

УДК 656.22

Е. А. ТЕРЕЩЕНКО, магистр технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ СТАНЦИЙ ПО РАСФОРМИРОВАНИЮ ПОЕЗДОВ ПРИ СЕКЦИОНИРОВАНИИ ПУТЕЙ СОРТИРОВОЧНЫХ ПАРКОВ

Рассматривается технология работы станции при секционировании путей сортировочных парков на примере выделения четырех секций по каждому из существующих четырех путей. Предлагаются формулы для расчета времени расформирования состава осаживанием на выделенные секции согласно их специализации.

В настоящее время на Белорусской железной дороге наблюдаются изменения структуры поездопотока, связанные с увеличением числа назначений за счет возрастания количества клиентов, пользующихся услугами железнодорожного транспорта при перевозке грузов. На грузовых станциях сети при маломощных назначениях и значительных длинах сортировочных путей последние используются неэффективно. Большое количество назначений не обеспечивается наличным количеством путей, следствием чего является большая повторная сортировка, увеличиваются простои вагонов на станции, замедляется скорость доставки грузов. Поэтому возникает необходимость исследовать возможность секционирования сортировочных путей в парке, определять количество секций и их длины по каждому пути, а также выбирать схемные решения по уборке групп вагонов с каждой секции.

Секционирование сортировочного парка рассматривается в качестве эффективной меры повышения пропускной способности станционных путей при значительном количестве маломощных назначений [8]. Длинные сортировочные пути оказываются недостаточно заполненными при накоплении групп вагонов в объемах подач на примыкающие грузовые пункты и передач на прилегающие станции и участки. Разделение таких сортировочных путей на секции (две, три и более) позволяет накапливать вагоны нескольких назначений на одном пути. Технически данная мера обеспечивается укладкой ряда съездов с одного ходового пути по схеме, называемой «елочкой» [3]. Наиболее эффективным является вариант расположения ходового пути в середине по отношению к секционируемой группе путей (рисунок 1).

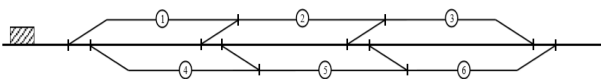


Рисунок 1 – Секционирование сортировочного парка при числе путей $N_{\text{пут}} = 3$, числе секций на пути $n_{\text{сек}} = 3$

Число секций, на которое делится данный сортировочный путь, определяется соотношением полезной длины всего пути и потребными длинами каждой секции. Технология работы станции с секционированными путями сортировочного парка связана с осаживанием вагонов при расформировании поездов с назначениями на выделенные секции.

Существующие сортировочные станции имеют конструктивные и технологические особенности, не всегда позволяющие применить к ним типовые решения с

укладкой веерной структуры съездов. Проведение системного анализа схем станций позволит выделить классификационные группы, к каждой из которых впоследствии возможно применение тех или иных общих подходов при выборе вариантов проектирования «елочки».

Так как суточный объем вагонопотока по каждому назначению варьируется в некоторых пределах, то важно определить данное отклонение δ_i от среднего значения $(m_{\text{назн}})_i + k\delta_i$, где k – нормирующий коэффициент. Резервная длина i -й секции может определяться как

$$(L_{\text{рез}}^{\text{сек}})_i = l_b k \delta_i, \quad (1)$$

где l_b – длина вагона, м.

Особое внимание требуется уделить конструкции путевого развития секционированных путей. Типовая «елочка» может претерпеть существенные изменения при необходимости секционирования внутренних путей сортировочного парка, укладке съездов в кривых, недостаточной общей длине сортировочного пути, который необходимо секционировать до требуемых полезных длин секций. Эти исследования необходимо проводить на реальных схемах грузовых станций. Возможно, на выбор схемы секционирования окажет влияние существующая технология работы станции.

Особо следует отметить задачу выбора минимального количества путей, которое целесообразно секционировать, учитывая, что один путь всегда выделяется в качестве ходового. При разбиении парковых путей на секции следует также рассмотреть различные варианты взаимной укладки стрелочных переводов и установить, имеет ли принципиальное значение схема укладки съездов по секционируемым путям. Фактически длина секции пути будет определять мощность назначения в соответствии с планом формирования поездов. Таким образом, устанавливается следующее правило: если количество стрелочных участков $N_{\text{уч}}$, число секций $n_{\text{сек}}$, то для одного сортировочного пути

$$N_{\text{уч}} = n_{\text{сек}} - 1. \quad (2)$$

Следовательно, при наличии необходимого путевого развития сортировочного парка с полезной длиной пути $L_{\text{пол}}^{\text{пут}}$ для известного варианта разбиения с определенными длинами секций $L_{\text{пол}}^{\text{сек}(i)}$ соблюдается условие

$$\sum_{i=1}^{n_{\text{сек}}} L_{\text{пол}}^{\text{сек}(i)} + L_{\text{стр}}^{\text{уч}} (n_{\text{сек}} - 1) \leq L_{\text{пол}}^{\text{пут}}, \quad (3)$$

где $L_{стр}^{уч}$ – длина стрелочного участка, исключаемая из общей полезной длины пути вследствие реконструктивных мероприятий.

Следует также отметить, что значение $L_{стр}^{уч}$ при проектировании определяется через геометрические размеры уложенных стрелочных переводов с учетом их взаимной укладки. Например, в случае укладки в сортировочном парке по 3-й схеме при типе рельсов Р50, марке стрелочных переводов 1/9 и прямой вставке $d = 6,25$ м значение $L_{стр}^{уч} \approx 40$ м.

Графическая интерпретация зависимости возможного количества секций от числа укладываемых съездов N_c между смежными путями приведена на рисунке 2.

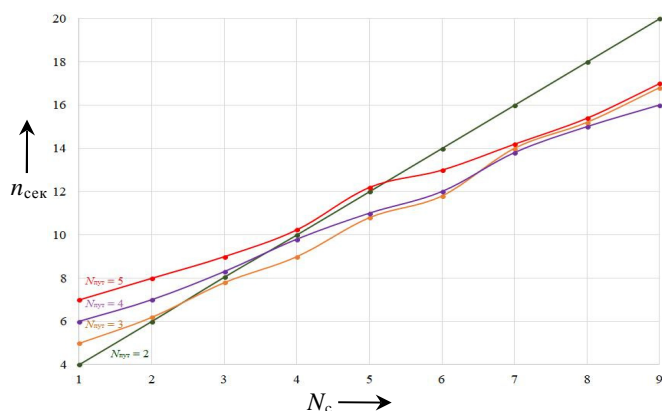


Рисунок 2 – Графическая интерпретация зависимости количества секций от числа укладываемых съездов и путей

При секционировании парковых путей требуется решить вопрос принципиальной реализуемости схемы с возможностью разбиения на $n_{сек}$ и полезных длинах секций, не менее требуемых. Очевидно, что чем меньше длина секции, тем менее эффективно она будет использоваться. Таким образом, возникает вопрос о минимальной полезной длине секции. Необходима адаптация существующих длин путей сортировочного парка под эффективное использование малых назначений посредством секционирования.

Назначения, особенно маломощные, имеют различные разбросы значения величины потока. Следовательно, амплитуда колебания должна коррелировать с длиной секции. Практика показывает, что в условиях больших колебаний количества назначений необходимо иметь значительный запас полезной длины секции. Это связано с тем, что при одинаковом математическом ожидании маломощного назначения возможен большой разброс величины потока относительно среднего значения. Проведение дополнительных исследований позволит найти зависимость между числом секций и нерабочей длиной из-за исключения полезной длины путей сортировочного парка стрелочными зонами.

Экспертная оценка показывает, что соотношение нерабочей и полезной длин путей сортировочного парка не должно превышать 10 %. Поэтому можно показать, что затратные меры по секционированию путей позволят получить технологический и в конечном счете эко-

номический эффект из-за увеличения числа секций по назначениям. При соответствующей методике возможно найти наиболее рациональное разбиение $N_{пут}$ путей сортировочного парка на $n_{сек}$ секций, которое позволит получить максимальный эффект.

Возможно, не всегда удастся секционированием добиться равенства числа секций и числа назначений. Очевидно, что чем менее мощным является назначение, тем выше вероятность того, что выделение под него секций может не привести к достижению значимого эффекта. Однако в любом случае полученное решение будет более эффективным, чем существующее, так как число назначений плана формирования поездов для данной станции будет меньше, чем предлагаемое.

При незначительных объемах работы некоторая секция пути сортировочного парка может иметь скользящую специализацию, на которой возможно накопление вагонов на один путь необщего пользования, но с разделением по грузовым фронтам. Данные решения являются экономически выгодными не только для железной дороги в связи с уменьшением повторной сортировки, но и для клиента, так как у него сокращаются затраты, связанные с необходимостью производства дополнительных маневров по подборке вагонов для фронтов.

Разработанная технология может быть использована как в сортировочных, так и в сортировочно-отправочных парках грузовых станций, к которым примыкает большое количество путей необщего пользования мелких клиентов. Следовательно, в данных парках необходимо выделять пути для обработки составов по отправлению и секционировать только сортировочные пути.

Определим продолжительность расформирования поезда с конкретным разложением по назначениям для некоторых исходных данных. Рассмотрим пример секционирования сортировочного парка, состоящего из 4 путей, каждый из которых разбивается на 4 секции. Нижний путь специализирован в качестве ходового (рисунк 3).



Рисунок 3 – Исходное состояние секционированного сортировочного парка при числе путей $N_{п} = 4$ и числе секций $n_{сек} = 4$

Распределение полезных длин путей сортировочного парка после секционирования приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика секционированных путей сортировочного парка

Полезная длина $L_{пол}$, м	Порядковые номера секций	Полезная длина секции, м				Нерабочая длина $L_{нер}$, м	Примечание
		1	2	3	4		
1052	13,14,15,16	310	250	240	150	102	–
1057	9,10,11,12	260	250	240	190	117	–
1057	5,6,7,8	210	250	240	240	117	–
1102	1,2,3,4	220	250	240	290	102	Ходовой

Для изучения технологии работы при расформировании поездов для заданных исходных данных вводится понятие «створ секций», рассматриваемый как группа

параллельно располагаемых секций на разных сортировочных путях.

В таблице 2 приведено разложение состава поезда № 3448 из $m = 20$ вагонов по секциям сортировочного парка. Для удобства цветом выделены назначения вагонов, приходящиеся на секции одного створа.

Таблица 2 – Разложение состава поезда по секциям сортировочного парка

Поезд № 3448		
№	Номер вагона	Порядковый номер секции
1	25264650	6
2	27888757	14
3	25987071	5
4	22916049	13
5	22353331	7
6	25962150	8
7	26887920	9
8	23801666	5
9	24964784	9
10	26560536	8
11	23179137	10
12	21715654	6
13	28692868	7
14	27249992	11
15	27873444	8
16	23985716	16
17	27282959	7
18	22154011	15
19	22763801	10
20	26438228	6

Расформирование состава производится путем осаживания вагонами вперед. Общая формула расчета времени расформирования маневрового состава $T_{рф}$ по секциям для n отцепов будет иметь следующий вид:

$$T_{рф} = (t_{рф})_n + (t_{рф})_{n-1} + (t_{рф})_{n-2} + \dots + (t_{рф})_1, \quad (4)$$

где $t_{рф}^n$ – технологическое время осаживания маневрового состава на путь и выезда за первый стрелочный перевод соответствующего створа секций, мин.

В общем виде время расформирования $(t_{рф})_n$ состоит из полурейсов осаживания $t_{п/р}^{oc}$, вытягивания $t_{п/р}^{выт}$, а также времени, необходимого для отцепки группы вагонов на пути $t_{отц}$:

$$(t_{рф})_n = t_{п/р}^{oc} + t_{п/р}^{выт} + t_{отц}. \quad (5)$$

В соответствии с правилами технической эксплуатации [7] все маневровые передвижения по железнодорожным станциям (следование поезда по маршрутам приема и отправления, подача и уборка поездного локомотива, расформирование состава) строго нормированы. Поэтому каждый полурейс определяется следующим аналитическим выражением:

$$t_{п/р}^{oc(выт)} = (\alpha_{р\tau} + \beta_{р\tau} m) \frac{v}{2} + 0,06 \frac{L}{v}, \quad (6)$$

где $\alpha_{р\tau}$ – коэффициент, учитывающий время, необходимое для изменения скорости движения локомотива на 1 км/ч при разгоне и торможении; $\alpha_{р\tau} = 0,0407$ мин/(км/ч); $\beta_{р\tau}$ – коэффициент, учитывающий дополни-

тельные изменения скорости движения, приходящиеся на один вагон в маневровом составе на 1 км/ч при разгоне и торможении; $\beta_{р\tau} = 0,0017$ мин/(км/ч); m – число вагонов в маневровом составе; v – допустимая скорость движения при маневрах, км/ч; $v = 25$ км/ч; L – длина полурейса, м.

Переменными величинами являются количество вагонов в процессе расформирования и длина маневровых полурейсов, то есть

$$T_{рф} = A + B \sum_{i=n}^1 m_i + C \sum_{i=1}^n L_i + D, \quad (7)$$

где A – суммирующий показатель, учитывающий время на передвижение маневрового локомотива независимо от количества вагонов в составе; $A = 0,50875$ мин; B – коэффициент, учитывающий время на передвижение маневрового состава в зависимости от имеющегося количества вагонов; $B = 0,02125$ мин/ваг.; C – коэффициент, учитывающий время на передвижение маневрового состава в зависимости от длины полурейса; $C = 0,0024$ мин/м; m_i – количество оставшихся в маневровом составе вагонов; L_i – длина i -го полурейса, м; D – суммирующий показатель, учитывающий дополнительные затраты времени при расформировании, мин.

Данная задача сводится к расчету продолжительности полурейсов вытягивания-осаживания маневровым локомотивом (МЛ) с учетом изменяющегося количества вагонов и длин полурейсов (таблица 3).

Таблица 3 – Расчет продолжительности расформирования состава поезда № 3248

№ п/р	Операция	Полурейс		Длина полурейса, м	Количество вагонов	Продолжительность, мин
		начало	конец			
1	Заезд МЛ с вагонами на 6-ю секцию	ВП	6-я секция	570	20	2,30
2	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	6-я секция	Ходовой путь	520	19	2,16
3	Заезд МЛ с вагонами на 10-ю секцию	Ходовой путь	10-я секция	350	19	1,75
4	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	10-я секция	Ходовой путь	335	18	1,70
5	Заезд МЛ с вагонами на 15-ю секцию	Ходовой путь	15-я секция	630	18	2,40
6	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	15-я секция	Ходовой путь	615	17	2,35
7	Заезд МЛ с вагонами на 7-ю секцию	Ходовой путь	7-я секция	340	17	1,69
8	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	7-я секция	Ходовой путь	325	16	1,63
9	Заезд МЛ с вагонами на 16-ю секцию	Ходовой путь	16-я секция	530	16	2,12
10	Выезд МЛ с вагонами за 31-й СП	16-я секция	Ходовой путь	515	15	2,06
11	Заезд МЛ с вагонами на 8-ю секцию	Ходовой путь	8-я секция	300	15	1,55
12	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	8-я секция	Ходовой путь	480	14	1,96

№ п/р	Операция	Полурейс		Длина полу-рейса, м	Коли-чество вагонов	Продолжи-тельность, мин
		начало	конец			
13	Заезд МЛ с вагонами на 11-ю секцию	Ходо-вой путь	11-я секция	360	14	1,67
14	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	11-я секция	Ходо-вой путь	345	13	1,61
15	Заезд МЛ с вагонами на 7-ю секцию	Ходо-вой путь	7-я секция	280	13	1,46
16	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	7-я секция	Ходо-вой путь	520	12	2,01
17	Заезд МЛ с вагонами на 6-ю секцию	Ходо-вой путь	6-я секция	305	12	1,50
18	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	6-я секция	Ходо-вой путь	290	11	1,44
19	Заезд МЛ с вагонами на 10-ю секцию	Ходо-вой путь	10-я секция	360	11	1,61
20	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	10-я секция	Ходо-вой путь	345	10	1,55
21	Заезд МЛ с вагонами на 8-ю секцию	Ходо-вой путь	8-я секция	770	10	2,57
22	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	8-я секция	Ходо-вой путь	910	9	2,88
23	Заезд МЛ с вагонами на 9-ю секцию	Ходо-вой путь	9-я секция	350	9	1,54
24	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	9-я секция	Ходо-вой путь	335	8	1,48
25	Заезд МЛ с вагонами на 5-ю секцию	Ходо-вой путь	5-я секция	250	8	1,28
26	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	5-я секция	Ходо-вой путь	235	7	1,22
27	Заезд МЛ с вагонами на 9-ю секцию	Ходо-вой путь	9-я секция	335	7	1,46
28	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	9-я секция	Ходо-вой путь	320	6	1,40
29	Заезд МЛ с вагонами на 8-ю секцию	Ходо-вой путь	8-я секция	950	6	2,92
30	Выезд МЛ с вагонами за 19-й СП	8-я секция	Ходо-вой путь	600	5	2,06
31	Заезд МЛ с вагонами на 7-ю секцию	Ходо-вой путь	7-я секция	280	5	1,29
32	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	7-я секция	Ходо-вой путь	585	4	2,00
33	Заезд МЛ с вагонами на 13-ю секцию	Ходо-вой путь	13-я секция	385	4	1,52
34	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	13-я секция	Ходо-вой путь	370	3	1,46
35	Заезд МЛ с вагонами на 5-ю секцию	Ходо-вой путь	5-я секция	250	3	1,17
36	Выезд МЛ с вагонами за 1-й СП	5-я секция	Ходо-вой путь	235	2	1,12

№ п/р	Операция	Полурейс		Длина полу-рейса, м	Коли-чество вагонов	Продолжи-тельность, мин
		начало	конец			
37	Заезд МЛ с вагонами на 14-ю секцию	Ходо-вой путь	14-я секция	570	2	1,92
38	Выезд МЛ с вагонами за 7-й СП	14-я секция	Ходо-вой путь	555	1	1,86
39	Заезд МЛ с вагонами на 6-ю секцию	Ходо-вой путь	6-я секция	310	1	1,27
40	Выезд МЛ за 1-й СП	6-я секция	ВП	545	–	1,82
ИТОГО						70,74

Для упорядочения процедуры определения длин маневровых полурейсов предлагается схему секционированных путей зафиксировать по координатам (рисунок 4).

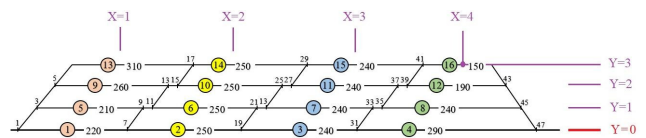


Рисунок 4 – Координатное определение секции в створе

Секция створа определяется двумя значениями соответствующих позиций координат. Створы секций нумеруются слева направо $X = 1, 2, 3, \dots$, а номера путей парка – снизу вверх от ходового пути $Y = 1, 2, 3, \dots$. Например, секция 16 определена координатами $X = 4, Y = 3$.

Таким образом, общую структуру секционированного парка можно определить матрицей с установленной полезной длиной каждой секции (таблица 4).

Таблица 4 – Матрица секций сортировочного парка

1,3	310	2,3	250	3,3	240	4,3	150
1,2	260	2,2	250	3,2	240	4,2	190
1,1	210	2,1	250	3,1	240	4,1	240
1,0	220	2,0	250	3,0	240	4,0	290

Нижняя строка матрицы определяет условные секции, которые занимает ходовой путь.

В общем виде длина полурейса передвижения локомотива с вагонами из секции (x_1, y_1) в секцию (x_2, y_2) в процессе расформирования состава имеет вид

$$L^{(x_1, y_1) \rightarrow (x_2, y_2)} = \frac{1}{2} L^{(x_1, y_1)} + \frac{1}{2} L^{(x_2, y_2)} + \sum_{i=0}^{|y_1 - y_2|} L^{i,0} + L_c (y_1 + y_2), \quad (8)$$

где L_c – длина съезда, м.

Таким образом, комплексное исследование топологии секционирования путей сортировочного парка позволит определить зоны эффективного применения данной технологии при различных конструктивных и технологических режимах работы станций. Важно сопоставить затраты, связанные с реконструкцией парка (укладка съездов, сокращение полезной длины сортировочных путей) с эффектом, достигаемым сокращением маневровой работы на повторную сортировку вагонов с назначениями, дополненными за счет секционирования

сортировочного парка. Следует отметить, что для модели, приведенной в данной статье, при расформировании поезда составом 20 вагонов (один вагон в отцепе) на 12 назначений общее время расформирования по 12 секциям составляет 71 мин. При расформировании приведенного состава на 4 несекционированные пути общее время технологических операций существенно возрастает вследствие необходимости производства дополнительных маневров по подборке вагонов ввиду превышения количества назначений поступающих вагонов над имеющимся числом сортировочных путей. Таким образом, использование предлагаемых технических и технологических решений позволит сократить продолжительность выполнения маневровых операций в процессе расформирования поездов.

Список литературы

1 **Акулиничев, В. М.** Математические методы в эксплуатации железных дорог / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. – М. : Транспорт, 1981. – 223 с.
2 **Головнич, А. К.** Автоматизация проектирования железнодорожных станций / А. К. Головнич. – Гомель : БелГУТ, 2001. – 202 с.

Получено 10.05.2018

Е. А. Tereshchenko. Features of an operation technology of railway stations using a train's disbanding process on sectional sorting tracks.

The article shows the research of technology of operations at railway stations that have sectionalized sorting tracks. As an example, 4 path sections are identified for the 4 existing paths. Formulas for calculating the time for the train to be disbanded using the method of moving carriages down on special sections that correspond to their specialization are proposed.

3 Железнодорожный транспорт : энциклопедия / Н. С. Конарев [и др.] ; под ред. Н. С. Конарева. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1994. – 559 с.

4 **Захаров, В. А.** Исследование технологии работы сортировочных станций методом моделирования процессов на ЭВМ : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.2008 / В. А. Захаров ; Бел. ин-т инж. ж.-д. трансп. – Гомель, 1975. – 162 л.

5 **Маслов, А. М.** Техничко-технологические параметры функционирования грузовых станций железнодорожного транспорта в условиях стохастического характера вагонопотока : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.2008 / А. М. Маслов ; Урал. гос. ун-т путей сообщения. – Екатеринбург, 2009. – 23 с.

6 **Кендалл, М.** Курс статистики : в 3 т. / М. Кендалл, А. Стьюарт. – М. : Наука, 1976. – Т. 3 : Многомерный статистический анализ и временные ряды. – 736 с.

7 Правила технической эксплуатации Белорусской железной дороги : утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь от 25.11.2015 г. № 52. – Минск : Бел. ж. д., 2015. – 516 с.

8 Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) : учеб. / Н. В. Правдин [и др.] ; под ред. Н. В. Правдина. – М. : ФГБОУ «УМЦ по образ. на ж.-д. трансп.», 2012. – 1086 с.