

3-2-2020

## LINKING TRAIN SCHEDULE ASSIGNMENTS TO A SOLID SCHEDULE

Alexander Aleksanlrovich Svetashev

*Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan*

Nodir Qodirovich Aripov

*Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan*

Nargiza Faritovna Svetasheva

*Tashkent Institute of Railway Engineers, Tashkent, 100167, Uzbekistan*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit>



Part of the [Transportation Engineering Commons](#)

---

### Recommended Citation

Svetashev, Alexander Aleksanlrovich; Aripov, Nodir Qodirovich; and Svetasheva, Nargiza Faritovna (2020) "LINKING TRAIN SCHEDULE ASSIGNMENTS TO A SOLID SCHEDULE," *Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers*: Vol. 16 : Iss. 1 , Article 12.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/tashiit/vol16/iss1/12>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Journal of Tashkent Institute of Railway Engineers by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

УДК (UDC) 656.222.3

## LINKING TRAIN SCHEDULE ASSIGNMENTS TO A SOLID SCHEDULE

Светашев А.А.<sup>1</sup>, Арипов Н.К.<sup>1</sup>, Светашева Н.Ф.<sup>1</sup>  
Svetashev A.A.<sup>1</sup>, Aripov N.K.<sup>1</sup>, Svetasheva N.F.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта  
(Ташкент, Узбекистан)

<sup>1</sup> – Tashkent Institute of Railway Engineers (Tashkent, Uzbekistan)

**Abstract:** The article provides an analysis of the composition of the sorting station during the accumulation of trains and the formation of trains with their departure on a solid schedule in order to establish dependencies that allow you to determine the cost of wagon-hours for the accumulation of cars and the rationale for the use of a solid schedule. The paper highlights the features of the process of accumulation of cars with a solid schedule as opposed to accumulation with a flexible schedule. As a result of modeling the composition of the solid schedule, the necessary parameters were calculated, which were compared with each other to confirm the correctness of the proposed methodology.

**Key words:** wagon flow, wagon-hours, solid schedule, accumulation parameter, percentage of completion of the solid schedule, formation plan, train formation.

## УВЯЗКА НАЗНАЧЕНИЙ ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПОЕЗДОВ ПО ТВЕРДОМУ ГРАФИКУ

**Аннотация:** В статье приводится анализ составообразования на сортировочной станции при накоплении составов и формировании поездов с отправлением их по твердому графику с целью установления зависимостей, позволяющих определить затраты вагоно-часов на накопление вагонов и обоснование условий применения твердого графика. В работе выделяются особенности процесса накопления вагонов при твердом графике в отличие от накопления при гибком графике. В результате моделирования составообразования по твердому графику, были рассчитаны необходимые параметры, которые были сопоставлены между собой, чтобы подтвердить правильность предлагаемой методики.

**Ключевые слова:** вагонопоток, вагоно-часы, твердый график, параметр накопления, процент выполнения твердого графика, план формирования, поездообразование.

При моделировании составообразования при твердом графике необходимо учитывать его сложную специфику. Момент окончания накопления состава определяется строго по фиксированному времени. И если к этому времени накопилось, хотя бы  $m_{\min}$  вагонов, то состав формируют и отправляют, если же к моменту времени не накопилось  $m_{\min}$ , то все вагоны переходят в остаток и нитка графика отменяется. Возможно, что при интенсивном подходе вагонов  $m_{\text{нак}} \geq 2m_{\text{макс}}$ , то тогда назначается дополнительный неграфиковый поезд [1].

Далее по мере поступления групп вагонов на путь накопления имитировалось образование составов посуточно в течение месячного периода. За весь период наблюдения было отменено  $N_{\text{отм}} = 26$  поездов, т.е. 0,87 поезда в среднем за сутки. Такое количество отмененных ниток ухудшает процент выполнения графика движения поездов. Такое же негативное влияние оказывает и количество дополнительно назначенных поездов (не графиковых)  $N_{\text{доп}} = 6$  поездов

за весь период, или 0,2 поезда в сутки. Необходимо определить процент выполнения твердого графика.

В исследовании [2] было предложено определять процент выполнения твердого графика по следующему выражению:

$$d_{\text{вз}} = \frac{N_{\text{сп}}}{N_{\text{мес}} + N_{\text{дон}}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

где  $N_{\text{сп}}$  - количество поездов, отправленных по графику;

$N_{\text{мес}}$  - количество выделенных ниток за месяц;

$N_{\text{дон}}$  - количество дополнительных поездов.

Согласно [3] степень выполнения твердого графика движения поездов, определяется отношением количества отправленных поездов по графику на количество выделенных ниток за месяц:

$$d_{\text{вз}} = \frac{N_{\text{сп}}}{N_{\text{мес}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

Это суждение является верным, так как дополнительный поезд отправляется не по графиковой нитке, а либо по ближайшей нитке графика, либо по регулировке диспетчера в случае свободности поездного локомотива и учитывать его не следует, т.к. дополнительно отправленный поезд занижает показания выполнения твердого графика движения поездов.

В качестве исходных данных для моделирования использовались данные о реальном поступлении групп вагонов на путь накопления при расформировании поездов, т.е. число вагонов в поступающих группах и время их поступления отдельно по каждому поездному назначению.

В результате моделирования состава образования по каждому назначению были установлены следующие параметры:

- фактическое среднее значение величины состава  $m_{\phi}$  :

$$m_{\phi} = \frac{U}{N_{\phi}} , \text{ ваг.} \quad (3)$$

где  $U$  - среднесуточный вагоно-поток;

$N_{\phi}$  - среднесуточное общее число отправленных поездов ( $N_{\phi} = N_{\text{сп}} + N_{\text{дон}}$ ).

- фактическое среднее значение отклонения  $\Delta m_{\phi}$  :

$$\Delta m_{\phi} = m_{\text{max}} - m_{\phi} ; \quad (4)$$

- среднее значение остатка вагонов  $m_o$  :

$$m_o = \frac{\sum ut_o}{24} , \text{ ваг.,} \quad (5)$$

где  $\sum ut_o$  - среднесуточные затраты вагоно-часов накопления остатка вагонов.

- среднее значение суточных затрат на накопление  $B$  :

$$B = 12(m_{\phi} + 2m_o) ; \quad (6)$$

- среднее значение параметра накопления  $C$  :

$$c = 12\left(1 + \frac{2m_o}{m}\right) . \quad (7)$$

В качестве параметра, характеризующего каждое назначение в работе [2], определено соотношение  $\gamma = \frac{m}{m_{\text{max}}} = \frac{m}{m + \Delta m}$ .

Моделирование составаобразования показало большой разброс значений остатка вагонов при одном и том же значении  $\gamma$ . Процент отправления поездов по твердому графику для рассмотренных назначений оказался в диапазоне от 70 до 99%. Таким образом, в течение месяца 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 графиковых поездов при накоплении состава менее нижней границы допустимого диапазона ( $m_{\text{нак}} < m_{\text{min}}$ ).

Вследствие отмены поезда все накопленные вагоны переходят в остаток и участвуют в накоплении последующих составов. При большом избытке вагонов могут назначаться дополнительные неграфиковые поезда. Число дополнительных поездов, всегда меньше числа отмененных за счет использования вагонов остатка в границах установленного диапазона величины формируемых составов:  $m_{\text{min}} \leq m_{\phi} \leq m_{\text{max}}$ . В результате число фактически сформированных поездов оказывается меньше расчетного:  $N_{\phi} < N_{\text{зр}}$ . Поэтому возрастают значения среднего состава ( $m_{\phi} > m$ ) и  $\gamma_{\phi} > \gamma$ . Одновременно снижается значение  $\Delta m_{\phi} < \Delta m$ , что сужает границы фактического диапазона величины формируемых поездов:  $m_{\text{min}}^{\phi} \leq m_{\phi} \leq m_{\text{max}}$  (где  $m_{\text{min}}^{\phi} = m_{\text{max}} - 2\Delta m_{\phi}$ ).

Анализ полученных данных позволил установить зависимость  $m_o = f(\gamma)$  как прямолинейную  $m_o = 22,604\gamma - 11,983$  (рис.1), которую можно использовать для аналитического определения ориентировочной величины среднего остатка. Значение  $\gamma_{\phi}$  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  $m_o$ .

Без остаточного накопления 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. Понятно, что 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  $\gamma_{\phi}$ , которые устанавливаются по максимально допустимым значениям среднего остатка  $m_o$  и прогнозным значениям процента выполнения графика.

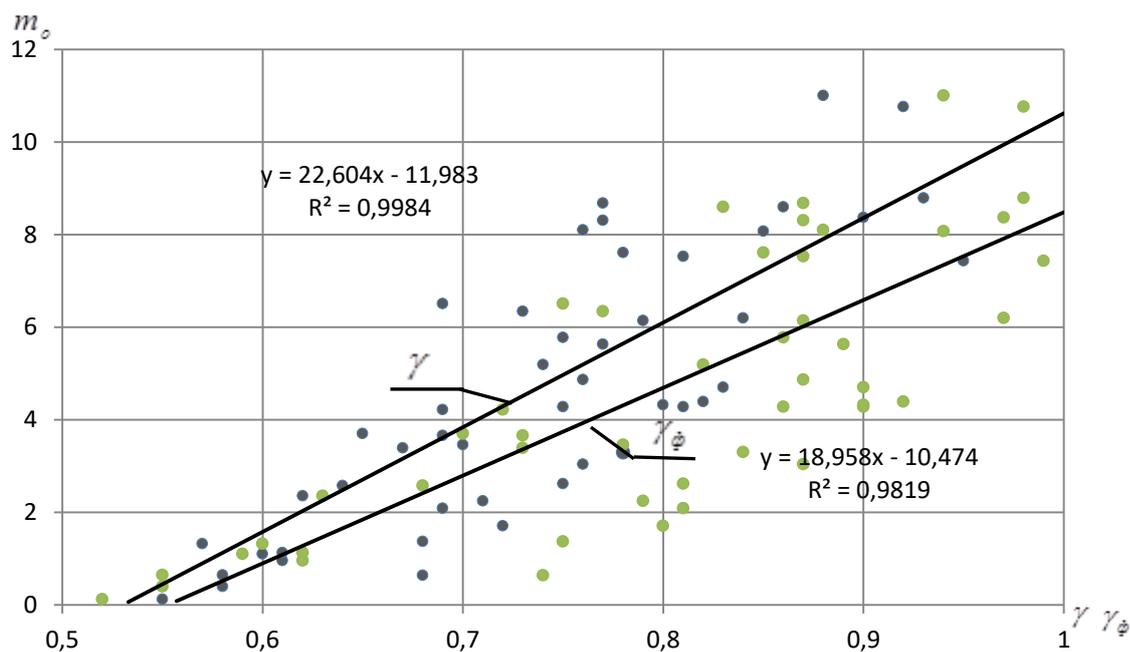


Рисунок 1. График зависимости остатка вагонов от  $\gamma$  и  $\gamma_\phi$

Основная масса рассмотренных назначений 45,8%, характеризуется диапазоном значений  $\gamma_\phi = 0,63 \div 0,90$  и процентом выполнения графика 81-90% (табл.3.13).

Таблица 1

Характеристика диапазонов твердого графика

Диапазон	Вагоно-поток	$m_{\max}$	$m_o$	% выполнения графика	$\gamma_p$	$\gamma_\phi$	Среднее отклонение $\gamma_\phi$ от $\gamma_p$
1	2	3	4	5	6	7	8
от 70 до 80 %	U=93 ваг.	50	8,79	78	0,93	0,98	1,05
$\gamma$ от 0,80 до 0,99	U=93 ваг.	60	5,63	78	0,77	0,89	1,16
$m_o$ от 1,71 до 11,09	U=93 ваг.	70	11,00	71	0,88	0,94	1,07
	U=93 ваг.	80	8,31	73	0,77	0,87	1,13
	U=104 ваг.	90	8,68	78	0,77	0,87	1,13
	U=114 ваг.	50	3,04	71	0,76	0,87	1,14
	U=114 ваг.	60	7,43	77	0,95	0,99	1,04
	U=114 ваг.	70	4,39	77	0,82	0,92	1,12
	U=114 ваг.	90	8,07	70	0,85	0,94	1,11
	U=114 ваг.	100	8,10	71	0,76	0,88	1,16
	U=122ваг.	50	4,28	76	0,81	0,90	1,11
	U=134 ваг.	50	8,37	77	0,90	0,97	1,08
	U=134 ваг.	60	2,62	78	0,75	0,81	1,08
	U=134 ваг.	80	6,20	78	0,84	0,97	1,15
	U=145ваг.	50	1,71	77	0,72	0,80	1,11

## Продолжение таблицы

	U=145ваг.	60	4,32	74	0,80	0,90	1,13
	U=155ваг.	50	7,61	78	0,78	0,85	1,09
	U=155ваг.	60	10,76	78	0,92	0,98	1,07
	U=155ваг.	70	6,14	79	0,79	0,87	1,10
<b>от 81 до 90 %</b>	U=93 ваг.	100	2,36	87	0,62	0,63	1,02
<b><math>\gamma</math> от 0,63 до 0,90</b>	U=93 ваг.	90	6,51	80	0,69	0,75	1,09
<b><math>m_o</math> от 0,64 до 7,53</b>	U=104 ваг.	50	3,46	83	0,70	0,78	1,11
	U=104 ваг.	70	4,28	83	0,75	0,86	1,15
	U=104 ваг.	80	11,09	80	0,87	0,90	1,10
	U=104 ваг.	100	3,66	84	0,69	0,73	1,06
	U=114 ваг.	80	2,25	80	0,71	0,79	1,11
	U=122ваг.	60	1,37	82	0,68	0,75	1,10
	U=122ваг.	80	4,87	83	0,76	0,87	1,14
	U=122ваг.	90	0,64	88	0,68	0,74	1,09
	U=134 ваг.	70	2,58	88	0,64	0,68	1,06
	U=134 ваг.	90	5,78	83	0,75	0,86	1,15
	U=134 ваг.	100	3,39	88	0,67	0,73	1,09
	U=145ваг.	70	4,22	81	0,69	0,72	1,04
	U=145ваг.	90	7,53	83	0,81	0,87	1,07
	U=145ваг.	100	6,34	85	0,73	0,77	1,05
	U=155ваг.	60	8,60	88	0,86	0,83	0,97
	U=155ваг.	70	5,19	81	0,74	0,82	1,11
	U=155ваг.	80	3,70	87	0,65	0,70	1,08
	U=155ваг.	100	3,30	87	0,78	0,84	1,08
	U=165ваг.	50	4,70	82	0,83	0,90	1,08
	U=165ваг.	80	2,09	82	0,69	0,81	1,17
<b>от 91 до 100 %</b>	U=104 ваг.	60	0,65	97	0,58	0,55	0,95
<b><math>\gamma</math> от 0,52 до 0,61</b>	U=122ваг.	70	0,40	98	0,58	0,55	0,95
<b><math>m_o</math> от 0,12 до 1,32</b>	U=122ваг.	100	0,96	97	0,61	0,61	1,00
	U=145ваг.	80	1,10	91	0,60	0,59	0,98
	U=155ваг.	90	1,32	96	0,57	0,60	1,05
	U=165ваг.	90	1,13	93	0,61	0,61	1,00
	U=165ваг.	100	0,12	99	0,55	0,52	0,95
<b>ИТОГО</b>							<b>1,08</b>

Величину  $\gamma_{\phi}$  следует использовать при выборе назначений плана формирования для твердого графика движения поездов.

Вследствие большого разброса усредненных значений остатка вагонов, суточные затраты вагоно-часов на накопление вагонов целесообразно рассчитывать по формуле

$$B = 12(m + 2m_o) \quad (8)$$

После того, как были проведены все необходимые расчеты для каждого способа реализации графика, определены затраты вагоно-часов на накопление составов  $B$ , параметр накопления  $c$  необходимо обозначить условные границы применения этих способов. Для этого возьмем за основу определения границ величину  $\gamma$ , которая была рассчитана и может находиться в пределах  $\gamma = 0,55 \div 1,00$ , среднюю величину остатка  $m_o$  и процент выполнения твердого графика движения. В результате проведенного исследования предлагаются следующие примерные границы величины  $\gamma$  для различных способов реализации графика таблица 2

Таблица 2

**Границы величины  $\gamma$  для различных способов реализации графика**

Способ реализации графика	Диапазон величины $\gamma$
Гибкий график при твердой норме состава	$\gamma = 1,00$
Неполный твердый график	$\gamma = 0,88 \div 0,99$
Гибкий график при гибкой норме состава	$\gamma = 0,70 \div 0,87$
Твердый график	$\gamma = 0,55 \div 0,69$

Величина  $\gamma$  для твердого графика движения предусматривает попадание в диапазон  $\gamma = 0,70 \div 0,87$ . Как показали расчеты, средняя величина остатка заметно меньше, чем при формировании поездов при неполном твердом графике, за счет того, что поезда формируются величиной состава в пределах широкого диапазона от  $m_{\min}$  до  $m_{\max}$  (при больших значениях  $\Delta m$ ), тем самым снижая остаток и понижая величину  $\gamma$ . Процент выполнения графика находится в пределах от 81 до 89 процентов.

Но для окончательных выводов необходимо произвести экономические расчеты, которые должны учитывать все затраты и после этого возможно дать практические рекомендации для применения того или иного способа реализации графика. Расчет эксплуатационных затрат по вариантам составления приведен в работе [4].

В таблице 3 показано, какой способ реализации графика по экономическим затратам наиболее приемлем в зависимости от величины состава и расстояния.

Таблица 3

**Сферы применения способов реализации графика в зависимости от протяженности маршрута следования**

$U$	$m_{\max}$	$\gamma$	Гибкий график при твердой норме состава	$\gamma$	Гибкий график при гибкой норме	$\gamma$	Твердый график
93	50	1	-	0,82	до 600 км	0,98	от 600 до 900 км
	60	1	-	0,85	на всем пути	0,89	-
	70	1	-	0,87	до 400 км	0,94	от 400 до 900 км
104	50	1	-	0,88	-	0,78	на всем пути
	60	1	900 км	0,90	до 800 км	0,55	-
	70	1	-	0,91	до 100 км	0,86	от 100 до 900 км
114	50	1	-	0,82	на всем пути	0,87	-
	60	1	-	0,85	-	0,99	на всем пути
	70	1	-	0,87	до 200 км	0,92	от 200 до 900 км
122	50	1	-	0,82	до 700 км	0,90	от 700 до 900 км
	60	1	от 600 до 900 км	0,85	до 600 км	0,75	-
	70	1	900 км	0,87	до 800 км	0,55	-
134	50	1	-	0,82	до 300 км	0,97	от 300 до 900 км
	60	1	-	0,85	на всем пути	0,81	-
	70	1	-	0,87	от 500 до 900 км	0,68	до 500 км
145	50	1	-	0,82	на всем пути	0,80	-
	60	1	-	0,85	на всем пути	0,90	-

## Продолжение таблицы

	70	1	-	0,87	-	0,72	на всем пути
155	50	1	-	0,82	на всем пути	0,85	-
	60	1	-	0,85	-	0,83	на всем пути
	70	1	-	0,87	-	0,82	на всем пути
165	50	1	-	0,82	до 300 км	0,90	от 300 до 900 км
	60	1	-	0,85	до 600 км	0,98	от 600 до 900 км
	70	1	-	0,87	-	0,87	на всем пути

В результате проведенных технико-экономических расчетов с целью выявления наиболее выгодного варианта составления можно сделать следующие выводы.

Твердый график оказался не так эффективен, как гибкий график при гибкой норме состава, за счет того, что для твердого графика необходим высокий вагонопоток, с увеличением вагонопотока сфера применения твердого графика возрастет. Однако не все достоинства твердого графика возможно оценить экономически: гарантированное отсутствие всех задержек и накладок, регулярность и гарантия даты прибытия, возможность работы локомотивных бригад по именным расписаниям, упрощение оперативного планирования и др.

Поэтому несмотря на дополнительные затраты твердый график обращения технических маршрутов является перспективным способом реализации графика движения.

После определения затрат вагоно-часов на накопление  $B$  и параметра накопления  $c$  пользуясь данными (таблицы 3) определим возможные диапазоны применения способов реализации графика в зависимости от протяженности маршрута следования.

Таблица 4

**Диапазон величины  $\gamma$  в зависимости от протяженности маршрута следования поездов.**

Гибкий график при твердой норме состава	Гибкий график при гибкой норме состава	Твердый график
$\gamma = 1,00$ от 600 до 900 км.	$\gamma = 0,82 \div 0,91$ от 100 до 900 км.	$\gamma_{\phi} = 0,68 \div 0,98$ от 100 до 900 км.

Используя эти данные, можно ориентировочно рассчитать все параметры для различных типов графиков, не прибегая к сбору и обработке статистических данных, которые в свою очередь занимают достаточно много времени.

### Литература

1. Панасик А.В. Исследование неравномерности поступления вагонопотока на сортировочную станцию и влияние этого фактора на накопление и простой составов передаточных поездов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л.: ЛИИЖТ, 1969. – 22 с.
2. Суюнбаев Ш.М. Закономерности поездообразования на технических станциях при отправлении поездов по ниткам твердого графика: дис. ... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2011. – 178 с.
3. Шанченко П.А., Подшивалов А.Б., Чагина И.А., Воронин Е.И. Оценка качества организации перевозочного процесса // Вестник ВНИИЖТ. – 2004. – №4. – С. 9-11.
4. Светашев А.А. Закономерности составления составов на сортировочных станциях: дис. ... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2015. – 93 с.

### References

1. Panasik A.V. Investigation of the uneven arrival of the car flow to the marshalling yard and the influence of this factor on the accumulation and simple composition of transfer trains: abstract. dis. ... cand. tech. sciences. - L.: LIIZHT, 1969. - 22 p.
2. Suyunbaev Sh.M. Patterns of train formation at technical stations when sending trains on a solid schedule: dis. ... cand. tech. sciences. - SPb.: PGUPS, 2011. - 178 p.

3. Shanchenko P. A., Podshivalov A. B., Chagina I. A., Voronin E. I. Quality assessment of the organization of the transportation process // Bulletin of VNIIZhT. - 2004. - No. 4. - S. 9-11.

4. Svetashev A.A. Patterns of composition at sorting stations:: dis. ... cand. tech. sciences. - SPb.: PGUPS, 2015.- 93 p.

**Сведения об авторах / Information about the authors**

**Светашев Александр Александрович** - к.т.н., и.о. доцента, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

**Арипов Нодир Қодирович** - старший преподаватель, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

**Светашева Наргиза Фаритовна** - ассистент, Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

**Svetashev Alexander Aleksanlrovich** - PhD, acting docent Tashkent Institute of railway engineers.

**Aripov Nodir Qodirovich** - senior Senior Lecturer, Tashkent Institute of railway engineers.

**Svetasheva Nargiza Faritovna** - assistant, Tashkent Institute of railway engineers.