимальной (l_{max}) длины:

$$l_{cp} = \frac{l_{min} + l_{max}}{2}, \text{ м}. \quad (12)$$

Для определения указанных величин рассмотрим схему на рис. 1.

Технология сортировки в рассматриваемом примере такова: сортируемый состав находится на пути 1, маневровый локомотив – на вытяжном пути 5. Состав сортируется по трем назначениям на три пути: 2, 3, 4. Мощность назначений в составе принята одинаковой и составляет для каждого



из трех назначений $m/3$. Маневровый локомотив заезжает на путь 1 за первой частью сортируемого состава, первые отцепы на каждом пути ставятся на расстояние $m_i \cdot l$, где l — длина вагона, m_i — количество вагонов из сортируемого состава, устанавливаемых на i -й путь, т.е. каждый отцеп устанавливается сразу в конечную точку и в процессе сортировки состава не перемещается. Далее пути 2, 3, 4 заполняются в сторону вытяжного пути. Таким образом, после окончания сортировки выделенные назначения находятся в начале сортировочных путей. Такой способ дает минимальную продолжительность маневровых работ.

Отсюда:

1. Для $\sum t_3$ (полурейсы заезда):

Первый полурейс выполняется к голове состава (рис. 1):

$$l_3^{\min} = l_1 = 2 \cdot a_o + d_o + b_o + l_{\text{пр}}, \text{ м}, \quad (13)$$

где l_1 — длина 1-го полурейса заезда, определяется по формуле:

$$l_1 = 2 \cdot a_o + d_o + b_o + l_{\text{пр}}, \text{ м}, \quad (14)$$

здесь a_o — расстояние от стыка рамного рельса до центра стрелочного перевода, м ($a_o = 15$ м);

b_o — расстояние от центра стрелочного перевода до торца крестовины, м ($b_o = 15$ м);

d_o — длина прямой вставки, м ($d_o = 12,5$ м);

$l_{\text{пр}}$ — расстояние от центра стрелочного перевода до предельного столбика, м, ($l_{\text{пр}} = 37$ м).

Заезд за последней частью состава:

$$l_3^{\max} = l_1 + l_b \cdot \frac{m}{x} \cdot (x - 1), \text{ м}. \quad (15)$$

Средняя длина полурейса заезда:

$$l_3^{\text{cp}} = l_1 + l_b \cdot \frac{m}{2} - l_b \cdot \frac{m}{2 \cdot x}, \text{ м}. \quad (16)$$

При полурейсах заезда $m = 0$ и из (11) следует:

$$\begin{aligned} \sum t_3 &= \left(\alpha + \beta \cdot \left(l_1 + l_b \cdot \frac{m}{2} - l_b \cdot \frac{m}{2 \cdot x} \right) + \right. \\ &\left. + \gamma \cdot 0 \right) \cdot x = \left(\alpha + \beta l_1 + \beta l_b \frac{m}{2} \right) x - \beta l_b \frac{m}{2}. \end{aligned} \quad (17)$$

2. Для $\sum t_b$ (полурейсы вытягивания):

Вытягивание первой части состава:

$$l_o^{\min} = l_1 + l_o \cdot \frac{m}{x}, \text{ м}. \quad (18)$$

Вытягивание последней части состава:

$$l_b^{\max} = l_1 + l_b \cdot m, \text{ м}. \quad (19)$$

Средняя длина полурейса вытягивания:

$$l_b^{\text{cp}} = l_1 + l_b \cdot \frac{m}{2} + l_b \cdot \frac{m}{2 \cdot x}, \text{ м}, \quad (20)$$

$$m_b^{\text{cp}} = \frac{m}{x} \text{ (часть состава)}, \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \sum t_o &= \left(\alpha + \beta \cdot \left(l_1 + l_o \cdot \frac{m}{2} + l_o \cdot \frac{m}{2 \cdot x} \right) + \gamma \cdot \frac{m}{x} \right) \cdot x = \\ &= \left(\alpha + \beta l_1 + \beta l_o \frac{m}{2} \right) x + \frac{m}{2} + \gamma m. \end{aligned} \quad (22)$$

3. Для $\sum t_c$ (полурейсы осаживания):

Осаживание последнего отцепа части состава:

$$l_c^{\min} = l_1 + l_b \cdot \frac{m}{g}, \text{ м}, \quad (23)$$

где l_1 — расстояние от остяков стрелочного перевода, ведущего на вытяжной путь, до крайнего (дальнего) предельного столбика сортировочных путей (на рис. 1 совпадает с l_1).

Осаживание всей части состава для постановки первого её отцепа:

$$l_c^{\max} = l_1 + l_b \cdot \frac{m}{x}, \text{ м}, \quad (24)$$

$$l_c^{\text{cp}} = l_1 + l_b \cdot \frac{m}{2x} + l_b \cdot \frac{m}{2g}, \text{ м}, \quad (25)$$

$$m_{\min} = \frac{m}{g}, \quad m_{\max} = \frac{m}{x}, \quad m_b^{\text{cp}} = \frac{m \cdot (g + x)}{2gx}, \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \sum t_c &= \left(\alpha + \beta \cdot \left(l_1 + l_b \cdot \frac{m}{2x} + l_b \cdot \frac{m}{2g} \right) + \right. \\ &\left. + \gamma \cdot \frac{m \cdot (g + x)}{2gx} \right) \cdot g = \left(\beta l_b + \gamma \right) \frac{mg}{2x} + \\ &+ \left(\alpha + \beta l_1 \right) g + \left(\beta l_b + \gamma \right) \frac{m}{2}. \end{aligned} \quad (27)$$

4. Для $\sum t_{\text{от}}$ (полурейсы обратного оттягивания):

Возвращение локомотива после осаживания последнего отцепа:

$$l_{\text{от}}^{\min} = l_o, \text{ м}. \quad (28)$$

Оттягивание после осаживания первого отцепа части состава:

$$l_{\text{от}}^{\max} = l_1 + l_b \cdot \left(\frac{m}{x} - \frac{m}{g} \right), \text{ м}, \quad (29)$$

$$l_{\text{от}}^{\text{cp}} = l_1 + l_b \cdot \frac{m}{2x} - l_b \cdot \frac{m}{2g}, \text{ м}, \quad (30)$$

$$m_{\min} = 0, \quad m_{\max} = \frac{m}{x} - \frac{m}{g}, \quad m_b^{\text{cp}} = \frac{m}{2x} - \frac{m}{2g}, \quad (31)$$

$$\begin{aligned} \sum t_{\text{от}} &= \left(\alpha + \beta \cdot \left(l_1 + l_b \cdot \frac{m}{2x} - l_b \cdot \frac{m}{2g} \right) + \gamma \cdot \left(\frac{m}{2x} - \frac{m}{2g} \right) \right) \cdot g = \\ &= \left(\beta l_b + \gamma \right) \frac{mg}{2x} + \left(\alpha + \beta l_1 \right) g - \left(\beta l_b + \gamma \right) \frac{m}{2}. \end{aligned} \quad (32)$$

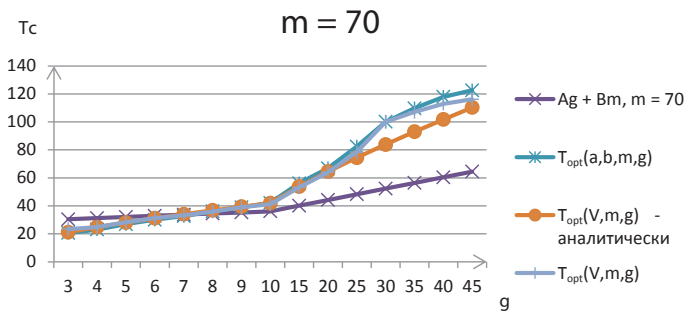


Рис. 2. Продолжительность маневров на вытяжном пути, $m = 70$ вагонов.

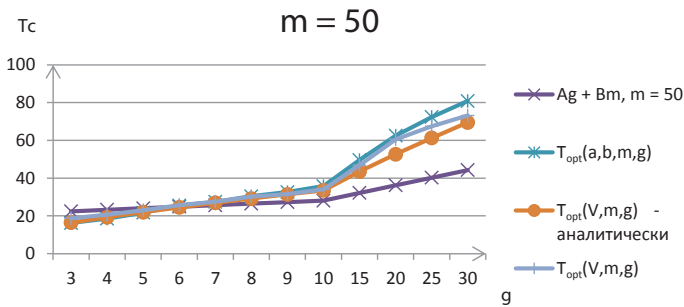


Рис. 3. Продолжительность маневров на вытяжном пути, $m = 50$ вагонов.

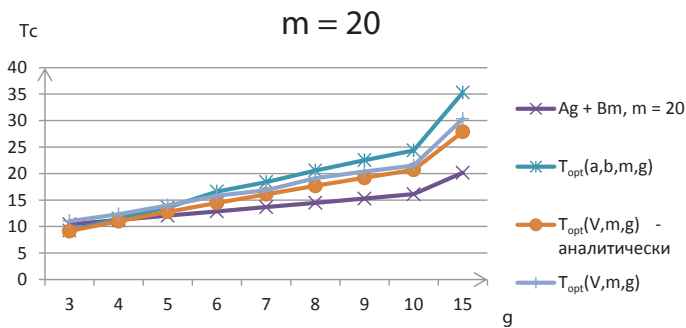


Рис. 4. Продолжительность маневров на вытяжном пути, $m = 20$ вагонов.

Общая продолжительность сортировки состава осаживанием при делении его на x частей:

$$T = \sum t_x + \sum t_b + \sum t_c + \sum t_{\text{от}} =$$

$$= \left(\alpha + \beta l_1 + \beta l_b \frac{m}{2} \right) x - \beta l_b \frac{m}{2} +$$

$$+ \gamma m + (\beta l_b + \gamma) \frac{mg}{2x} + (\alpha + \beta l_r) g +$$

$$+ (\beta l_b + \gamma) \frac{m}{2} + (\beta l_b + \gamma) \frac{mg}{2x} + (\alpha + \beta l_r) g -$$

$$- (\beta l_b + \gamma) \frac{m}{2} = 2 \left(\alpha + \beta l_1 + \beta l_b \frac{m}{2} \right) x + \gamma m +$$

$$+ (\beta l_b + \gamma) \frac{mg}{x} + 2(\alpha + \beta l_r) g \quad (33)$$

или

$$T = 2 \left(\alpha + \beta l_1 + \beta l_b \frac{m}{2} \right) x + \gamma m +$$

$$+ (\beta l_b + \gamma) \frac{mg}{x} + 2(\alpha + \beta l_r) g, \text{ сек.} \quad (34)$$

Первая производная по x :

$$\frac{dT}{dx} = 2 \left(\alpha + \beta l_1 + \beta l_b \frac{m}{2} \right) - (\beta l_b + \gamma) \frac{mg}{x^2}; \quad (35)$$

вторая производная является положительной величиной, поэтому минимум функции T достигается в точке:

$$x = \sqrt{\frac{(\beta l_b + \gamma) mg}{2(\alpha + \beta l_1 + \beta l_b \frac{m}{2})}}. \quad (36)$$

Формула (36) определяет оптимальное количество частей состава по критерию минимума продолжительности его сортировки осаживанием на вытяжном пути.

Подставив (36) в (34), получим минимальную продолжительность маневров:

$$T = 2 \sqrt{2 \left(\alpha + \beta l_1 + \beta l_b \frac{m}{2} \right) (\beta l_b + \gamma) mg} +$$

$$+ 2(\alpha + \beta l_r) g + \gamma m, \text{ сек.} \quad (37)$$

Формулу (37) можно представить следующим образом:

$$T = A' g + B' m + C' \sqrt{mg}, \quad (38)$$





Таблица 1

Коэффициент A_l

$l_r, \text{ м}$	$V, \text{ км/ч}$		
	15	25	40
100	0,99	0,80	0,81
150	1,39	1,04	0,96
200	1,79	1,28	1,11
250	2,19	1,52	1,26
300	2,59	1,76	1,41
350	2,99	2,00	1,56
400	3,39	2,24	1,71
450	3,79	2,48	1,86
500	4,19	2,72	2,01

Таблица 2

Коэффициент B_1 при $V = 15 \text{ км/ч}$

g, отц	m, ваг						
	10	20	30	40	50	60	70
1	0,23	0,19	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16
5	0,49	0,40	0,37	0,36	0,35	0,34	0,33
10	0,68	0,57	0,52	0,50	0,48	0,47	0,47
15		0,69	0,63	0,61	0,59	0,58	0,57
20			0,73	0,70	0,68	0,66	0,65
25				0,78	0,75	0,74	0,73
30					0,82	0,81	0,79
35						0,87	0,86
40						0,93	0,91
45							0,97

Таблица 3

Коэффициент B_1 при $V = 25 \text{ км/ч}$

g, отц	m, ваг						
	10	20	30	40	50	60	70
1	0,19	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13
5	0,40	0,32	0,30	0,28	0,27	0,26	0,26
10	0,55	0,45	0,41	0,39	0,37	0,36	0,36
15		0,54	0,49	0,47	0,45	0,44	0,43
20			0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
25				0,60	0,57	0,56	0,55
30					0,63	0,61	0,60
35						0,66	0,64
40						0,70	0,69
45							0,73

Таблица 4

Коэффициент B_l при $V = 40 \text{ км/ч}$

g, отц	m, ваг						
	10	20	30	40	50	60	70
1	0,20	0,17	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13
5	0,40	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25	0,25
10	0,55	0,44	0,39	0,37	0,35	0,34	0,33
15		0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,40
20			0,54	0,50	0,48	0,46	0,45
25				0,56	0,53	0,51	0,50
30					0,58	0,56	0,54
35						0,60	0,58
40						0,64	0,62
45							0,66

$$\text{где } A' = 2(\alpha + \beta l_r) = \alpha_{\text{рт}} \cdot V + \frac{7,2}{V} l_r, \quad (39)$$

$$B' = \gamma = \frac{\beta_{\text{рт}} \cdot V}{2}, \quad (40)$$

$$C' = 2 \sqrt{2 \left(\alpha + \beta l_1 + \beta l_b \frac{m}{2} \right) (\beta l_b + \gamma)} =$$

$$2 \sqrt{2 \left(\left(\alpha_{\text{рт}} \cdot \frac{V}{2} \right) + \left(\frac{3,6}{V} \right) l_1 + \left(\frac{3,6}{V} \right) l_b \frac{m}{2} \right) \cdot \left(\left(\frac{3,6}{V} \right) l_b + \frac{\beta_{\text{рт}} \cdot V}{2} \right)}. \quad (41)$$

Как видно из формул (39)–(41), величины A' , B' не зависят от g и m , а величина C' зависит от m .

Формулу (38) можно представить в более привычном виде:

$$T_{\text{сорт}} = A_g g + B_l m, \quad (42)$$

где $A_l = A'$,

$$B_1 = B' + C' \sqrt{\frac{g}{m}} = \gamma + C' \sqrt{\frac{g}{m}} = \frac{\beta_{\text{рт}} \cdot V}{2} + C' \sqrt{\frac{g}{m}}.$$

С учетом выражений (39)–(41) полученные коэффициенты равны:

$$A_1 = \alpha_{\text{рт}} \cdot V + \frac{7,2}{V} l_r, \text{ мин/отц.} \quad (43)$$

$$B_1 = \frac{\beta_{\text{рт}} \cdot V}{2} + 2 \sqrt{2 \left(\left(\alpha_{\text{рт}} \cdot \frac{V}{2} \right) + \left(\frac{3,6}{V} \right) l_1 + \left(\frac{3,6}{V} \right) l_b \frac{m}{2} \right) \cdot \left(\left(\frac{3,6}{V} \right) l_b + \frac{\beta_{\text{рт}} \cdot V}{2} \right)} \cdot \sqrt{\frac{g}{m}}, \text{ мин/ваг.} \quad (44)$$

Таким образом:

$$A_l = f(\alpha_{\text{рт}}, V, l_r);$$

$$B_l = f(\alpha_{\text{рт}}, \beta_{\text{рт}}, V, m, g);$$

$$T = f(\alpha_{\text{рт}}, \beta_{\text{рт}}, V, l_r, m, g).$$

$\alpha_{\text{рт}}, \beta_{\text{рт}}$ – нормативные коэффициенты, приведенные в [1], по сути отражают технические характеристики маневрового локомотива. Зависимость от них приведена выше.

При фиксированных $\alpha_{\text{рт}}, \beta_{\text{рт}}$ и l_r $T = f(V, m, g)$, т.е. оптимальная продолжительность маневров на вытяжном пути методом осаживания аналитически выводится с помощью формулы (1) в зависимости от m и g .

Результаты расчетов по формуле (38) для $V = 15 \text{ км/ч}$ и фиксированном m приведены на рис. 2–4 ($l_r = 94,5 \text{ м}$). В обозначениях к этим рисункам:

$Ag+Bm$ – продолжительность маневров, рассчитанная исходя из статистических коэффициентов в соответствии с [1];

$T_{opt}(a, b, m, g)$ – оптимальная (при оптимальной величине x) продолжительность маневров, рассчитанная как сумма полурейсов исходя из формулы $t_{n/p} = a + bm$;

$T_{opt}(V, m, g)$ – оптимальная продолжительность маневров, рассчитанная как сумма полурейсов исходя из формулы (1);

$T_{opt}(V, m, g)$ – оптимальная продолжительность маневров, полученная аналитическим способом по формуле (38).

В таблице 1 приведены значения коэффициента A_i в зависимости от скорости при маневрах (V) и длины горловины сортировочного парка (l_p). В таблицах 2–4 приведены значения коэффициента B_i в зависимости от скорости при маневрах (V), количества вагонов (m) и отцепов (g) в составе. Таблицы 1–4 составлены при нормативных значениях $\alpha_{пр}$, $\beta_{пр}$.

Анализ приведенных данных показывает следующее:

– при $m > 50$ и $g < 10$ все четыре подхода дают практически одинаковые результаты, при $m = 20$ результаты совпадают только для $g < 5$;

– при числе отцепов, больше указанных величин, наиболее значительно отличаются от остальных результаты, полученные по традиционной формуле $T_{сорт} = A \cdot g + B \cdot m$, эти результаты существенно ниже полученных при расчетах по полурейсам;

– при длинном сортируемом составе ($m = 50, m = 70$) и значительном числе отцепов ($g > 10$) аналитически выведенная формула дает большую продолжительность сортировки, чем формула, исходящая из статистических данных (с учетом расчета продолжительности полурейсов на основе оптимизированной формулы (1), описанной в статье [4]), причем с увеличением числа g это расхождение растет;

– при малой длине состава ($m = 20$) аналитически выведенная формула дает результаты, практически совпадающие с оптимизированной формулой (1), причем меньше, чем при расчете продолжительности полу-

рейса по формуле $t_{п/р} = a + bm$. Все расхождения растут с увеличением числа отцепов.

Таким образом, аналитически выведенная формула $T_{сорт} = A_i \cdot g + B_i \cdot m$ дает результаты, близкие к полученным при расчете продолжительности сортировки по полурейсам в широком диапазоне значений m и g , и при этом позволяет быстро найти искомые величины (без расчета продолжительности каждого полурейса).

Это особенно важно для проведения оперативной проверки расчетных значений продолжительности маневровой работы, что реализуется при имитационном моделировании процессов на железнодорожной станции в среде AnyLogic [5–11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожных станциях ОАО «РЖД», нормативы численности бригад маневровых локомотивов (2007 г.).
2. Приказ МПС РФ от 29 сентября 2003 г. № 67 «Об утверждении порядка разработки и определения технологических сроков оборота вагонов и технологических норм погрузки грузов в вагоны и выгрузки грузов из вагонов».
3. Кочнев Ф. П., Сотников И. Б. Управление эксплуатационной работой железных дорог: Учеб. пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
4. Шмулевич М. И., Стариков А. Е. Особенности нормирования маневровой работы в имитационной модели станции // Мир транспорта. – 2015. – № 5. – С. 198–212.
5. Шмулевич М. И., Стариков А. Е. Структура имитационной модели промышленной железнодорожной станции и реализация в системе AnyLogic // Промышленный транспорт XXI век. – 2016. – № 3–4. – С. 20–24.
6. The AnyLogic Company. 2015. AnyLogic – Multithread Simulation Software. [Электронный ресурс]: <http://www.anylogic.com>. Доступ 29.10.2015.
7. Petersen, E. R. Rail yard Modeling: Part I. Prediction of Put-Through Time, Transportation Science, 1977, vol. 11, no. 1, February.
8. Baugher, R. Application of Any Logic to Railroad Operation Analysis. *Any Logic Conference*, December, 2013.
9. Lin, E., Cheng, C. Yard Sim. A Rail Yard Simulation Framework and its Implementation in a Major Railroad in the U.S. Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference // Edited by M. D. Rossetti, R. R. Hill, B. Johansson, A. Dunkin, R. G. Ingalls. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. 2009, pp. 2532–2541.
10. Clausen, U., Goedicke, I. Simulation of Yard Operations and Management in Transshipment Terminals. *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference*, 2012.
11. Киселева М. В. Имитационное моделирование систем в среде Anylogic: Учебно-методическое пособие. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – 88 с. ●

Координаты авторов: **Шмулевич М. И.** – mikhail.shmulevich@gmail.com,
Стариков А. Е. – starikovaleksei1992@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 06.05.2016, принята к публикации 18.06.2016.

