

В. И. БОБРОВСКИЙ, А. В. КУДРЯШОВ (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна)

АНАЛИЗ ЧИСЛА РАЗДЕЛЕНИЙ ОТЦЕПОВ В СОСТАВАХ, РАСФОРМИРУЕМЫХ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ

Виконано статистичний аналіз числа розділень відцепів у составах, що розформовуються на існуючих сортувальних гірках. Отримано залежності загальної та питомої кількості розділень від числа відцепів для діючих сортувальних гірок.

Ключові слова: режими гальмування, відцеп, сортувальна гірка.

Выполнен статистический анализ числа разделений отцепов в составах, расформируемых на существующих сортировочных горках. Получены зависимости общего и удельного количества разделений от числа отцепов в составе для действующих сортировочных горок.

Ключевые слова: режимы торможения, отцеп, сортировочная горка

There has been completed a statistical analysis of the number of the cuts' separations in the train for existing hump. The dependencies of total and specific amount of divisions in the train of the number of cuts for acting sorting humps are obtained.

Key words: braking modes, cut, sorting hump.

Показатели работы горки, которые определяют качество сортировочного процесса, существенно зависят от выбора режимов расформирования составов. Оптимальное управление роспуском требует определения таких режимов торможения отцепов, при которых обеспечиваются наилучшие условия их разделения на стрелках, а также выполняются требования прицельного регулирования скорости. Для обоснованного выбора рациональных режимов расформирования и, соответственно, значений интервалов между отцепами необходимо исследовать условия их разделения на стрелках и замедлителях.

В настоящее время при исследовании сортировочного процесса рассматриваются условия разделения только смежных отцепов состава [1-3]. Однако результаты исследований свидетельствуют, что в процессе разделения на стрелках участвуют не только смежные отцепы состава, но также и отцепы, разделенные в составе одним или несколькими другими отцепами (несмежные отцепы). Исследования процесса роспуска составов на имитационной модели [4] показали, что при определенных режимах торможения интервалы между отдельными несмежными отцепами могут оказаться меньше допустимых.

Выполненный в [4] анализ разделений отцепов на стрелках с использованием вероятност-

ного подхода позволил получить аналитические выражения для определения вероятности разделения на некоторой стрелке произвольной пары отцепов состава. В результате исследований были получены выражения для оценки общего числа разделений отцепов R_n в составах из n отцепов и их среднее удельное количество r'_n , приходящееся на одну пару смежных отцепов состава.

В результате анализа полученных выражений установлено, что с ростом числа отцепов в составе увеличивается сложность аналитических расчетов указанных параметров. В связи с этим в [5] была разработана методика статистической оценки частоты разделений отцепов для произвольных составов и конструкций сортировочных горок.

Выполненные теоретические исследования разделений отцепов состава на стрелках [5] показали, что их число является случайной величиной с нормальным законом распределения. Среднее значение удельного числа разделений, приходящееся на одну пару отцепов, нелинейно возрастает по мере увеличения числа отцепов в составе. Установлены теоретические значения предельных величин удельного числа разделений и их связь с числом отцепов в составе.

Таким образом, выполненные в [4, 5] теоретические исследования и статистический ана-

лиз числа разделений в расформируемых составах, показали, что достаточно большое количество отцепов состава имеют многократные разделения с несмежными отцепами.

В этой связи возникает необходимость выполнения статистического анализа числа разделений в составах, расформируемых на существующих сортировочных горках, и сравнения полученных данных с теоретическими значениями и зависимостями.

Для исследования количества разделений в составах, расформируемых на существующих сортировочных горках, были обработаны данные сортировочных листов на ряде крупных сортировочных станций Украины (Знаменка, Нижнеднепровск–Узел, нечетная и четная системы, и Кривой Рог–Сортировочный); характеристика сортировочных горок указанных станций приведена в табл. 1

Для удобства обработки данных сортировочных листов было разработано программное обеспечение на основе приведенной в [5] методики определения фактического числа разделений каждого отцепа в составе.

Таблица 1

Характеристика сортировочных горок

Станция	Количество путей	Количество пучков	Количество путей в пучках
Знаменка	28	4	6, 8, 8, 6
Нижнеднепровск–Узел (нечетн. гор.)	31	5	5, 7, 7, 8, 4
Нижнеднепровск–Узел (четн. гор.)	16	2	8, 8
Кривой Рог–Сорт.	20	4	6, 5, 3, 6

Для анализа количества разделений используются текстовые файлы с данными о порядковых номерах и путях назначения отцепов каждого состава. В результате обработки для каждого состава были получены следующие данные (см. рис. 1): матрица номеров разделительных стрелок, данные о разделениях каждого отцепа, сумма номеров стрелочных позиций разделения смежных отцепов, удельное количество разделений, приходящееся на пару смежных отцепов состава.

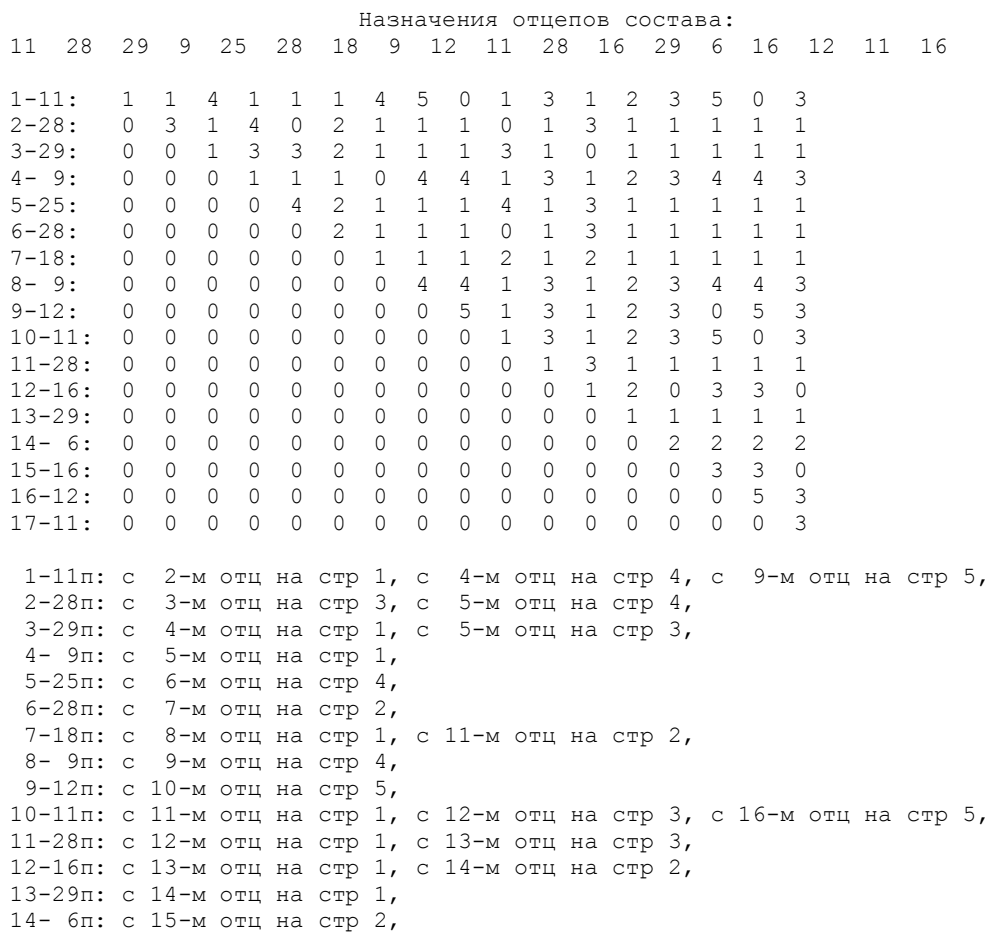


Рис. 1. Данные обработки последовательности отцепов одного из составов

Полученные максимальные значения количества отцепов n_{\max} , общего количества разделений R_n^{\max} , а также удельного количества разделений r_n^{\max} , приходящихся на пару смежных отцепов для каждой станции, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты обработки сортировочных листов

Название станции	n_{\max}	R_n^{\max}	r_n^{\max}
Знаменка	43	76	2,17
Нижнеднепровск–Узел (нечетн. гор.)	35	64	2,06
Нижнеднепровск–Узел (четн. гор.)	35	62	1,92
Кривой Рог– Сорт.	43	70	1,95

Как видно из табл. 2, полученные значения незначительно различаются по станциям; на всех станциях максимальное количество разделений существенно превышает максимальное число отцепов в составе. При этом в некоторых составах общее количество разделений в два раза превышает число разделений смежных отцепов.

В результате статистической обработки данных о расформированных составах установлено, что около 60 % из них имеют число отцепов менее 15; доля составов, имеющих более 25 отцепов, составляет не больше 10 %. Для примера на рис. 2 приведена гистограмма распределения количества отцепов в составах для одной из станций.

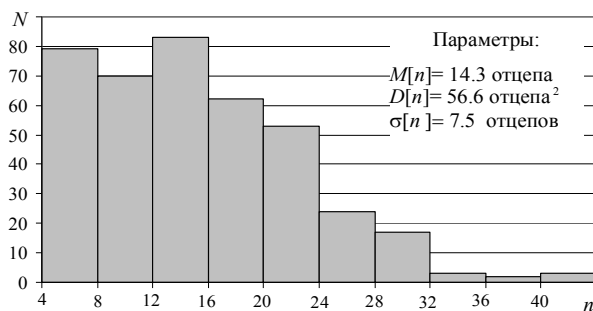


Рис. 2. Гистограмма распределения количества отцепов в составах, расформированных на ст. Знаменка

Параметры распределения количества отцепов в расформируемых составах для всех рассмотренных станций приведены в табл. 3.

Таблица 3

Параметры распределения количества отцепов в расформируемых составах

Название станции	$M[n]$	$D[n]$	$\sigma[n]$
Знаменка	14,3	56,6	7,5
Нижнеднепровск–Узел (нечетн. гор.)	13,5	50,5	7,1
Нижнеднепровск–Узел (четн. гор.)	13,2	52,3	7,2
Кривой Рог– Сорт.	12,7	39,1	6,3

Коэффициент корреляции числа отцепов и числа разделений составляет 0,95...0,97, что указывает на существование линейной связи между ними (см. рис. 3). На этом же рисунке приведены соответствующие линейные зависимости, полученные для рассматриваемых станций.



Рис. 3. Корреляционные зависимости между количеством разделений R_n и числом отцепов n в составе для рассмотренных станций

Общее количество разделений в среднем 1,5-1,8 раза превышает число разделений между смежными отцепами состава.

Количество составов, в которых отцепы имеют только смежные разделения, составляет менее 4-5 % от их общего числа; при этом большая часть из них это составы с числом отцепов меньше 10. Для большинства составов (около 80 %) количество разделений r_n , приходящееся на одну пару смежных отцепов, изменяется в пределах от 1,2 до 1,7. Для примера на рис. 4 приведена гистограмма и теоретическая функция плотности распределения числа разделений r_n , приходящихся на одну пару смежных отцепов, для одной из станций.

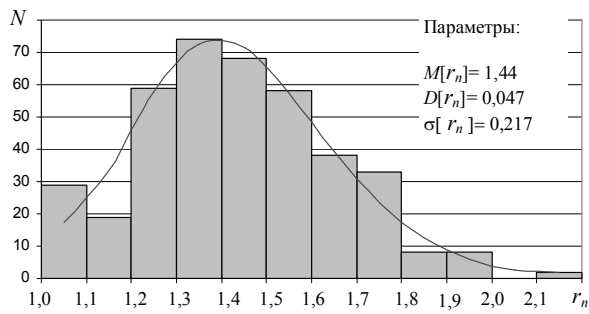


Рис. 4. Гистограмма и теоретическая функция плотности распределения числа разделений r_n , приходящегося на одну пару смежных отцепов, для ст. Знаменка

Параметры распределения количества разделений, приходящихся на одну пару смежных отцепов для всех рассмотренных станций приведены в табл. 4.

На рис. 5 приведены поля точек значений \bar{r}_n , r_n^{\min} , r_n^{\max} для отдельных n , а также соответствующие зависимости $r = f(n)$, полученные с использованием регрессионного анализа ($\bar{r}_n = f_1(n)$ – линия 1, $r_n^{\min} = f_2(n)$ – линия 2, $r_n^{\max} = f_3(n)$ – линия 3).

Таблица 4

Параметры распределения количества разделений, приходящегося на одну пару смежных отцепов

Название станции	$M[r_n]$	$D[r_n]$	$\sigma[r_n]$
Знаменка	1,44	0,047	0,217
Нижнеднепровск–Узел (нечетн. гор.)	1,47	0,057	0,238
Нижнеднепровск–Узел (четн. гор.)	1,44	0,044	0,211
Кривой Рог–Сорт.	1,38	0,039	0,199

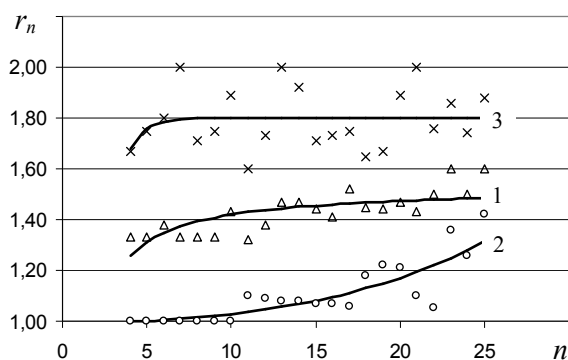


Рис. 5. Зависимости удельного числа разделений r_n от количества отцепов n в составах для ст. Знаменка

С использованием регрессионного анализа также были получены зависимости $\bar{r}_n = f(n)$

среднего удельного числа разделений \bar{r}_n от количества отцепов в составах для рассмотренных станций, которые приведены на рис. 6.

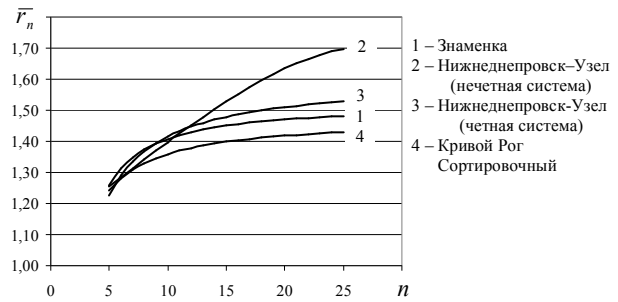


Рис. 6. Зависимости среднего удельного числа разделений \bar{r}_n от количества отцепов в составах

Как видно из рис. 6 на удельное число разделений \bar{r}_n оказывает некоторое влияние число путей M в сортировочном парке; при этом для всех станций величина \bar{r}_n нелинейно возрастает с увеличением числа отцепов в составе.

Выполненная статистическая обработка количества разделений в составах с одинаковым количеством отцепов подтвердила гипотезу о нормальном распределении количества разделений в составе. Данный вывод согласуется с результатами теоретических исследований, выполненных в [5]. Для наглядности на рис. 7 приведена гистограмма и теоретическая кривая плотности $f(R)$ распределения числа разделений в составах из 10 отцепов.

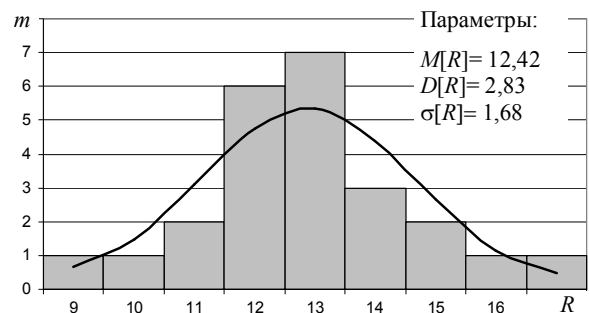


Рис. 7. Гистограмма и теоретическая кривая плотности распределения числа разделений в составах, расформированных на ст. Знаменка, при $n=10$ отцепов

Для оценки сложности процесса расформирования состава представляет интерес количество разделений каждого его отцепа. В связи с этим был выполнен анализ количества разделений каждого отцепа состава и получена доля отцепов, имеющих только смежные разделения,

и доля отцепов с многократными разделениями (см. табл. 5).

Таблица 5

Распределение числа отцепов, имеющих только однократные и многократные разделения

Название станции	однократные	многократные
Знаменка	0,398	0,602
Нижнеднепровск–Узел (нечетн. гор.)	0,337	0,663
Нижнеднепровск–Узел (четн. гор.)	0,390	0,610
Кривой Рог–Сорт.	0,473	0,527

Как видно из приведенных данных, количество отцепов, имеющих многократные разделения, превышает число отцепов разделяющихся только со смежными отцепами. Количество отцепов, имеющих многократные разделения, составляет более 60 % от их общего числа. Для наглядности на рис. 8 приведена диаграмма, на которой показаны доли отцепов, имеющих однократные разделения, а также доли отцепов с многократными разделениями.

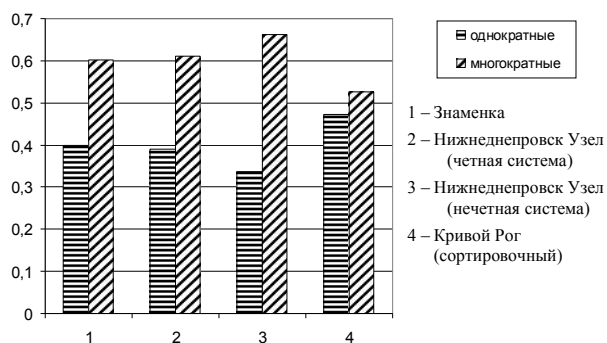


Рис. 8. Диаграмма распределения числа отцепов в составе с однократными и многократными разделениями

Таким образом, статистический анализ числа разделений в составах, расформируемых на существующих сортировочных горках, показал, что достаточно большое количество отцепов состава имеют многократные разделения с несмежными отцепами. Данное

обстоятельство существенно усложняет процесс интервального регулирования скорости скатывающихся отцепов при расформировании составов на горках.

Выполненные экспериментальные исследования подтверждают необходимость учитывать многократные разделения несмежных отцепов при решении задач, направленных на повышение эффективности сортировочного процесса на горках, в том числе и при разработке методов оптимизации режимов расформирования составов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Муха, Ю. А. 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. Явна, А. А. Совершенствование процедуры выбора специализации путей подгорочного парка сортировочной станции [Текст] / А. А. Явна, Н. Н. Новгородов, Л. В. Пальчик, Е. Г. Шепилова // Вестник ВНИИЖТ. – 1996. – №5. – С. 22-28.
3. Козаченко, Д. М. Дослідження впливу параметрів відцепів та умов їх скочування на величину інтервалів на розділових стрілках [Текст] / Д. М. Козаченко, М. І. Березовий, Р. Г. Коробйова // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2006. – Вип. 12. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – С. 79-82.
4. Бобровский, В. И. Вероятностные характеристики разделений отцепов состава на стрелках [Текст] / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов, Ю. В. Чибисов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2007. – Вип. 18. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2007. – С. 146-150.
5. Бобровский, В. И. Статистический анализ числа разделений отцепов на стрелках при расформировании составов [Текст] / В. И. Бобровский, А. В. Кудряшов, Л. О. Ефимова // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2008. – Вип. 20 – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2008. – С. 13-19.

Поступила в редколлегию 18.11.2011.

Принята к печати 19.11.2011.