

УДК 656.073

КОНЦЕПЦИЯ СОСТАВООБРАЗОВАНИЯ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ

Светашев А.А., Солиев А.У.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта (Ташкент, Узбекистан)

Целью расчета плана формирования поездов по направлениям является расчет среднесуточных затрат вагоно-часов на накопление составов. В статье приведен детальный анализ процесса накопления вагонов на состав в сортировочном парке станции на основе усредненного графика накопления вагонов. Предложены новые зависимости для определения среднесуточных затрат вагоно-часов на накопление. Приведен расчет и определены среднестатистические значения исследуемых величин. Практическая значимость проведенного исследования заключается в детальном рассмотрении процесса накопления вагонов с учетом поступления отдельных групп вагонов, определяющих затраты вагоно-часов на накопление вагонов.

Ключевые слова: параметр накопления вагонов, средняя величина остатка, замыкающая группа, поступающая группа, группа вагонов, период накопления, затраты вагоно-часов.

DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-04-448-453

Введение. Одним из наиболее важных и сложных процессов переработки вагонов является процесс составления, в результате которого входящий на сортировочную станцию вагонопоток трансформируется в выходящий поток путем расформирования прибывающих поездов, накопления составов и формирование новых поездов в соответствии с планом формирования. Основным и наиболее сложным элементом составления является процесс накопления вагонов на составы поездов. Простой вагонов под накоплением составов является существенной частью основного качественного показателя работы сортировочной станции – простоя транзитного вагона с переработкой. Помимо этого, среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление по каждому поезду назначению являются важным параметром при расчете плана формирования поездов. Поэтому их точное определение играет важную роль в эксплуатационной работе железных дорог.

1. Состояние вопроса и перспективы развития вопросов составления. В эксплуатационной науке сложился упрощенный подход к рассмотрению структуры процесса накопления, при котором этот процесс рассматривался в двух вариантах: непрерывный, когда после накопления каждого поезда до нормы состава m вагонов возникал переходящий в следующее накопление остаток вагонов, и прерывный, когда такого остатка не возникало.

Поскольку понятие средний остаток (суммарный остаток, «размазанный» по всей

продолжительности суток) можно считать как процесс накопления, который является чисто непрерывным, а конкретная величина параметра накопления зависит от величины среднего остатка вагонов. Чем меньше средний остаток, тем меньше и параметр накопления. При величине среднего остатка, равной нулю (что практически нереально), процесс накопления будет полностью прерывным, а параметр накопления будет иметь значение теоретического минимума.

Обращает на себя внимание тот факт, что в исследованиях процесса накопления игнорируется остаток вагонов после накопления состава как фактор, влияющий на затраты вагоно-часов под накоплением.

2. Научный обзор, касающийся вопроса составления. Составление – это достаточно сложный и неуправляемый процесс, в который вклиниться очень трудно, и если это возможно, то это может привести к «затору» на станции. Поскольку на сортировочных станциях, как правило, нет возможности влиять на подвод групп вагонов под конкретные нитки графика, процесс накопления является трудно управляемым и повлиять на него с целью ускорения накопления и сокращения простоя вагонов на станции можно лишь оперативными мерами, используя конкретно складывающуюся ситуацию на станции [1].

Однако динамика эксплуатационной работы может приводить к ситуациям, благотворно влияющим на процесс накопления. Важно не упускать такие случаи и уметь их использовать, сокращая остаток и простой

вагонов под накоплением, а значит и затраты вагоно-часов.

В настоящее время согласно [2] затраты вагоно-часов на накопление составов поездов определяют по формуле

$$B = ct,$$

где c - параметр накопления; t - норма величины (или средняя величина) состава формируемых поездов.

В предлагаемой методике величину параметра накопления рекомендуется принимать не более 11,5. Однако в работах [1, 3-5] показано, что при накоплении составов в

условиях гибкого и твердого графика величина c может быть больше 12. Все это происходит из-за того, что игнорируется простой под накоплением возможного остатка вагонов от накопления составов. Это существенно занижает величину затрат вагоно-часов и параметра накопления вагонов не учитывается величина остатка вагонов после накопления составов.

3. Процесс накопления составов. Рассмотрим подробный усредненный график накопления состава на пути сортировочного парка (рис. 1).

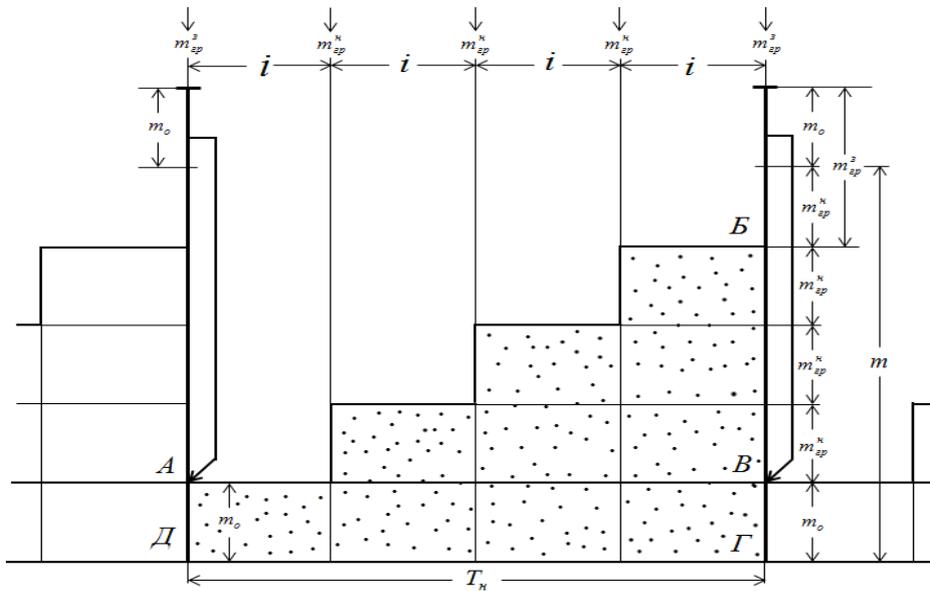


Рис. 1. График накопления вагонов на состав поезда

В процессе расформирования прибывающих на станцию поездов на путь накопления поступают группы вагонов соответствующего назначения со средним интервалом i . По характеру воздействия на процесс накопления поступающие группы m_{cp} можно разделить на два вида: накопительные m_{cp}^n , которые имеют простой под накоплением, и замыкающие m_{cp}^z , не имеющие простоя под накоплением. Замыкающие группы завершают процесс накопления состава и являются источником остатка вагонов, который участвует в накоплении следующего состава. Поэтому средняя величина замыкающей группы больше, чем средняя величина накопительной группы на среднюю величину остатка:

$$m_{cp}^z = m_{cp}^n + m_o. \quad (1)$$

Это соответствует здравому смыслу, поскольку, чем больше величина поступающей группы, тем больше вероятность того, что она станет замыкающей.

Таким образом, при анализе процесса накопления следует рассматривать два образующих его параметра: m_{cp}^n и m_o . При этом в качестве заданных величин выступают параметры:

u_n – среднесуточная величина рассматриваемого поездного назначения, ваг;

m – норма величины (или средняя величина) состава формируемых поездов, ваг., в данном случае, как правило, норма задается однозначно в виде максимально возможной величины $m = m_{max}$;

N_n – среднесуточное число групп вагонов, поступающих на путь накопления.

Используя значения приведенных параметров, можно рассчитать остальные параметры, характеризующие процесс накопления составов данного назначения:

– среднесуточное число формируемых поездов

$$N_{\phi} = \frac{U_n}{m};$$

– средняя величина периода накопления, ч,

$$T_n = \frac{24}{N_{\phi}};$$

– средний интервал между поступлением групп вагонов на путь накопления, ч,

$$i = \frac{24}{N_n};$$

– среднее число групп вагонов, участвующих в накоплении одного состава

$$n = \frac{N_n}{N_{\phi}} = \frac{T_n}{i};$$

– среднее число вагонов в поступающей группе (без учета разделения их на накопительные и замыкающие)

$$m_{cp} = \frac{u_n}{N_n} = \frac{m}{n};$$

– среднее число вагонов в накопительной группе

$$m_{cp} = \frac{m - m_o}{n}.$$

Отсюда

$$m = n \cdot m_{cp}^H + m_o. \quad (2)$$

Период накопления состава T_n включает n интервалов между поступлением групп вагонов. В течение первого интервала простаивает только остаток от замыкающей группы предыдущего накопления m_o . В каждый из последующих интервалов добавляется группа вагонов m_{cp}^H . Среднее число таких групп будет равно n , но простой под накоплением будет иметь только $(n-1)$ групп, поскольку часть вагонов замыкающей группы $m_{cp}^H = m_{cp}^H - m_o$, идущая на завершение накопления, не имеет простоя под накоплением.

С учетом высказанных положений можно определить среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление всех составов отдельного поездного назначения. Из рис. 1 видно, что вагоно-часы накопления одного состава образуются из двух источников: накопления

накопительных групп вагонов m_{cp}^H и простоя среднего остатка вагонов m_o . Вагоно-часы накопления накопительных групп соответствуют площади ступенчатой фигуры ABB , а накопление остатка – площади прямоугольника $ABGD$.

Площадь ступенчатой фигуры ABB состоит из определенного числа элементов, выраженных прямоугольниками площадью $m_{cp}^H \cdot i$. Число таких элементов зависит от среднего числа групп вагонов в составе n и равно $0,5(n-1)n$. Тогда среднесуточные затраты вагоно-часов накопления накопительных групп составят

$$B_{ГР} = 0,5(n-1)n m_{cp}^H i N.$$

Подставляя значения $n = \frac{m}{m_{cp}^H}$; $i = \frac{T_n}{n}$;

$T_n = \frac{24}{N}$, получим

$$\begin{aligned} B_{ГР} &= 0,5(n-1)n m_{cp}^H \frac{T_n}{n} N = \\ &= 0,5(n-1)m_{cp}^H \frac{24}{N} N = 12(n m_{cp}^H - m_{cp}^H). \end{aligned}$$

Поскольку $n m_{cp}^H = m - m_o$, окончательно получим

$$B_{ГР} = 12(m - m_o - m_{cp}^H).$$

Вагоно-часы накопления остатка в среднем за сутки будут составлять

$$B_o = 24m_o.$$

Тогда общие среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление вагонов отдельного назначения составят, ваг.-ч,

$$\begin{aligned} B &= B_{ГР} + B_o = 12(m - m_o - m_{cp}^H) + 24m_o = \\ &= 12(m - m_o - m_{cp}^H + 2m_o) \end{aligned}$$

или

$$B = 12(m - m_{cp}^H + 2m_o). \quad (3)$$

Параметр накопления равен

$$c = \frac{B}{m} \quad \text{или} \quad c = 12\left(1 - \frac{m_{cp}^H - m_o}{m}\right). \quad (4)$$

Таким образом, функция среднесуточных затрат вагоно-часов на накопление составов отдельного назначения зависит только от трех аргументов: средней величины состава m ; средней величины накопительной группы вагонов, поступающих на путь накопления

m_{zp}^H ; средней величины переходящего остатка вагонов между накоплением отдельных составов m_o . Параметр m_{zp}^H характеризует входящий поток вагонов в систему составообразования, параметр m - выходящий поток, параметр m_o - процесс накопления. Так

при $m_o > m_{zp}^H, B > 12m$;

при $m_o < m_{zp}^H, B < 12m$;

при $m_o = m_{zp}^H, B = 12m$.

4. Результаты обработки статистических данных. Поскольку до сих пор роль остатка вагонов m_o во всех действующих методиках игнорируется, имеет смысл определить характер этой величины. Все три параметра нетрудно установить статистическим путем для каждого конкретного назначения любой сортировочной станции. В предыдущих статистических исследованиях [6] установлено, что средняя величина остатка m_o приближается к среднему значению поступающей группы m_{zp} , а средняя величина замыкающей группы m_{zp}^3 - к двойному значению m_{zp} . Имеет смысл рассмотреть, как значения m_o и m_{zp}^3 соотносятся с величиной группы m_{zp}^H .

С этой целью в [1] были проведены статистические исследования по данным сортировочных станций по 14 назначениям с разными величинами среднесуточного вагонопотока за период 30 суток. По каждому назначению был составлен статистический ряд реальных значений поступающих на путь накопления групп вагонов. Каждый такой ряд послужил основой для моделирования составообразования по шести вариантам разных значений твердой нормы формируемых поездов. Для каждого назначения определена величина накопительной m_{zp}^H и поступающей m_{zp} групп, определены средние значения остатка m_o , соответствующие каждой величине состава.

По этим данным получены значения соотношений $\frac{m_o}{m_{zp}^H}$ и $\frac{m_o}{m_{zp}}$. Значение m_{zp}^H определялось для каждого статистического ряда

по его среднестатистическим данным по выражению

$$m_{zp}^H = \frac{m - m_o}{n}.$$

Результаты обработки статистических данных показывают, что среднее значение остатка вагонов действительно приближается к среднему значению m_{zp} ($\frac{m_o}{m_{zp}} = 0,90$),

что подтверждает результаты предыдущих исследований. В то же время, значение остатка вагонов точно равно среднему значению m_{zp}^H ($\frac{m_o}{m_{zp}^H} = 1,00$). Соответственно, при

$m_o = m_{zp}^H$ средняя величина замыкающей группы будет составлять

$$m_{zp}^3 = m_{zp}^H + m_o = m_{zp}^H + m_{zp}^H = 2m_{zp}^H.$$

Поскольку $m_o = 0,9m_{zp}$ и $m_o = m_{zp}^H$, то отсюда следует, что m_{zp}^H и m_{zp} в целом по всем назначениям связаны соотношением

$$m_{zp}^H = 0,9m_{zp} \quad \text{или} \quad m_{zp} = 1,1m_{zp}^H,$$

но для отдельного назначения эти соотношения могут быть другими, хотя и близкими к обобщенным значениям.

Эти выражения целесообразно использовать как постоянный параметр для всех назначений сортировочной станции при расчете плана формирования поездов. Для отдельных назначений целесообразно использовать формулу (3) с конкретными значениями остатка вагонов.

Заключение. На основании проведенных исследований можно сделать следующие основные выводы:

1. В официальной методике рекомендуется принимать значение параметра накопления в диапазоне от 8,0 до 11,5 в зависимости от типа станции, числа формируемых назначений, категории формируемых поездов и состояния включаемых в них вагонов (груженых, порожних). В действительности существенно снизить значение параметра накопления можно, оперативно принимая меры, направленные на снижение средней величины остатка.

2. Важным фактором, влияющим на величину среднесуточных затрат вагоно-часов накопления вагонов, помимо средней вели-

чины состава m и средней величины накопительной группы вагонов m_{cp}^n , является средняя величина остатка вагонов m_o , что необходимо учитывать при разработке нормативов простоя вагонов и плана формирования поездов.

3. Среднее значение остатка вагонов приближается к среднему значению группы вагонов, а значение остатка вагонов точно равно среднему значению накопительной группы.

4. Разработан метод детального анализа процесса накопления вагонов на составы поездов с учетом поступления групп вагонов и разделение их на два вида: накопительные, имеющие простой под накоплением, и замыкающие, не имеющие такого простоя.

Список литературы

1. Светашев, А.А. Закономерности состава образования на сортировочных станциях: дисс. ... канд. техн. наук / А.А. Светашев. – С-Пб, 2015. – 151 с.

2. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» / Под ред. В.А. Бородина / ОАО «РЖД»; департамент управления перевозками; Российский научно-исслед. и проектно-конструкт. ин-т информатизации, автоматизации и связи (ВНИАС). – М.: ТЕХИНФОРМ. – 2007. – 527 с.

3. Кудрявцев, В.А. Новый подход к расчету затрат ваго-часов на накопление / В.А. Кудрявцев, Я.В. Кукушкина, Ш.М. Суюнбаев / Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2010. – № 1. – С. 5-10.

4. Кукушкина, Я.В. Метод обоснования гибкой нормы величины составов однопутных технических маршрутов: дисс. ... канд. техн. наук / Я.В. Кукушкина. – С-Пб, 2011. – 157 с.

5. Суюнбаев, Ш.М. Закономерности поездообразования на технических станциях при отправлении поездов по ниткам твердого графика: дисс. ... канд. техн. наук / Ш.М. Суюнбаев. – С-Пб, 2011. – 178 с.

6. Сотников, Е.А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы) / Е.А. Сотников. – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.

Сведения об авторах

Светашев Александр Александрович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, Aleksandr-svetashev@bk.ru.

Солиев Акмалжон Умаржонович – магистрант по направлению «Организация перевозки и транспортная логистика» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта.

CONCEPT OF COMPOSITION FORMATION AT MARSHALLING YARDS

Svetashev A.A., Soliev A.U.

Tashkent Institute of Railway Transport Engineers, Tashkent, Uzbekistan

The purpose of calculating the plan for the formation of trains in the directions is to calculate the average daily costs of car-hours for the accumulation of trains. The article gives a detailed analysis of the process of accumulation of wagons for the composition in the sorting park of the station based on the average wagon accumulation schedule. New formulas are proposed for determining the average daily cost of car-hours for accumulation. The calculation is given and the average statistical values of the investigated quantities are determined. Practical significance: is the detailed consideration of the process of accumulation of cars taking into account the arrival of individual groups of cars, which determine the costs of car-hours for the accumulation of wagons.

Key words: *Wagons accumulation parameter, mean residual value, closing group, incoming group, wagon group, accumulation period, wagon-hour costs.*

DOI: 10.22281/2413-9920-2017-03-04-448-453

References

1. Svetashev A.A. *Zakonomernosti sostavobrazovaniya na sortirovochnykh stantsiyakh* [Regularities of composition formation at marshalling stations]: Diss. Cand. Sci. (Engineering). Sankt-Petersburg, 2015. 151 p. (In Russian)

2. *Instruktivnye ukazaniya po organizatsii vagonopotokov na zheleznnykh dorogakh OAO «RZhD»* [Instructive instructions on the organization of railroad car flows on the railways of JSCo «Russian Railways»]. Moscow, TEKHINFORM, 2007. 527 p. (In Russian)

3. Kudryavtsev V.A., Kukushkina Ya.V., Suyunbaev Sh.M. *Novyy podkhod k raschetu zatrat vagono-chasov na nakoplenie* [A new approach to calculating the costs of car-watches for accumulation]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya*, 2010, No. 1, pp. 5-10. (In Russian)

4. Kukushkina Ya.V. *Metod obosnovaniya gibkoy normy velichiny sostavov odnogruppnykh tekhnicheskikh marshrutov* [The method of substantiating the flexible norm of the composition of the single-group technical

routes]. Diss. Cand. Sci. (Engineering). Sankt-Petersburg, 2011. 157 p. (In Russian)

5. Suyunbaev Sh.M. *Zakonomernosti poezdoobrazovaniya na tekhnicheskikh stantsiyakh pri otpravlenii poezdov po nitkam tverdogo grafika* [Regularities of train formation at technical stations when sending trains along the lines of a solid schedule]. Diss. Cand. Sci. (Engineering). Sankt-Petersburg, 2011. 178 p. (In Russian)

6. Sotnikov E.A. *Ekspluatatsionnaya rabota zheleznnykh dorog (sostoyanie, problemy, perspektivy)* [Operational work of railways (condition, problems, prospects)]. Moscow, Transport, 1986. 256 p. (In Russian)

Authors' information

Alexander A. Svetashev - Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department "Management of Exploitation Work" at Tashkent Institute of Railway Transport Engineers, Aleksandr-svetashev@bk.ru.

Akmaljon U. Soliev - the undergraduate ("Organization of transportation and transport logistics") at the Tashkent Institute of Railway Transport Engineers.

Дата принятия к публикации
(Date of acceptance for publication)
11.09.2017

Дата публикации
(Date of publication):
25.12.2017

