

## Совершенствование графика обработки грузовых поездов на примере подгорочного парка сортировочной станции

Е.К. Иванов<sup>1</sup>, Г.И. Никифорова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС); г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup> egor.badskrat2011@gmail.com

<sup>2</sup> guzel.spb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4908-3225>

### АННОТАЦИЯ

Исследуются возможные методы совершенствования графика обработки грузовых поездов на примере подгорочного парка сортировочной станции. Сортировочная станция представлена как важное звено логистической цепи доставки грузов с участием железнодорожного транспорта. Текущие условия позволяют говорить о необходимости поиска эффективных решений в технологии управления перевозочным процессом. В логистических цепях доставки грузов сортировочная станция выступает как звено для изменения параметров вагонопотоков. От работы таких элементов будет зависеть эффективность всей логистической цепи. Сортировочная станция рассматривается и как система, парки станции — как элементы этой системы.

Описаны основные операции, выполняемые при работе с грузовыми поездами, прибывающими в расформирование, в подгорочном парке. Определены факторы, оказывающие влияние на количество времени, требуемого для выполнения ключевых операций в парке станции. Предлагается использование методов управления качеством для технологических процессов станции с целью уточнения продолжительности ряда операций на примере подгорочного парка. Выделены операции, выполняемые дежурным по парку, которые проанализированы и представлены в виде цикла Деминга – Шухарта. Каждый этап цикла рекомендуется разделить на подэтапы.

Разработан принципиально новый график обработки грузовых поездов, прибывающих в расформирование на основе цикла PDCA.

**Ключевые слова:** технологический график; нормы времени на обработку состава; управление качеством; сортировочная станция в логистической цепи; цикл PDCA

**Для цитирования:** Иванов Е.К., Никифорова Г.И. Совершенствование графика обработки грузовых поездов на примере подгорочного парка сортировочной станции // Техник транспорта: образование и практика. 2024. Т. 5. Вып. 4. С. 417–422. <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2024.4.417-422>.

Original article

### Improving the schedule for handling freight trains using the example of a marshalling yard

Egor K. Ivanov<sup>1</sup>, Guzel I. Nikiforova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS); St. Petersburg, Russian Federation

<sup>1</sup> egor.badskrat2011@gmail.com

<sup>2</sup> guzel.spb@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4908-3225>

### ABSTRACT

The article discusses possible methods for improving the schedule of handling freight trains using the example of a marshalling yard. The marshalling yard is presented as an important link in the logistics chain of cargo delivery involving rail transport. Current conditions allow us to talk about the need to find effective solutions in the technology of transportation process management. In the logistics chains of cargo delivery, the marshalling yard acts as a link for changing the parameters of car traffic. The efficiency of the entire logistics chain will depend on the

operation of such elements. The marshalling yard is also considered as a system, and the station parks are considered as elements of this system. The main operations performed when working with freight trains arriving at the disbandment in the sub-assembly park are described. The main factors influencing the amount of time required to perform key operations in the station's fleet have been identified. It is proposed to use quality management methods for the technological processes of the station to clarify the duration of a number of operations using the example of a sub-assembly park. The operations performed by the park attendant are highlighted, which are analyzed and presented in the form of a Deming – Shuhart cycle. It is proposed to divide each stage of the cycle into sub-stages. As a result, a fundamentally new schedule for handling freight trains arriving at the disbandment based on the PDCA cycle has been developed.

**Keywords:** technological schedule; norms of time for processing the composition; quality management; sorting station in the logistics chain; PDCA cycle

**For citation:** Ivanov E.K., Nikiforova G.I. Improving the schedule for handling freight trains using the example of a marshalling yard. *Transport technician: education and practice*. 2024;5(4):417-422. (In Russ.). <https://doi.org/10.46684/2687-1033.2024.4.417-422>.

## ВВЕДЕНИЕ

Рассматривается технологический процесс функционирования подгорочного парка сортировочной станции, в том числе с точки зрения управления качеством, предлагаются методы совершенствования и уточнения графика обработки грузовых поездов, поступающих в расформирование. Это позволит учитывать влияние наиболее значимых факторов в будущем и улучшить работу сортировочной станции в целом, и имеет большое значение, так как сортировочные станции — ключевой элемент логистической системы доставки грузов железнодорожным транспортом (ЖДТ).

Важность ЖДТ для государства трудно переоценить, именно поэтому необходимо постоянно развивать методы управления, организации перевозок, применять новейшие способы автоматизации и цифровизации транспортных процессов [1–4]. Серьезным инструментом в повышении эффективности работы любого предприятия стали методы управления качеством [5–7]. Они распространены и на предприятиях ЖДТ. Однако остается широкий выбор технологических процессов управления перевозками, где возможно применение методов бережливого производства, процессного подхода, качественной автоматизации процессов [8–10].

## РАЗРАБОТКА НОРМАТИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ГРАФИКА ОБРАБОТКИ ПЕЗДОВ, ПРИБЫВАЮЩИХ В РАСФОРМИРОВАНИЕ

Технологический процесс работы железнодорожной (ж.-д.) станции представляет собой документ, отражающий оптимальное использо-

вание технических средств и устройств. Технологический процесс обеспечивает соблюдение нормативного графика движения с помощью регламента плана формирования поездов и следование нормативам эксплуатационной работы по выполнению заявок на перевозки грузов, пассажиров, багажа и грузобагажа. Для каждой категории (типа) ж.-д. станций на основании типового технологического процесса разрабатываются технологические процессы работы конкретных ж.-д. станций (рис. 1).

Сортировочные станции служат важнейшим звеном транспортно-логистической цепи. Они отвечают за организацию вагонопотоков на сети железных дорог. На сортировочной станции формируются составы по назначениям: в парк прибытия

Операция	Время на операцию	Время в минутах				
		10	20	30	40	50
Закрепление	7	[Step function starting at 0, reaching 7 at 0 minutes]				
Отцепка и уборка поездного локомотива	2	[Step function starting at 0, reaching 2 at 10 minutes]				
Техническое обслуживание	30	[Step function starting at 0, reaching 30 at 10 minutes]				
Заезд и прицепка горочного локомотива	2	[Step function starting at 0, reaching 2 at 40 minutes]				
Снятие закрепления	7	[Step function starting at 0, reaching 7 at 47 minutes]				
Время готовности к надвигу	49	[Step function starting at 0, reaching 49 at 49 minutes]				

**Рис. 1.** Существующий график обработки грузовых поездов, прибывающих в расформирование в парк приема нечетной стороны сортировочной станции N

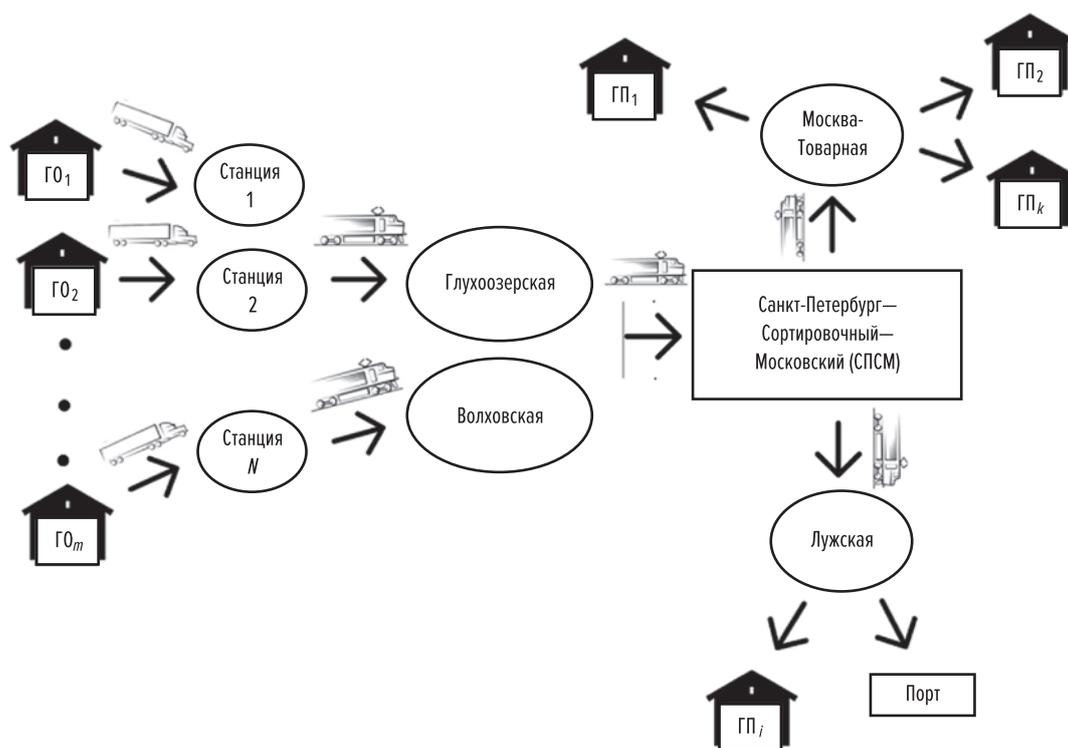


Рис. 2. Сортировочная станция как элемент логистической цепи

принимается поезд, для него создается сортировочный листок, согласно которому вагоны распускаются с сортировочной горки на пути сортировочного парка. На путях сортировочного парка копятся вагоны, таким образом формируются составы по назначениям, а затем выставляются в парк отправления. Сортировочные станции преобразуют вагонопоток и меняют его характеристики. От работы сортировочной станции зависит эффективность всей логистической цепи (рис. 2).

Наиболее значимой в технологическом процессе сортировочной станции является совместная согласованная работа парка прибытия (подгорочного парка) и сортировочной горки — именно от этого зависит количество переработанных станцией вагонов и, соответственно, отправленных поездов своего формирования.

Существующий вариант графика подразумевает максимально возможное время выполнения операций и применяется для любого состава на любом пути. Дежурный по станции (далее — ДСП) не имеет точного представления о том, сколько времени будет затрачено на операцию в каждом конкретном случае.

Предлагаемый вариант графика будет учитывать технологические особенности каждой операции, отображая уточненное время на их выполнение, что поможет ДСП качественно планировать работу парка.

Решение поставленной задачи может осуществляться двумя способами. Первый — разработка

программного обеспечения, обеспечивающего следующие расчеты:

1. Расчет норм времени на закрепление состава  $t_{з.р}$  на конкретном пути с учетом: длины состава; норм закрепления, зависящих от формулы, используемой для закрепления состава и количества осей; расстояния, которое необходимо преодолеть работнику от рабочего модуля до места закрепления. Расчетное время закрепления вычисляется по формуле

$$t_{з.р} = t_3 + t_{дв.з},$$

где  $t_3$  — время на закрепление состава в конкретных условиях;  $t_{дв.з}$  — время на передвижение работника от рабочего модуля до места закрепления.

2. Расчет норм времени на изъятие тормозных башмаков  $t_{и.р}$  с учетом количества уложенных башмаков и расстояние, которое необходимо преодолеть работнику от рабочего модуля до места изъятия. Расчетное время изъятия тормозных башмаков определяется следующим образом

$$t_{и.р} = t_{и} \cdot n + t_{дв.и},$$

где  $t_{и}$  — время на изъятие одного тормозного башмака;  $n$  — количество тормозных башмаков;  $t_{дв.и}$  — время на передвижение работника от рабочего модуля до места изъятия.

3. Расчет норм времени на осмотр и техническое обслуживание вагонов в составе с учетом: длины состава; рода вагонов; расстояния, которое необходимо преодолеть работнику от рабочего



Рис. 3. Уточненный цикл PDCA [8–10]

модуля до ближайшего вагона. Расчетное время осмотра и технического обслуживания состава вычисляется по формуле

$$t_{\text{осм.р}} = t_i^x \cdot n + t_i^{x1} \cdot m + \dots + t_i^{x6} \cdot k + t_{\text{дв.о}}$$

где  $t_i^x$  — вагон рода  $x$ ;  $n, m, k$  — количество вагонов такого рода, требующих осмотра;  $t_{\text{дв.о}}$  — время на передвижение работника от рабочего модуля до ближайшего вагона.

Однако целесообразно обратиться к методологии управления качеством [9, 10]. В науке об управлении качеством существует понятие цикла

Шухарта – Деминга, обозначаемого PDCA — тоже своего рода процесс, в котором выделяют этапы:

- P (Plan) — планируй;
- D (Do) — сделай;
- C (Check) — изучи;
- A (Act) — действуй.

Данный цикл подразумевает каждое следующее повторение с учетом знаний, полученных в предыдущем, тем самым способствуя постоянному улучшению процесса (рис. 3).

Цикл можно применить для наиболее точного расчета норм времени на выполнение ключевых операций для работников каждой из смен, учитывая их индивидуальные особенности. Цикл будет проходить таким образом:

P1. ДСП принимает поезд на пути подгорочного парка в расформирование с конечной целью ропуска этого состава с сортировочной горки.

P2. ДСП понимает, каких работников необходимо будет задействовать для осуществления всех операций, которые должны быть произведены с поездом для его успешного ропуска и планирует дальнейшие команды.

D1. ДСП подготавливает работников к выполнению операций — подсказывая им по громкоговорящей связи или рации, на какой путь прибывает поезд, сколько осей в составе, сколько потребуется уложить тормозных башмаков для закрепления,

Операция	Номер пути	Время на операцию	Время в минутах				
			10	20	30	40	50
Закрепление	2п	6	[Bar chart showing duration]				
	8п	9	[Bar chart showing duration]				
	12п	12	[Bar chart showing duration]				
Отцепка и уборка поездного локомотива	2п	2	[Bar chart showing duration]				
	8п		[Bar chart showing duration]				
	12п		[Bar chart showing duration]				
Техническое обслуживание	2п	32	[Bar chart showing duration]				
	8п	28	[Bar chart showing duration]				
	12п	36	[Bar chart showing duration]				
Заезд и прицепка горочного локомотива	2п	2	[Bar chart showing duration]				
	8п		[Bar chart showing duration]				
	12п		[Bar chart showing duration]				
Снятие закрепления	2п	5	[Bar chart showing duration]				
	8п	6	[Bar chart showing duration]				
	12п	8	[Bar chart showing duration]				
Время готовности к движению	2п	47	[Bar chart showing duration]				
	8п	47	[Bar chart showing duration]				
	12п	60	[Bar chart showing duration]				

Рис. 4. Улучшенный график обработки грузовых поездов, прибывающих в расформирование в парк приема нечетной стороны ст. Санкт-Петербург-Сортировочный-Московский

нужна ли будет помощь машинисту в отцепке поездного локомотива.

D2. ДСП дает команду на закрепление, снятие или осмотр — планируется выполнение этой команды работником парка. Работник выполняет команду и докладывает о завершении.

C1. ДСП фиксирует результат — время, в течение которого была выполнена работа в конкретных условиях (здесь важно указать путь, длину состава, род вагонов и количество тормозных башмаков).

C2. Значение норм времени на операцию при данных конкретных условиях усредняется, что дает более точное значение.

A1. ДСП анализирует усредненное значение норм времени на осуществление той или иной операции.

A2. На основе проведенного анализа ДСП принимает решение о дальнейшей наиболее оптимальной последовательности операций (рис. 4).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- сортировочную станцию следует рассматривать как элемент сложной логистической систе-

мы для переработки вагонопотоков в железнодорожных перевозках. Эффективность работы сортировочной станции влияет на работу всей системы перевозок;

- применение методов управления качеством на ЖДТ недостаточно именно в технологических процессах. Целесообразно рассмотреть процессы сортировочной станции, как ключевого элемента логистической системы, с позиции управления качеством, а именно процессного подхода;
- на примере работы подгорочного парка произведена оценка нормативного технологического графика обработки поездов, прибывающих в расформирование, предложен процессный подход с использованием цикла PDCA;
- получен постоянно улучшающийся график обработки грузовых поездов, индивидуальный для каждой смены работников, отражающий нормы времени на операции при различных условиях;
- такие графики позволят ДСП качественно и точно планировать работу станции, учитывать наиболее значимые факторы, попеременно влияющие на ее функционирование, что приведет к улучшению качественных показателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин А.Б. Внедрение на Горьковской железной дороге систем МПЦ-МПК: реальная экономия, повышение безопасности и импортозамещение // Путь от крупнейшей ярмарки империи до узловой магистрали глобальных транспортных коридоров: сборник трудов. 2023. С. 69–72. EDN MNZPXR.

2. Никитин А.Б., Пушкин И.А. Оптимизация математической модели движения поезда // Инновационная железная дорога. Новейшие и перспективные системы обеспечения движения поездов. Проблемы и решения: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. 2023. С. 194–201. EDN EFNSVI.

3. Самарин В.А., Никифорова Г.И. Автоматизация процедуры обнаружения неисправностей при коммерческом осмотре подвижного состава // Управление эксплуатационной работой на транспорте (УЭРТ–2022): сборник трудов Международной научно-практической конференции. 2022. С. 118–123. EDN VGRZTW.

4. Малышева О.В., Куренков П.В., Амехина А.В. Актуальность внедрения бережливого производства // Транспортная наука и инновации: материалы Международной научно-практической конференции. 2023. С. 167–169. EDN DOJUVY.

5. Малышева О.В., Куренков П.В., Шакирзянова И.Ф. Повышение эффективности компании с помощью методов бережливого производства // Транспортная наука и инновации: материалы Международной научно-практической конференции. 2023. С. 169–173. EDN GMDCPU.

6. Никифорова Г.И., Покровская О.Д. Процессно-логистический подход в управлении перевозками // Железнодорожный транспорт. 2022. № 4. С. 21–23. EDN CGJYMM.

7. Никифорова Г.И. Применение процессного подхода в системе управления качеством // Актуальные проблемы управления перевозочным процессом: сборник научных трудов. 2013. С. 106–109. EDN TDSGNF.

8. Лютов А.Г., Загидуллин Р.Р.Б., Схиртладзе А.Г., Огородов В.А., Рябов Ю.В. и др. Управление качеством в автоматизированном производстве: учебное пособие. Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2012. 424 с. EDN HXLPGV.

9. Салимова Т.А. Управление качеством: учебник. М.: Издательство «Омега-Л», 2013. 376 с. EDN SDTQSZ.

10. Салимова Т.А., Ольховикова Н.Б. Менеджмент качества: устойчивое развитие // Стандарты и качество. 2012. № 4. С. 76–80. EDN OWSTJR.

## REFERENCES

1. Nikitin A.B. Introduction of MPC-MPC systems on the Gorky Railway: real savings, increased safety and import substitution. *The path from the largest fair of the empire to the hub of global transport corridors: collection of works*. 2023;69-72. EDN MHZPXR. (In Russ.).
2. Nikitin A.B., Pushkin I.A. Optimization of the mathematical model of train movement. *Innovative Railway. The latest and most promising train traffic support systems. Problems and solutions: collection of articles of the VI International Scientific and Practical Conference*. 2023;194-201. EDN EFNSVI. (In Russ.).
3. Samarin V., Nikiforova G. Automation of the procedure for detecting faults during commercial inspection of rolling stock. *Management of operational work in transport (UERT-2022): collection of proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. 2022;118-123. EDN VGRTZW. (In Russ.).
4. Malysheva O.V., Kurenkov P.V., Amekhina A.V. Relevance of implementing lean production. *Transport science and innovation: materials of the international scientific and practical conference*. 2023;167-169. EDN DOJUVY. (In Russ.).
5. Malysheva O.V., Kurenkov P.V., Shakirzyanova I.F. Increasing company efficiency using lean production methods. *Transport science and innovation: materials of the international scientific and practical conference*. 2023;169-173. EDN GMDCPU. (In Russ.).
6. Nikiforova G.I., Pokrovskaya O.D. Process and logistics approach to transportation management. *Rail Transport*. 2022;4:21-23. EDN CGJYMM. (In Russ.).
7. Nikiforova G.I. Application of the process approach in the quality management system. *Current problems of transportation process management: collection of scientific papers*. 2013;106-109. EDN TDSGNF. (In Russ.).
8. Lyutov A.G., Zagidullin R.R.B., Skhirtladze A.G., Ogorodov V.A., Ryabov Yu.V. et al. *Quality management in automated production: textbook*. Stary Oskol: LLC "Subtle Science-Intensive Technologies", 2012;424. EDN HXLPVG. (In Russ.).
9. Salimova T.A. *Quality management: textbook*. Moscow, Omega-L Publishing House, 2013;376. EDN SDTQSZ. (In Russ.).
10. Salimova T.A., Olkhovikova N.B. Quality management: sustainable development. *Standards and Quality*. 2012;4:76-80. EDN OWSTJR. (In Russ.).

### Об авторах

**Егор Константинович Иванов** — аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой»; **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)**; 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9; egor.badskrat2011@gmail.com;

**Гузель Ислямовна Никифорова** — кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой»; **Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС)**; 190031, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9; ORCID: 0000-0003-4908-3225; guzel.spb@mail.ru.

### Bionotes

**Egor K. Ivanov** — postgraduate student "Operations Management"; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)**; 9 Moskovsky ave., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation; egor.badskrat2011@gmail.com;

**Guzel I. Nikiforova** — Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of "Operations Management"; **Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (PGUPS)**; 9 Moskovsky ave., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-4908-3225; guzel.spb@mail.ru.

Заявленный вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Автор, ответственный за переписку: Гузель Ислямовна Никифорова, guzel.spb@mail.ru.

Corresponding author: Guzel I. Nikiforova, guzel.spb@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 01.08.2024; одобрена после рецензирования 17.09.2023; принята к публикации 28.10.2024.

The article was submitted 01.08.2024; approved after reviewing 17.09.2023; accepted for publication 28.10.2024.