

УДК 656.2

И. Я. СКОВРОН<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Станции и узлы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 373-15-12, эл. почта norvoks@rambler.ru, ORCID 0000-0003-0697-2698

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОГРУППНЫХ СОСТАВОВ

У сучасних умовах роботи залізничного транспорту досить важливим є вибір раціональної технології формування составів. Ця задача особливо актуальна при необхідності інтенсифікації процесу формування багатогрупних составів. Ефективність вирішення даної задачі суттєво залежить від вибору критерію оптимальності. В результаті аналізу наукових праць за вказаний критерій оптимальності процесу формування була прийнята тривалість формування составу. Використання даного критерію дозволить істотно покращити експлуатаційні показники роботи станції. Як показали дослідження, рішення поставленої задачі пов'язане з необхідністю аналізу і порівняльної оцінки значної кількості можливих схем формування. У даній статті наведена методика визначення тривалості виконання маневрових напіврейсів у процесі формування багатогрупного составу. Враховуючи великий обсяг обчислень, зазначена методика повинна забезпечувати мінімальний час розрахунку тривалості формування составу за окремою схемою з достатньою точністю. Для реалізації даної методики попередньо було встановлено взаємозв'язок між допустимою швидкістю руху маневрового составу і довжиною напіврейсу. З цією метою був виконаний аналіз швидкостемірних стрічок маневрових локомотивів і отримано залежність зазначеної швидкості від відстані переміщення маневрового составу. Як показали дослідження, такий підхід, з одного боку, забезпечить високу швидкість вибору раціональної схеми формування багатогрупного составу, а з іншого боку, – забезпечить необхідну точність отриманих оцінок. З метою практичної реалізації методики вибору раціонального варіанту технології формування составів в системі підтримки прийняття рішень оперативним диспетчерським персоналом розроблену імітаційну модель необхідно включити в АРМ ДСЦ.

*Ключові слова:* багатогрупний состав, маневровий напіврейс, швидкість руху маневрового составу.

В современных условиях работы железнодорожного транспорта весьма важным является выбор рациональной технологии формирования составов. Эта задача особенно актуальна при необходимости интенсификации процесса формирования многогруппных составов. Эффективность решения данной задачи существенно зависит от выбора критерия оптимальности. В результате анализа научных трудов в качестве указанного критерия оптимальности процесса формирования была принята продолжительность формирования состава. Использование данного критерия позволит существенно улучшить эксплуатационные показатели работы станции. Как показали исследования, решение поставленной задачи связано с необходимостью анализа и сравнительной оценки значительного количества возможных схем формирования. В данной статье изложена методика определения продолжительности выполнения маневровых полурайсов в процессе формирования многогруппного состава. Учитывая большой объем вычислений, указанная методика должна обеспечивать минимальное время расчета продолжительности формирования состава по отдельной схеме с достаточной точностью. Для реализации данной методики предварительно была установлена взаимосвязь между допустимой скоростью движения маневрового состава и длиной полурайса. С этой целью был выполнен анализ скоростемерных лент маневровых локомотивов и получена зависимость указанной скорости от расстояния перемещения маневрового состава. Как показали исследования, такой подход, с одной стороны, обеспечит высокую скорость выбора рациональной схемы формирования многогруппного состава, а с другой стороны, – обеспечит необходимую точность полученных оценок. С целью практической реализации методики выбора рационального варианта технологии формирования составов в системе поддержки принятия решений оперативным диспетчерским персоналом разработанную имитационную модель необходимо включить в АРМ ДСЦ.

*Ключевые слова:* многогруппный состав, маневровый полурайс, скорость движения маневрового состава.

The rational technology selection of trains making up process is very important under present-day conditions of the functioning of railway transport. This is particularly relevant when there is the need to intensify of make up process of the multi-group trains. The solution efficiency of this problem depends essentially on the choice of the optimality criterion. On the base of analysis of scientific papers, the duration of train make up process was adopted as the

optimality criterion. The usage of this criterion will significantly improve the operational performance of the station. Studies have shown that the solution of the problem was associated with the need of analysis and comparative assessment of a large number of possible schemes of make up process. In this paper the method of determining the duration of shunting semi-runs of the multi-group trains make up process was given. In consideration of the large amount of computation, the method should provide the minimum calculating time of the duration of the train making up on separate scheme with sufficient accuracy. To implement this method the relationship between the train speed limit and the shunting semi-run duration was previously established. For this purpose, the analysis of speedometer tapes of shunting locomotives was done and the dependence of the speed on train movement distance was found. Studies have shown that this approach on the one hand, provides high-speed selection of the rational scheme of the make up process of multi-group trains and on the other hand ensures the required accuracy of the estimations. With a view to practical implementation of the method of choice of rational variant of the technology of train making up in the dispatching personnel decision support system the developed simulation model should be included into automated workplace of shunting manager.

*Keywords:* multi-group train, shunting semi-run, speed of shunting train.

Процесс составообразования грузовых поездов (особенно многогруппных) на железнодорожных станциях представляет собой весьма сложную задачу, решение которой в оперативных условиях требует, как правило, значительных затрат времени. Ввиду этого интересным представляется исследовать возможность оптимизации указанного процесса с целью сокращения затрат связанных с ним ресурсов, что, как следствие, позволит обеспечить ускорение доставки грузов до конечного пользователя и улучшение качественных показателей станции. Актуальность проблемы многогруппной подборки вагонов подтверждается наличием множества публикаций [1–3], в которых приводятся методы формирования многогруппных составов, обеспечивающие возможность получения плана маневровой работы с минимальными затратами ресурсов.

При этом в данных работах недостаточно внимания уделяется сравнительной характеристике существующих методов, их оптимизации, а также разработке рекомендаций по выбору рационального метода для различных сочетаний параметров составов и технических средств, что позволит без дополнительных капиталовложений повысить эффективность формирования многогруппных составов на станциях.

Одним из путей совершенствования процесса формирования с использованием существующих методов является выбор рационального плана маневровой работы для каждого конкретного состава с учетом существующих технических средств на станции.

Анализ ряда методов формирования показал, что в большинстве случаев можно получить достаточно большое число различных вариантов формирования конкретного многогруппного состава, отличающихся порядком распределения вагонов по путям на каждом этапе формирования. Каждый такой вариант

получил название *схемы формирования* [3, 4]. Это позволяет выбрать из полученного множества рациональную схему по заданному критерию. Для этого необходимо рассчитать все множество схем и оценить их параметры; схема, обеспечивающая минимальное значение выбранного критерия будет рациональной.

Для решения данной задачи была разработана имитационная модель процесса формирования многогруппных составов которая позволяет сформировать многогруппный состав с помощью разных методов, а также выполнить оценку эффективности данного процесса.

Следует отметить, что весьма существенным является вопрос выбора критерия оптимальности, с помощью которого сравниваются схемы множества. Существует ряд подходов к оценке вариантов технологии многогруппной подборки вагонов.

В ряде работ предлагаемые варианты формирования состава сравниваются с помощью коэффициента повторной переработки вагонов. Например, в [5] выбирается лучший вариант специализации путей для групповых поездов по минимальному значению коэффициента повторной переработки вагонов. Аналогичный критерий использовался в [6, 7] для выбора оптимального варианта сортировочного листка.

Известны работы, в которых в качестве критерия используются минимальные маневровые передвижения. Именно данный подход использовался в [8] для выбора оптимального варианта маневровой работы.

В других публикациях в качестве критерия используют сразу два показателя: количество маневровых передвижений и количество переработанных в процессе формирования вагонов. Минимум данных критериев применяется в [9] для поиска рационального варианта плана работы составителя.

Наконец, в качестве оценки различных стра-

тегий комбинаторного метода в [1] применяется сравнение их по числу этапов формирования и по числу переработок на одну группу. Аналогичные оценочные показатели использовались и в следующей работе автора в качестве критерия оптимальности метода формирования [10].

Следует заметить, что выбор способа формирования многогруппного состава с использованием рассмотренных выше критериев не может гарантировать минимального времени или минимальных расходов на данный процесс, так как данные количественные показатели не учитывают фактическое расстояние маневровых перемещений, которое зависит от местных условий и конструкции технического устройства формирования.

Ввиду этого, ряд ученых считают необходимым оценивать различные варианты решения с помощью времени формирования многогруппных составов. Так в [11-13] осуществляется выбор лучшего метода формирования с помощью именно этого критерия. В [12] он применяется и для определения оптимальной схемы формирования по каждому методу, а в [13] этот же критерий использован для оценки составленного плана маневровой работы.

В ряде публикаций критерием оптимальности способа производства маневровых операций являются эксплуатационные расходы [14]. Автор указывает, что все рассмотренные выше показатели не достаточно точно описывают реальный процесс формирования составов, так как не учитывают энергетических затрат маневрового локомотива; особенно это представляется существенных при формировании состава с помощью сортировочной горки.

Однако, определение эксплуатационных затрат связано с необходимостью выполнения детальных тяговых расчетов. Использование тяговых расчетов для оценки продолжительности маневровой работы с многогруппными составами имеет ряд ограничений, одним из которых является продолжительность расчета отдельной схемы формирования, что не позволит вести поиск лучшей схемы множества при наличии значительного их числа [10, 11].

Обобщая сказанное, следует заметить, что использование тяговых расчетов для поиска рациональной технологии формирования многогруппных составов не целесообразно. Таким образом, в данной работе было принято решение о выборе в качестве критерия оптимальности продолжительности маневровой работы.

При формировании многогруппных составов на вытяжном пути, а также при выполне-

нии операций вытягивания/сборки вагонов с сортировочных путей при использовании горки проблема определения продолжительности маневровой работы сводится к оценке времени одного маневрового полурейса; при этом совокупность всех маневровых полурейсов позволяет получить общую продолжительность формирования состава. В этой связи существенным является выбор методики, обеспечивающей необходимую точность при высокой скорости расчета.

Для оценки продолжительности маневрового полурейса на железных дорогах Украины до 2002 г использовалось выражение [15]

$$t = a + bm \quad (1)$$

где  $a, b$  – эмпирические коэффициенты, зависящие от длины полурейса.

Коэффициенты  $a$  и  $b$  определяются из таблиц, приведенных в [15] в зависимости от длины полурейса.

С 2002 г. введены в действие новые рекомендации [16] по оценке продолжительности маневрового полурейса, согласно которым она должна определяться с помощью формулы:

$$t_{\text{пр}} = \frac{(\alpha_{\text{пр}} + \beta_{\text{пр}} m)V}{2} + 3.6 \frac{L_{\text{пр}}}{V}, \text{ с} \quad (2)$$

где  $\alpha_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий время, необходимое для изменения скорости движения локомотива на 1 км/ч во время разгона и торможения (принимается согласно [16]  $\alpha_{\text{пр}} = 2,44$  с/км/ч);

$\beta_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительное время на изменение скорости движения отдельного вагона в маневровом составе на 1 км/ч во время разгона и торможения (принимается согласно [16]  $\beta_{\text{пр}} = 0,1$  с/км/ч/ваг);

$m$  – число вагонов при локомотиве во время передвижения;

$L_{\text{пр}}$  – длина полурейса, м;

$V$  – допустимая скорость движения во время маневров, км/ч.

Для наглядности характер изменения допустимой скорости, которую необходимо использовать в (2), приведен на рис. 1.

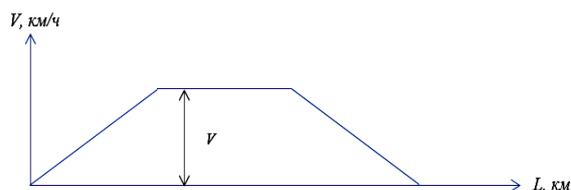


Рис. 1. Допустимая скорость выполнения маневрового полурейса

Таким образом, указанная скорость  $V$  является максимальной скоростью, которая достигается во время полурейса. Следует отметить, что в [16] не приведены ни ограничения, ни конкретные рекомендации относительно используемой в процессе передвижения скорости  $V$ , а рекомендуемые скорости, приведенные в ПТЭ, не при всех длинах полурейсов могут быть достигнуты и не всегда позволяют получить достоверные временные оценки маневровых передвижений. Для решения указанной проблемы необходимо выполнить исследова-

ние зависимости скорости выполнения полурейса от различных факторов при формировании многогруппных составов.

С этой целью был выполнен анализ скоростемерных лент маневровых локомотивов, работающих в районе формирования конкретной сортировочной станции. В результате были определены максимальные скорости  $V$  (достигаемые в отдельном полурейсе) в сочетании с длиной полурейса  $L$ ; для наглядности указанные пары значений  $(V, L)$  приведены в виде поля точек на рис. 2.

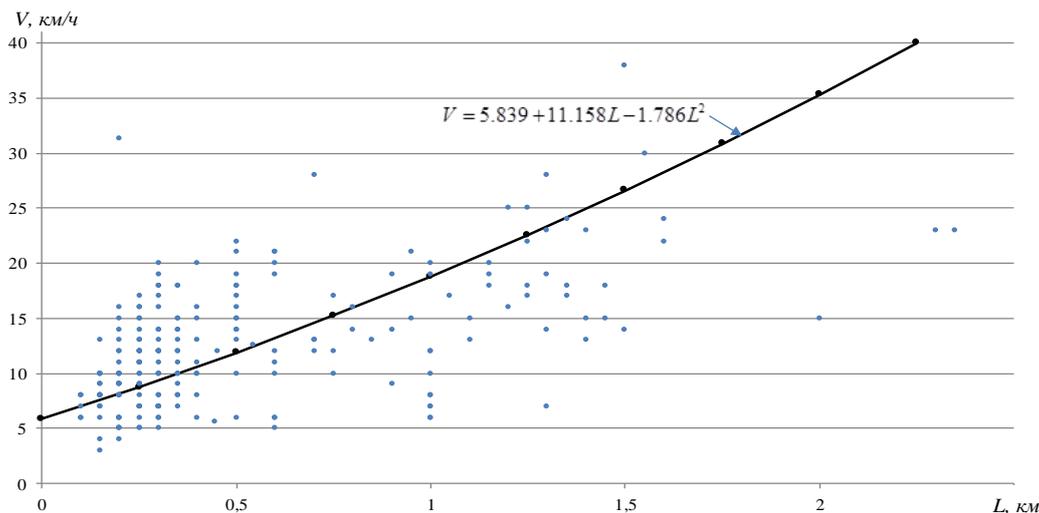


Рис. 2. Поле точек  $(V, L)$  и функция  $V = 5.839 + 11.158L - 1.786L^2$

С помощью указанных значений была определена средневзвешенная скорость маневровых локомотивов при выполнении полурейсов в подсистеме формирования как:

$$\bar{V} = \frac{\sum LV}{\sum L} = \frac{1763.40}{115.75} = 15.25 \text{ км/ч.}$$

Анализ поля точек позволяет предположить наличие корреляционной связи между длиной перемещения  $L$  и скоростью  $V$ ; при этом коэффициент корреляции составит:

$$r_{LV} = \frac{K_{LV}}{\sigma_L \cdot \sigma_V} = \frac{1.447}{0.444 \cdot 5.596} = 0.58.$$

Выполненные исследования позволили определить зависимость, наилучшим образом описывающую поле точек  $(V, L)$ ; по критерию минимума остаточной дисперсии указанная зависимость имеет вид

$$V = a_0 + a_1L - a_2L^2. \quad (3)$$

В результате выполненных исследований были получены следующие коэффициенты для оценки зависимости скорости передвижения от

длины полурейса в подсистеме формирования конкретной станции

$$a_0 = 5.839, a_1 = 11.150, a_2 = 1.786$$

Очевидно, что в случае изменения условий исследования указанные коэффициенты будут принимать другие значения. Подставив полученные коэффициенты в (3) получим зависимость вида

$$V = 5.839 + 11.158L - 1.786L^2$$

Для наглядности полученная зависимость приведена на рис. 2.

Данное выражение было использовано в имитационной модели процесса формирования многогруппных составов для определения скорости перемещения маневрового состава на каждом маневровом полурейсе в зависимости от его длины. Результат выражения (3) подставляется в (2) для получения оценки продолжительности указанного полурейса; совокупная продолжительность всех полурейсов, осуществляемых в процессе формирования и будет продолжительностью формирования конкретного многогруппного состава по отдельной

схеме.

Для получения рациональной схемы формирования многогруппного состава в имитационной модели с помощью предложенной методики определяется продолжительность формирования для всех схем множества, после чего выбираем схему, обеспечивающую минимальное значение указанного параметра.

Таким образом, для выбора рациональной схемы формирования при заданном техническом оснащении необходимо иметь возможность в оперативных условиях выполнять значительные объемы расчетов за минимальное время. В этой связи для получения быстрой оценки продолжительности формирования многогруппного состава по конкретной схеме необходимо реализовать предложенную методику, обеспечивающую высокую скорость расчета времени формирования и необходимую его точность. С целью практической реализации предложенной методики выбора рациональной схемы формирования многогруппных составов в системе поддержки принятия решений оперативным диспетчерским персоналом разработанную имитационную модель необходимо включить в АРМ ДСЦ в качестве одного из программных модулей.

Таким образом, в результате программной реализации предложенной методики появляется возможность в оперативных условиях получить достоверную оценку продолжительности формирования многогруппных составов, а корректный выбор рациональной схемы формирования позволит существенно снизить затраты времени и энергоресурсов на выполнение маневровой работы на станции, что обеспечит сокращение ее эксплуатационных расходов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тишкин, Е. М. Метод комбинаторной сортировки вагонов – основа интенсивной технологии местной работы [Текст] / Е. М. Тишкин // Вестник ВНИИЖТ. – 1987. – № 2. – С. 16-19.
2. Флодр, Ф. Технология работы станций формирования поездов [Текст] / Ф. Флодр, В. Мойжиш, К. Волески. – Москва: Транспорт, 1989. – 132 с.
3. Бобровский, В. И. Автоматизация составления сортировочного листа при использовании комбинаторного метода сортировки вагонов [Текст] / В. И. Бобровский // Механизация и автоматизация сортировочного процесса на железнодорожных станциях: межвуз. сб. научн. тр. – Днепропетровск: ДИИТ, 1990. – С. 60-69.
4. Бобровский, В. И. Совершенствование технологии формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский, И. Я. Скворон // Вісник Дніпро-

петр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. ак. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2007. – Вип. 19 – С. 88-93.

5. Шабалин, Н. Н. Выбор технологии формирования поездов [Текст] / Н. Н. Шабалин // Вопрос эксплуатации железных дорог. – Москва, 1959. – С. 8-22.

6. Абрамов, А. А. Оптимизация путевого развития местных сортировочных парков [Текст] / А. А. Абрамов, Е. Н. Кирьянова // Вопросы увеличения пропускной способности железных дорог. – Ростов-на-Дону, 1985. – С. 155-160.

7. Макаров, В. М. Применение ЭВМ в управлении процессом формирования многогруппных составов [Текст] / В. М. Макаров // Автоматизированные системы управления: экспресс-информ. ЦНРШТЭИ МПС. – 1988. – Вып. 2. – 20 с.

8. Чернов, В. Н. Автоматизация формирования многогруппных поездов в хвостовых горловинах сортировочных парков [Текст] / В. Н. Чернов // Актуальные проблемы железнодорожного транспорта. – Ростов-на-Дону, 1995. – С. 109-111.

9. Гусев, Ю. Н. Определение оптимальных схем формирования МНГ составов на сортировочной горке [Текст] / Ю. Н. Гусев // Интенсификация перевозок грузов на железнодорожном транспорте. – Москва, 1989. – С. 71-77.

10. Тишкин, Е. М. Математические основы метода комбинаторной сортировки вагонов [Текст] / Е. М. Тишкин, В. М. Макаров, А. Р. Рубинов, Е. В. Кендыс // Вестник ВНИИЖТа. – 1989. – № 8. – С. 1-8.

11. Григорьев, В. В. Интенсификация сортировочной работы с местными вагонопотоками при использовании вспомогательных сортировочных устройств [Текст] : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Москва., 1987. – 24 с.

12. Бобровский, В. И. Оптимизация формирования многогруппных составов [Текст] / В. И. Бобровский // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2000. – № 6. – С. 10-14.

13. Архангельский, Е. В. Формирование состава многогруппного поезда (Франция) [Текст] / Е. В. Архангельский, Я. Д. Фарберов // Железнодорожный транспорт за рубежом: ЦНИИТЭИ МПС. – 1975. – № 2 (164). – С. 65-67.

14. Гренкевич, О. О. Сравнительная эффективность способов формирования многогруппных составов по критерию эксплуатационных расходов по маневровой работе [Текст] / О. О. Гренкевич // Сиб. гос. ун-т путей сообщ. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2002. – С. 179-184.

15. Руководство по техническому нормированию маневровой работы. – Москва: Транспорт, 1978. – 55 с.

16. Руководство по техническому нормированию маневровой работой на железных дорогах Украины, – Київ, 2002.

*Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Бутько Т. И. (Украина)*

Поступила в редколлегию 18.12.2014.

Принята к печати 19.12.2014.