

УДК 656.2

ПРОЦЕСС НАКОПЛЕНИЯ ВАГОНОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЯХ ПРИ ТВЕРДОМ ГРАФИКЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Светашев А.А., Светашева Н.Ф.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Целью является обоснование состава образования на сортировочных станциях и характеризующих его параметров, а также зависимостей, определяющих эти параметры и затраты вагоно-часов на накопление вагонов при твердом графике. Результаты: предложен детальный процесс накопления вагонов на составы поездов, а также представлены особенности процесса накопления вагонов при твердом графике. Практическая значимость заключается в детальном рассмотрении процесса накопления вагонов с учетом поступления отдельных групп вагонов, определяющих затраты вагоно-часов на накопление вагонов. Их практическое использование позволит более точно и обоснованно нормировать простой вагонов под накоплением, а также уточнить методику расчета плана формирования поездов.

Ключевые слова: вагонопоток, вагоно-часы, твердый график, параметр накопления, нитка графика, план формирования.

DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-117-123>

Введение. Одним из наиболее важных и сложных процессов переработки вагонов является процесс состава образования, в результате которого входящий на сортировочную станцию вагонопоток трансформируется в выходящий путем расформирования прибывающих поездов, накопления составов и формирование новых поездов в соответствии с планом формирования. Основным и наиболее сложным элементом состава образования является процесс накопления вагонов на составы поездов. Однако в эксплуатационной науке сложился упрощенный подход к рассмотрению этого процесса и обоснованию его параметров, что говорит о необходимости дальнейшего развития теории состава образования.

1. Состояния вопроса и перспективы развития вопросов состава образования.

Анализ состава образования на сортировочных станциях показал, что на железных дорогах СНГ имеют место различные варианты состава образования. При этом характер накопления вагонов определяют два фактора: способ нормирования числа вагонов в формируемых составах (нормы состава) и способ реализации графика движения для отправления формируемых поездов.

Под термином «составообразование» понимается система, объединяющая процесс накопления вагонов на составы поездов и способ реализации графика движения для этих поездов.

Наиболее эффективным способом реализации графика движения поездов является использование его по принципам твердого графика, т.е. отправление поездов определенного назначения ежесуточно в одно и то же время и следование их по взаимоувязанным ниткам графика на всем протяжении маршрута. В настоящее время этот способ находит применение в организации движения отправительских маршрутов, но в сфере технической маршрутизации он практически не используется. Поэтому детальное изучение этого вопроса и определение условий возможного применения твердого графика движения технических маршрутов при формировании их на сортировочных станциях представляет существенный научный и практический интерес.

2. Краткий обзор научных разработок по вопросу состава образования. В официальных документах [1] рекомендуется устанавливать твердые нитки графика по результатам анализа использования ниток графика за предыдущий период без учета назначения отправленного поезда. При этом нет возможности заранее знать, будет ли отправлен погруженный вагон по нитке ядра или он попадает в поезд, отправляемый по оперативно назначенной нитке графика.

Такая технология не обеспечивает основное требование клиента по доставке груза «точно в срок». Для обеспечения этого требования необходима жесткая специализация ниток графика по отправлению и прибытию. В этом случае также должно быть заложено и жесткое

закрепление локомотивов за нитками графика. На практике нередки случаи, когда в условиях гибкого графика выгодный теоретически поезд не может быть отправлен из-за длительного ожидания локомотива [2-10]. В то же время, много локомотивов оказывается не использованными и длительное время простаивает на путях запаса в пунктах основного и оборотного депо.

Для сортировочной станции твердый график движения поездов предусматривает ежесуточное отправление поездов отдельных назначений плана формирования каждые сутки в одно и то же время по фиксированным ниткам графика [11]. Однако, поскольку при этом момент окончания накопления состава определяется не числом накопленных вагонов, а заданным моментом времени, то вследствие неравномерного поступления вагонов на путь накопления невозможно обеспечить накопление всех составов до максимально допустимой величины как при гибком графике. Поэтому средняя величина составов m будет меньше максимально допустимой по вместимости путей m_{\max} на определенное количество вагонов Δm . Также при твердом графике может возникнуть необходимость отмены графиковых и назначения дополнительных (неграфиковых) поездов. В случаях, когда к запланированной нитке графика не накопилась минимально допустимая величина состава, все вагоны переходят в остаток для накопления следующего поезда, а нитка графика не используется по назначению.

Отмена и назначение поездов снижают процент выполнения твердого графика. С другой стороны, остаток от отмененного поезда распределяется по накоплению других поездов, повышая величину их состава и увеличивая её среднее значение от расчетного m до фактического m_{ϕ} . При отсутствии отмен и назначений поездов реализуется полный (сто процентный) твердый график, при их наличии - неполный твердый график, качество которого характеризуется установленным процентом его выполнения. Поскольку моментом окончания накопления является определенный фиксированный момент времени, то следует считать, что все поступающие в данный период накопления вагоны находятся в простое под накоплением до этого фиксированного момента, даже если их накопится более величины m_{\max} .

Таким образом, можно выделить следующие особенности процесса накопления вагонов при твердом графике:

1. Момент окончания накопления состава определяется не количеством поступающих на путь накопления вагонов, а фиксированным временем отправления поезда.
2. Для каждого поездного назначения однозначно определяется допустимое отклонение Δm от средней величины состава в большую и меньшую стороны.
3. Средняя величина замыкающей группы равна среднему значению поступающей группы.
4. Необходимость в отдельных случаях отмены графиковых поездов и назначения дополнительных.
5. Поскольку момент окончания накопления составов строго фиксированы, то могут иметь место случаи более раннего накопления составов. В этих случаях возникает простой накопленных составов либо в сортировочном парке, либо в парке отправления.

3. Процесс накопления составов при твердом графике. С учетом установленных особенностей накопления вагонов рассмотрим детальный усредненный график накопления вагонов при твердом графике движения поездов (рис. 1). Все параметры составаобразования, использованные в графике, выражают их среднее значения.

На рис. 1 использованы следующие обозначения:

- средняя величина остатка вагонов

$$m_o = \frac{\sum ut_0}{24},$$

где $\sum ut_0$ – среднесуточная затрата вагоно-часов на накопление остатков;

- Δm – предельная величина возможных отклонений фактического числа вагонов, накопленных в составах от среднего значения m_o ($\Delta m = m_{\max} - m$);

- m_{ϕ} - средняя величина поступающей группы вагонов;

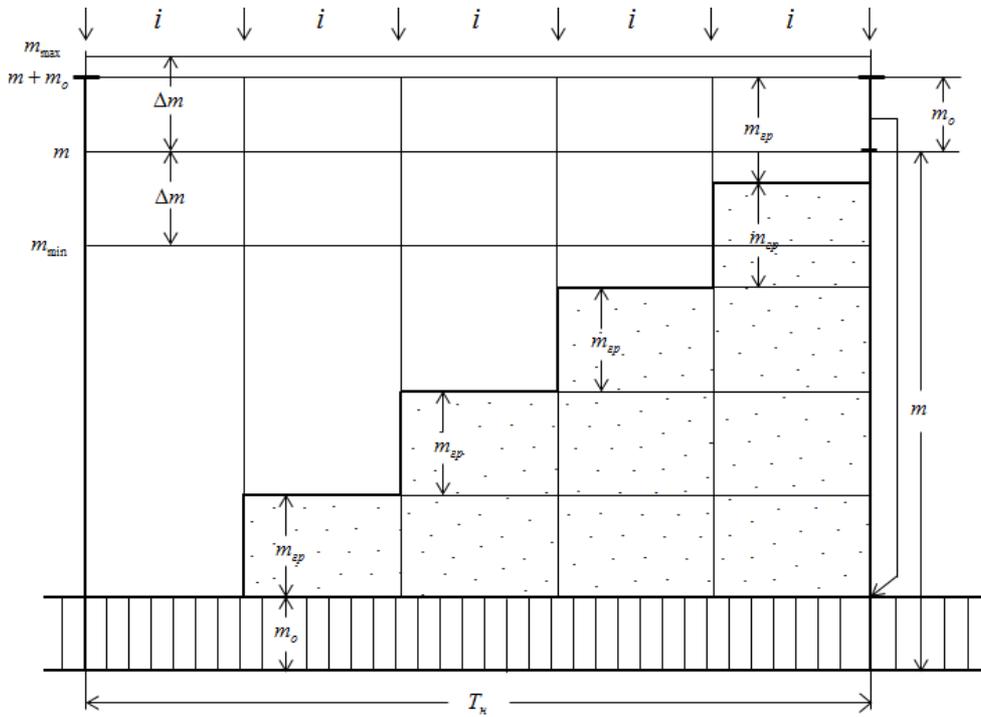


Рис. 1. Графическая схема накопления состава при средних значениях параметров составообразования.

- i - интервал поступления групп вагонов;
- T_n - период накопления состава;
- m_{max}, m_{min} - соответственно максимально и минимально возможная величина составов.

Анализ графика показывает, что затраты вагоно-часов в период накопления T_n можно разбить на два элемента.

1. От простоя поступающих на путь накопления групп вагонов величиной m_{zp} , за исключением последней группы, которая простаивает под накоплением не имеет. Эти затраты выражаются площадью ступенчатой фигуры, составленной из прямоугольников, площадь каждого из которых равна $m_{zp}i$. Число таких прямоугольников зависит от числа поступающих групп n и составляет величину $0,5n(n-1)$. При этом затраты вагоно-часов составят $ut_{zp} = 0,5n(n-1)m_{zp}i$. Подставляя значение $i = \frac{24}{N_{zp}n}$ (N_{zp} - число фиксированных ниток твердого графика), получим:

$$ut_{zp} = 0,5n(n-1)m_{zp} \frac{24}{N_{zp}n} = 12(n-1) \frac{m_{zp}}{N_{zp}} = \frac{12}{N_{zp}}(m_{zp}n - m_{zp}). \quad (1)$$

Поскольку $m_{zp}n = m$, то окончательно

$$ut_{zp} = \frac{12}{N_{zp}}(m - m_{zp}),$$

а среднесуточные затраты вагоно-часов

$$\sum ut_{zp} = N_{zp}ut_{zp} = 12(m - m_{zp}). \quad (2)$$

2. Затраты вагоно-часов накопления от простоя остатка вагонов:

$$ut_o = m_o T_n = m_o \frac{24}{N_{zp}}.$$

Среднесуточные затраты вагоно-часов составят

$$\sum ut_o = 24m_o \sum ut_o = 24m_o. \quad (3)$$

Таким образом, среднесуточные затраты вагоно-часов на накопление вагонов будут

$$B = \sum ut_{ep} + \sum ut_o . \quad (4)$$

Подставив полученные выражения, получим:

$$B = 12(m - m_{ep} + 2m_o) . \quad (5)$$

Параметр накопления равен

$$c = \frac{B}{m} = 12\left(1 - \frac{m_{ep} - 2m_o}{m}\right) . \quad (6)$$

Рассмотренный график отражает ситуацию, когда число накопленных на состав вагонов m_n попадает в диапазон $m \pm \Delta m$. В реальном процессе составообразования будут иметь место случаи выхода этого числа вагонов за указанные пределы. В случае превышения верхней границы $m_n > m_{\max} = m + \Delta m$ образуется остаток вагонов. В случае, если число накопленных вагонов не достигает нижней границы $m_n < m_{\min} = m - \Delta m$, то формирование поезда отменяется и все эти вагоны переходят в остаток, который в дальнейшем либо рассасывается по накопленным составам увеличивая их вплоть до m_{\max} , либо при интенсивном подходе вагонов возрастает до такой степени, что возникает необходимость назначения дополнительных неграфиковых поездов. В этом случае имеет место неполный твердый график, качество которого можно оценить процентом выполнения твердого графика.

Поскольку можно предположить, что число назначаемых дополнительных поездов будет меньше, чем число отмененных, то в результате увеличится среднее число вагонов в составе всех поездов и общее число поездов уменьшится по сравнению с расчетным графиковым. Будет также другое значение среднего остатка вагонов. Фактические значения этих параметров можно определить только в результате моделирования процессов ссоставообразования при твердом графике движения.

4. Моделирование составообразования при твердом графике. В результате моделирования составообразования по каждому назначению были установлены следующие параметры:

- фактическое среднее значение величины состава m_ϕ

$$m_\phi = \frac{U}{N_\phi}, \text{ ваг.}; \quad (7)$$

- фактическое среднее значение отклонения Δm_ϕ

$$\Delta m_\phi = m_{\max} - m_\phi ; \quad (8)$$

- среднее значение остатка вагонов m_o

$$m_o = \frac{\sum ut_o}{24}, \text{ ваг.}; \quad (9)$$

- среднее значение суточных затрат на накопление B

$$B = 12(m_\phi + 2m_o) ; \quad (10)$$

- среднее значение параметра накопления c

$$c = 12\left(1 + \frac{2m_o}{m}\right), \quad (11)$$

где U - среднесуточный вагоно-поток; N_ϕ - среднесуточное общее число отправленных поездов ($N_\phi = N_{ep} + N_{don}$); $\sum ut_o$ - среднесуточные затраты вагоно-часов накопления остатка вагонов.

В качестве параметра, характеризующего каждое назначение, в работе [11], определено соотношение

$$\gamma = \frac{m}{m_{\max}} = \frac{m}{m + \Delta m} .$$

Моделирование составообразования показало большой разброс значений остатка вагонов при одном и том же значении γ .

Таким образом, ни одно назначение не вышло на стопроцентное отправление поездов по твердому графику. Это говорит о том, что для сортировочных станций характерен неполный твердый график, который обуславливается отменой графиков поездов при накоплении состава менее нижней границы допустимого диапазона ($m_{\max} < m_{\min}$).

Анализ полученных данных позволил установить зависимость $m_o = f(\gamma)$ как линейную вида (рис. 2)

$$m_o = 22,604\gamma - 11,983$$

которую можно использовать для аналитического определения ориентировочной величины среднего остатка. Значение γ_ϕ может быть определено по установленной устойчивой функции $\gamma_\phi = 1,20\gamma - 0,08$, или по аналитической зависимости $m_o = f(\gamma_\phi)$ на графике, используя полученное значение m_o .

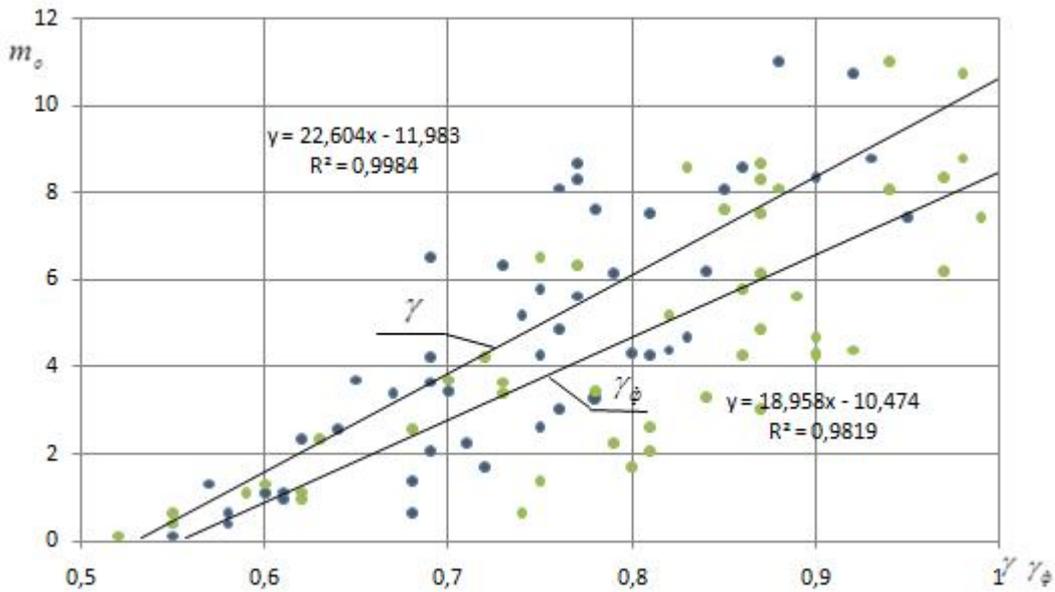


Рис. 2. График зависимости остатка вагонов от γ и γ_ϕ

Безостаточное накопление составов можно обеспечить при значении $\gamma = 0,530$. При этом число графиковых ниток более чем в 1,7 раза должно превышать число ниток гибкого графика при накоплении до максимальной величины состава. Этот вариант практически вряд ли будет приемлем по технико-экономическим показателям. Для каждой сортировочной станции в зависимости от ее возможностей, а также от возможностей локомотивного парка и пропускной способности прилегающих направлений имеется зона рациональных значений γ_ϕ , которые устанавливаются по максимально допустимым значениям среднего остатка m_o и прогнозным значениям процента выполнения графика.

Таким образом, чтобы перейти к твердому графику, необходимо выбрать наиболее мощные и устойчивые вагонопотоки на сортировочных станциях в соответствии с рекомендуемыми значениями γ , выделить нитки твердого графика и увязать их расписание по всему маршруту следования. Следует постепенно осваивать твердый график, проводить тщательный анализ вагонопотоков, учитывать их при расчете плана формирования и увязать с графиком движения поездов.

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

1. Раскрыто влияние отмены и назначения поездов в условиях твердого графика. Необходимость отмены графикового поезда возникает в случае накопления вагонов в установленный период меньше допустимого минимального значения величины состава. При этом снижается процесс выполнения твердого графика.

2. Моделирование состава образования показало, что для сортировочных станций характерен неполный твердый график, который обуславливается отменой графиков поездов при накоплении состава менее нижней границы допустимого диапазона ($m_{нак} < m_{мин}$) и оценивается процентом выполнения твердого графика.

3. Обработка результатов моделирования состава образования в условиях твердого графика позволила обосновать аналитические зависимости, обеспечивающие переход от расчетных значений параметров состава образования к фактическим.

Список литературы

1. Инструкция по организации поездной работы при отправлении грузовых поездов по твердым ниткам графика / ОАО «РЖД». – М.: ТЕХИНФОРМ, 2006. – 53 с.
2. Бернгард, К.А. Техническая маршрутизация железнодорожных перевозок. / К.А. Бернгард // Сб. науч. тр. ВНИИЖТ. Вып. 119. – М.: Трансжелдориздат, 1956. – 244 с..
3. Волков, В.С. Все ли поезда должны иметь максимальную длину / В.С. Волков // Железнодорожный транспорт. – 1989. – №6. – С. 32-34.
4. Волков, В.С. Накопление составов переменной длины / В.С. Волков // Железнодорожный транспорт. – 1982. – №2. – С. 27-30.
5. Дмитренко, А.В. Влияние резервов графика движения на задержки вагонов в ожидании отправления со станций формирования / А.В. Дмитренко // Труды НИИЖТ. – 1971. – Вып. 131. – С. 85-92.
6. Кручинин, А.В. Организация вагонопотоков на сортировочных станциях в условиях стабилизации графика движения поездов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Самара, 1999. – 24 с.
7. Некрашевич, В. И. Поездная работа при постоянных размерах грузового движения и нефиксированной массе и длине составов / В.И. Некрашевич, В.Е. Козлов, В.И. Бодюл, А.Ф. Бородин // Вестник ВНИИЖТ. – 1991. – № 8. – С. 12-17.
8. Некрашевич, В.И. Технология комплексного оперативного планирования работы локомотивов грузового движения в условиях автоматизации / В.И. Некрашевич, А.И. Моргунов // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – №3 – С. 11-14.
9. Шавзис, С.С. Автоматизация расчета поездообразования на сортировочных станциях: дисс. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2003. – 157 с.
10. Шанченко, П.А. Оценка качества организации перевозочного процесса / П.А. Шанченко, А.Б. Подшивалов, И.А. Чагина, Е.И. Воронин // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. – №4. – С. 9-11.
11. Суюнбаев, Ш.М. Закономерности поездообразования на технических станциях при отправлении поездов по ниткам твердого графика: дис. ... канд. техн. наук. - СПб., 2011. – 178 с.

Сведения об авторах

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

Светашева Наргиза Фаритовна – ассистент кафедры «Управление эксплуатационной работой» Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта, expose_09@mail.ru.

THE PROCESS OF ACCUMULATION WAGONS AT MARSHALLING YARDS WITH A FIRM TIMETABLE TRAINS

Svetashev A.A., Svetasheva N.F.

Tashkent institute of railway engineering

The aim is to study sostavoobrazovaniya in marshalling yards and characterizing its parameters, as well as dependencies that determine these parameters and costs of car-hours of accumulation of wagons with solid graphics. Results: A detailed process of accumulation of cars on the train composition, as well as provides features wagons accumulation process with solid graphics. Practical significance: is a detailed examination of the process of accumulation of cars in view of admission of certain groups of cars that define the cost of wagon-hours to build cars. Their practical application will allow for more accurate and reasonably easy to normalize cars for accumulation, as well as to clarify the method of calculating the train formation plan.

Keywords: Traffic volumes, car-watch, a solid schedule accumulation parameter string of chart formation plan.

DOI: <https://doi.org/10.22281/2413-9920-2016-02-04-117-123>

References

1. Instructions on the organization of work at the train freight train departure schedule Solid Threads. JSC "Russian Railways". Moscow, Techninform, 2006. 53 p.
2. Bernhard K.A. Technical routing rail traffic. *Sbornik nauchnykh trudov VNIIZhT. Vol. 119*. Moscow, Transzheldorizdat, 1956. 244 p.
3. Volkov V.S. Whether all trains must have a maximum length. *Zheleznodorozhnyy transport*, 1989, No. 6, pp. 32 - 34.
4. Volkov V.S. Accumulation of compounds of variable length. *Zheleznodorozhnyy transport*, 1982, No.2, pp. 27-30.
5. Dmitrenko A.V. Influence reserves timetable delays cars waiting departure from the stations forming. *Trudy NIIZhT*, 1971, Vol. 131, pp. 85-92.
6. Kruchinin A.V. Organization of traffic volumes on marshalling yards in a stabilization of the train schedule. Cand. Diss. (Engineering). Samara. 1999. 24 p.
7. Nekrashevich V.I, Kozlov V.E., Bodyul V.I., Borodin A.F. The train operation at constant amounts of freight traffic and non-fixed weight and length of trains. *Vestnik VNIIZhT*, 1991, No. 8, pp. 12-17.
8. Nekrashevich V.I., Morgunov A.I. The technology integrated operational planning of freight traffic locomotives in terms of automation. *Vestnik VNIIZhT*, 2005, No.3, pp. 11-14.
9. Shavzis S.S. Automation of calculation poezdoobrazovaniya in marshalling yards. Cand. Diss. (Engineering). Ekaterinburg. 2003. 157 p.
10. Shanchenko P.A, Podshivalov A.B., Chagin I.A., Voronin E.I. Assessment of quality of organization of transportation process. *Vestnik VNIIZhT*, 2004, No.4, pp. 9-11.
11. Suyunbaev Sh.M. Laws of poezdoobrazovaniya on technical stations at train departure on a string of solid graphics. Cand. Diss. (Engineering). St. Petersburg. 2011. 178 p.

Authors' information

Aleksandr A. Svetashev – Ph.D. (Eng), assistant lecturer at Tashkent institute of railway engineering (Uzbekistan), aleksandr-svetashev@bk.ru.

Nargiza F. Svetasheva – assistant lecturer at Tashkent institute of railway engineering (Uzbekistan), expose_09@mail.ru.

Дата публикации
(Date of publication):
25.12.2016