

УДК 656.21:355.691.2

Методы и мероприятия устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла

Г. И. Паламарчук¹, А. А. Фомин²

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

²Военный институт (Железнодорожных войск и военных сообщений) «Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева», Российская Федерация, 198504, Санкт-Петербург, гор. Петродворец, ул. Суворовская, 1

Для цитирования: Паламарчук Г. И., Фомин А. А. Система обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2022. — Т. 19. — Вып. 3. — С. 528–536. DOI: 10.20295/1815-588X-2022-3-528-536

Аннотация

Цель: Определение методов и мероприятий (оперативных, инженерно-строительных и организационно-технических) по повышению устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла. **Методы:** Общая теория систем. **Результаты:** Разработан комплекс мероприятий, позволяющих обеспечивать устойчивость процессов функционирования железнодорожного узла в зависимости от условий транспортной обстановки. **Практическая значимость:** Выбор мероприятия по повышению устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла как основного элемента железных дорог при организации железнодорожных перевозок.

Ключевые слова: Железнодорожный узел, система, устойчивость, процесс функционирования, методы, мероприятия системы обеспечения устойчивости.

Введение

Растущий спрос на качественные транспортные услуги в настоящее время удовлетворяется не полностью из-за недостаточного технического уровня транспортной системы и накопленного отставания в области транспортных технологий.

Рост объемов перевозок сдерживается дефицитом пропускных и провозных возможностей, недостаточным техническим и технологическим

уровнем транспортной системы. Поэтому стратегической целью государственной транспортной политики является развитие транспортной системы, повышение ее безопасности и устойчивости функционирования.

Сферами, в которых государство стимулирует и поддерживает необходимые изменения, являются: инновации на транспорте, внедрение наиболее эффективных технологий перевозок грузов и пассажиров; развитие транспортной системы в

интересах обеспечения задач в области обороны и безопасности государства.

Одним из главных условий повышения эффективности транспортной системы является повышение технического уровня транспортных средств и оборудования, а также применение современных перевозочных, управленческих и информационно-телекоммуникационных технологий.

При этом важная роль при различных нагрузках и режимах функционирования отводится железнодорожному транспорту, который будет удовлетворять потребности и нужды экономики страны в перевозках. В свою очередь, устойчивое функционирование железных дорог обеспечивается разработкой и формированием мероприятий, направленных на удовлетворение потребностей государства в перевозках.

Устойчивость процессов функционирования железнодорожного узла

Поскольку железнодорожный узел как объект железнодорожного транспорта является стыковым пунктом железных дорог с другими видами транспорта в единой транспортной системе страны и занимает ведущее место в перевозочном процессе, то необходимо показать место и роль железнодорожного узла в системе обеспечения устойчивости функционирования железных дорог в целом.

Подготовка железнодорожных узлов к работе требует значительных капиталовложений и должна соответствовать предъявляемым техническим и эксплуатационным требованиям [1–3], к которым относятся: безопасность движения поездов; обеспечение заданной пропускной и перерабатывающей способности; изменение направления перевозок в зависимости от складывающейся обстановки; непрерывность работы узла в различных условиях; пропуск без остановки транзитных поездопотоков (оперативные, снабженческие,

эвакуационные и др.) через основные станции с организацией технического обслуживания их на предузловых станциях; пропуск поездов в обход основных станций узла по специальным обходным или соединительным путям и ветвям; специализация станций узла для переработки обычных и опасных грузов; выполнение сортировочной работы; взаимозаменяемость, рассредоточение, обеспечение восстановления основных станций и устройств узла; создание резервов производственной мощности узла [4].

Сама подготовка железнодорожных узлов к работе в различных условиях будет реализовываться по определенным временным периодам их функционирования [5–7], к которым отнесем период заблаговременной подготовки и период проведения мероприятий непосредственной подготовки.

В соответствии с указанными периодами наиболее сложные условия функционирования железнодорожного узла будут складываться в непосредственный период и в ходе восстановления производственных мощностей. При этом период проведения мероприятий непосредственной подготовки совпадает с выполнением максимальных объемов перевозок и характеризуется наибольшей интенсивностью работы железнодорожного узла по освоению поездо- и вагонопотоков, а также необходимостью использования всех возможных резервов по увеличению пропускной и перерабатывающей способностей.

При этом основной функцией железнодорожного узла является обеспечение перевозочного процесса в соответствии с планом перевозок. Поэтому следует считать, что чем полнее и своевременнее он обеспечивает перевозки, тем выше устойчивость процессов его функционирования в различные периоды.

Понятие «устойчивость функционирования транспорта» [7–9] определяется как свойство транспорта, характеризующее способность его



Рис. 1. Направления и методы обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла (по элементам (объектам))

выполнять перевозки по обеспечению неотложных нужд населения и экономики страны, а также производить продукцию установленной номенклатуры после различного рода возмущений внутреннего и внешнего характера. Оно учитывает все многообразие факторов, включая эксплуатационно-технические отказы, повреждения элементов и всей системы стихийными факторами. Применение этой интегральной характеристики позволяет полнее отразить качество процессов функционирования объектов транспорта [4, 10].

Методы и мероприятия по повышению устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла

С точки зрения функционального состава система обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла включает комплекс согласованных по назначению, месту и времени мероприятий, направленных на уменьшение и восполнение вероятных потерь производственных мощностей (пропускной, перерабатывающей и погрузочно-выгрузочной способности).

Таким образом, исследование мероприятий указанной системы обеспечения возможно в рамках оценки устойчивости процессов функциони-

рования железнодорожного узла с учетом различных факторов, направлений и сроков реализации соответствующих мероприятий.

Анализ исследований в предметной области показал, что в настоящее время определены основные направления обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла, к которым относятся (рис. 1):

- снижение эффективности производственных возможностей;
- ликвидация «узких мест» в его наличной производственной мощности (пропускной, перерабатывающей и погрузочно-выгрузочной способности).

Достижение целей по каждому из направлений происходит с применением различных методов приведения в соответствие возможностей транспорта. Основными методами в этом случае являются:

- заблаговременная и непосредственная подготовка железнодорожного узла к работе в различных условиях;
- восстановление сооружений и устройств железнодорожного узла;
- интенсификация использования наличных производственных мощностей (пропускной,



Рис. 2. Классификация мероприятий системы обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла

перерабатывающей и погрузочно-выгрузочной способности).

На основании обозначенных на рис. 1 направлений и методов предлагается классификация мероприятий по повышению устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла, которая приведена на рис. 2. В качестве основных признаков предлагаемой классификации рассматриваются мероприятия: по времени реализации; по назначению; по характеру и содержанию; по планирующему органу и уровню принятия решения; по способу влияния на производственную мощность; по принадлежности привлекаемых сил и средств.

Сообразно с предложенной классификацией рассмотрим мероприятия, выделенные по характеру и содержанию: оперативные, организационно-технические и инженерно-строительные.

К группе оперативных относятся мероприятия, проводимые дирекцией инфраструктуры в интересах повышения устойчивости транспортной системы, в рамках которой рассматривается железнодорожный узел (рис. 3).

Группу инженерно-строительных мероприятий, связанных со значительными затратами ресурсов, следует разделить на три группы (рис. 4).

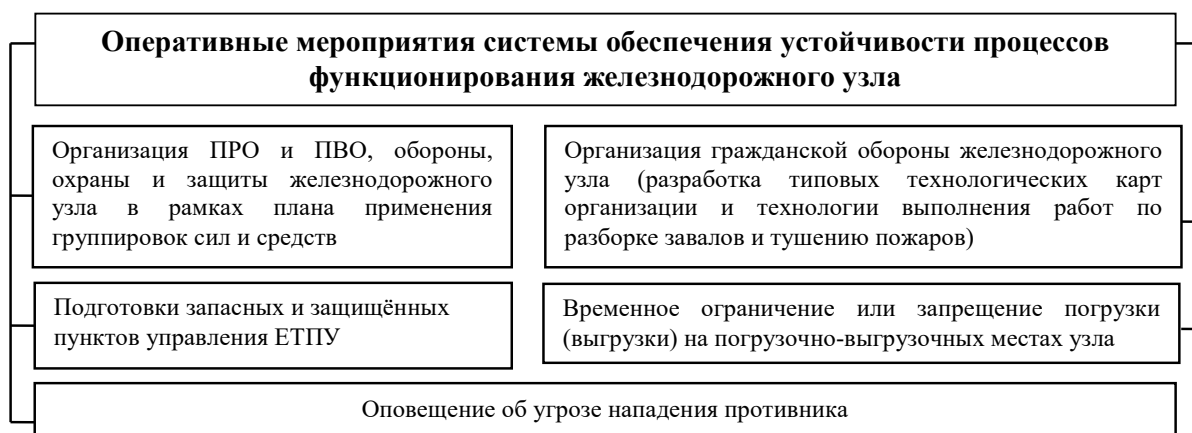


Рис. 3. Оперативные мероприятия системы обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла

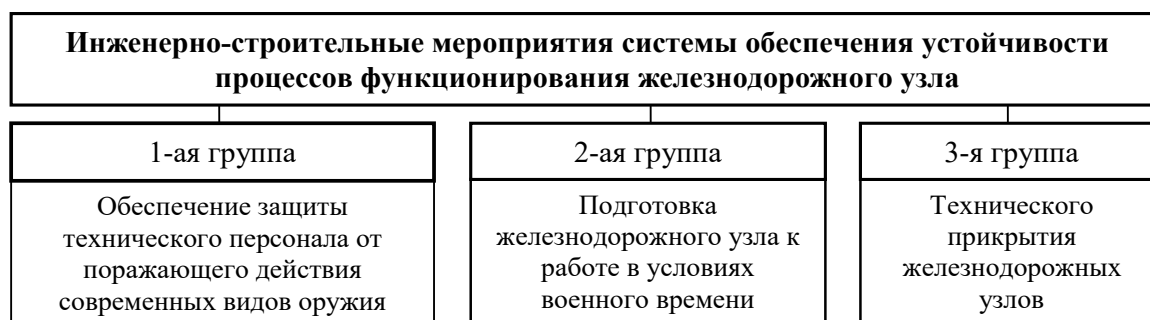


Рис. 4. Инженерно-строительные мероприятия по обеспечению устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла

Исходя из рис. 4, к мероприятиям первой группы относятся:

- подготовка на станциях узла и на подходах к нему защитных сооружений и устройств;
- подготовка и рациональное размещение санпропускников, пунктов специальной обработки транспортных средств, а также обеспечение индивидуальными средствами защиты технического персонала.

Вторая группа включает следующие мероприятия:

- подготовка и строительство дублирующих устройств (обходов, соединительных ветвей, погрузочно-выгрузочных мест, сортировочных устройств), а также создание подвижных комплексов различных устройств, способных при

необходимости полностью или частично заменить основные устройства;

- развитие и реконструкция станций узла, усиление их погрузочно-выгрузочной, пропускной и перерабатывающей способности (удлинение путей, укладка дополнительных путей в парках станций, переустройство горловин, развязка подходов в разных уровнях, строительство экипировочных устройств и др.);
- подготовка предузловых станций для технического обслуживания поездов на подходах к узлу.

В третью группу выделены следующие мероприятия:

- выделение и развертывание сил и средств технического прикрытия для ликвидации послед-

ствий по восполнению потерь производственных мощностей;

– разработка проектной документации, обосновывающих материалов (проектных соображений), технических заданий по восстановлению объектов технического прикрытия.

В группе организационно-технических рассматриваются мероприятия, проводимые для повышения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла с относительно небольшими затратами ресурсов на их реализацию, в результате которых повышается (перераспределяется) наличная пропускная, перерабатывающая и погрузочно-выгрузочная способность, а также, как и инженерно-строительные, мероприятия, способствующие сокращению перерывов в движении поездов и потерь производственной мощности объектов узла (рис. 5).

Критерии оценки устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла

Исходя из достаточно большого набора рассматриваемых мероприятий (рис. 3–5), возникает необходимость использования процедуры формализации в рамках снижения размерности указанного набора. Для этой цели предлагается использовать следующую процедуру: оценка эффективности их реализации как альтернативных, т. е. отдельно реализуемое мероприятие (например, только оперативное или только инженерно-строительное), так и неальтернативных, т. е. совместно реализуемые мероприятия (например, оперативные совместно с инженерно-строительными или инженерно-строительные с организационно-техническими), тем самым формируя эффективное множество по предлагаемому показателю эффективности. При этом определяется этот уровень в соответствии с условием максимизации уровня устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла.

В рамках данной процедуры возникает необходимость в формировании показателя оценки:

$$\beta = \frac{V}{\Delta N}, \quad (1)$$

где β , V — удельные и общие затраты ресурсов на реализацию одного из мероприятий по повышению устойчивости;

ΔN — прирост производственной мощности (пропускной, перерабатывающей и погрузочно-выгрузочной способности) железнодорожного узла.

Однако применение показателя (1) для оценки эффективности мероприятий по повышению устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла затруднено из-за значительного количества видов ресурсов.

С учетом этого предлагается в качестве показателя для оценки эффективности использовать величину удельных затрат времени на восстановление железнодорожного узла (открытия сквозного движения):

$$\beta = \frac{T_y}{\Delta N} \text{ или } \tau = \frac{\Delta N}{T_y}, \quad (2)$$

где ΔN — увеличение количества поездов, пропускаемых железнодорожным узлом в единицу времени после реализации одного из мероприятий по повышению его производственной мощности (пропускной, перерабатывающей и погрузочно-выгрузочной способности по элементам);

T_y — условный перерыв в движении поездов.

Выводы

Таким образом, в статье предлагаются мероприятия по повышению устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла, заключающиеся в принципиальном переходе от

Организационно-технические мероприятия системы обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла	
По сокращению времени на переработку грузо-, вагоно- и пассажиропотоков	По перераспределению сортировочной работы в узле
Совмещение операций и согласование технологии работы станций узла с воинским графиком движения поездов на подходах и внутри узла	Вынос обработки транзитных поездов и обслуживания перевозимых войск на предузловые станции, а погрузку и выгрузку на станции участков, примыкающих к узлу
Сокращение стационных интервалов на станциях	Открытие ранее построенных и законсервированных обходов железнодорожных узлов, устройств локомотивного хозяйства, автоматики и связи и других технических средств
Ликвидация враждебности маршрутов	Изменение специализации станций (станционных путей) и технологического процесса их работы
Максимальная параллельность выполнения всех операций в железнодорожном узле	Изменения и корректировка плана формирования поездов с целью перераспределения сортировочной работы в узле
Предварительное определение очерёдности и порядка пропуска поездов в обход разрушенного узла с учётом состояния поездного положения на подходах к нему	Использование подьездных путей для формирования поездов или подформирования групп вагонов
Изменение технологических маршрутов следования поездов в узле	По расщеплению парка вагонов и локомотивов на станциях узла на уровне, не превышающем их возможности по расщеплению
	Временное прекращение приёма поездов отдельных категорий на станции
	Усиление темпа отправления сформированных поездов со станций
	Организацию вывода отдельных поездов и групп вагонов на промежуточные станции, перегоны, подьездные пути и соединительные ветви
	Расщепленное выполнение технологических операций на станциях с воинскими эшелонами и транспортами

Рис. 5. Организационно-технические мероприятия системы обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла

максимизации уровня устойчивости (зачастую его абсолютизации) к определению достаточности этого уровня для предлагаемых условий при реализации рассматриваемых мероприятий. Данное обстоятельство позволяет снизить затраты ресурсов (на 10–40 %), выделяемых в рамках указанных ранее направлений и методов обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожного узла.

Библиографический список

1. Аристов В. В. Станции и узлы для военных целей / В. В. Аристов, В. Н. Белов, С. В. Земблинов и др.; под ред. проф. С. В. Земблинова. — Л.: ВАТТ, 1956. — 330 с.
2. Шацев Н. З. Основы теории живучести транспорта: учебное пособие / Н. З. Шацев, В. П. Довбня. — Л.: ВАТТ, 1985. — 73 с.
3. Фомин А. А. Влияние перерывов в движении поездов на характер эксплуатационной работы железнодорожных направлений перевозки войск / Д. А. Павленко, В. П. Махонько, А. А. Фомин // *Специальная техника и технологии транспорта*. — 2019. — № 3(41). — С. 46–49.
4. Кацер Н. Н. Порядок оказания услуг по организации перевозок / Н. Н. Кацер, Г. И. Паламарчук, Д. В. Серебряков // *Сборник научных статей ВИ (ЖДВ и ВОСО)*. — Петергоф, 2020. — № 5(43). — С. 125–131.
5. Гроте Г. В. Эксплуатация железных дорог в военное время: учебник / Г. В. Гроте, М. Е. Дидковский, К. М. Козаков и др.; под ред. проф. Г. В. Гроте. — Л.: ВАТТ, 1966. — 434 с.

6. Довбня В. П. Основы теории устойчивости функционирования транспорта: учебное пособие. 2-е изд. / В. П. Довбня, Д. В. Кочнев, А. А. Фомин. — СПб.: ВАТТ, 2009. — 168 с.

7. Кацер Н. Н. Оценка эффективности транспортных услуг при выполнении перевозок / Н. Н. Кацер, Г. И. Паламарчук, В. Н. Кузьменкова // *Специальная техника и технологии транспорта: сборник научных статей*. — Петергоф: ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2021. — № 10. — С. 147–152.

8. Шацев Н. З. Основы теории устойчивости функционирования транспорта: учебное пособие / Н. З. Шацев, В. П. Довбня. — СПб.: ВАТТ, 1997. — 147 с.

9. Фомин А. А. К вопросу обеспечения устойчивости процессов функционирования железнодорожных узлов в условиях военного времени / А. А. Фомин, Д. В. Кочнев, В. М. Кочнев, С. В. Ярошенко // *Сборник статей и тезисов докладов постоянно действующего межвузовского научно-практического семинара*. — СПб.: ВИТУ. — 2009. — Вып. 12. — С. 147–148.

10. Паламарчук Г. И. Сервисное обслуживание грузовых вагонов на основе контракта жизненного цикла / Г. И. Паламарчук, В. Н. Кузьменкова, Н. Н. Кацер // *Сборник научных статей*. — Петергоф: ВИ (ЖДВ и ВОСО), 2021. — № 9. — С. 97–103.

Дата поступления: 27.06.2022

Решение о публикации: 26.08.2022

Контактная информация:

ПАЛАМАРЧУК Геннадий Иванович — канд. техн. наук, доц.; palamarchuk.67@mail.ru
ФОМИН Алексей Анатольевич — канд. техн. наук, доц.; aleksfsp@yandex.ru

Methods and Measures for Railway Junction Functioning Stability

G. I. Palamarchuk¹, A. A. Fomin²

¹Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky av., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

²Military Institute (Railway troops and military communications) of the of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A. V. Khrulyov, 1, Suvorovskaya av., Petrodvorec town, Saint Petersburg, 198504, Russian Federation

For citation: Palamarchuk G. I., Fomin A. A. Methods and Measures for Railway Junction Functioning Stability // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2022, vol. 19, iss. 3, pp. 528–536. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2022-3-528-536

Summary

Purpose: Determination of methods and measures (operative, engineering-construction and organizational-technical) on railway junction functioning stability. **Methods:** General theory of systems. **Results:** Measure complex has been developed allowing to provide for railway junction functioning stability depending on transport situation conditions. **Practical significance:** Measure choice on the rise of the stability of function processes for railway junction as a major element of railways at railway transportation organization.

Keywords: Railway junction, system, stability, function process, methods, measures for stability provision system.

References

1. Aristov V. V., Belov V. N., Zemblinov S. V. *Stantsii i uzly dlya voennykh tseley* [Stations and nodes for military purposes]. L.: VATT Publ., 1956. 330 p. (In Russian)
2. Shatsev N. Z. *Osnovy teorii zhivuchesti transporta* [Fundamentals of the theory of transport survivability]. VATT Publ., 1985. 73 p. (In Russian)
3. Fomin A. A. Vliyaniye pereryvov v dvizhenii poezdov na kharakter ekspluatatsionnoy raboty zheleznodorozhnykh napravleniy perevozki voysk [Influence of breaks in the movement of trains on the nature of the operational work of the railway lines of transportation of troops]. *Spetsial'naya tekhnika i tekhnologii transporta* [Special vehicles and transport technologies]. 2019, I. 3 (41), pp. 46–49. (In Russian)
4. Katser N. N., Palamarchuk G. I., Serebryakov D. V. *Poryadok okazaniya uslug po organizatsii perevozok* [The procedure for the provision of services for the organization of transportation]. Petergof, 2020, I. 5(43), pp. 125–131. (In Russian)
5. Grote G. V., Didkovskiy M. E., Kozakov K. M. *Ekspluatatsiya zheleznykh dorog v voennoe vremya* [Operation of railways in wartime]. VATT Publ., 1966. 434 p. (In Russian)
6. Dovbnya V. P. *Osnovy teorii ustoychivosti funktsionirovaniya transporta* [Fundamentals of the theory of sustainable functioning of transport]. St. Petersburg: VATT Publ., 2009. 168 p. (In Russian)
7. Katser N. N., Palamarchuk G. I., Kuz'menkova V. N. Otsenka effektivnosti transportnykh uslug pri vypolnenii perevozok [Evaluation of the effectiveness of transport services in the performance of transportation]. *Spetsial'naya tekhnika i tekhnologii transporta* [Special equipment and technologies of transport]. Petergof, 2021, pp. 147–152. (In Russian)
8. Shatsev N. Z. *Osnovy teorii ustoychivosti funktsionirovaniya transporta* [Fundamentals of the theory of sustainable functioning of transport]. St. Petersburg: VATT Publ., 1997. 147 p. (In Russian)
9. Fomin A. A. K voprosu obespecheniya ustoychivosti protsessov funktsionirovaniya zheleznodorozhnykh uzlov v usloviyakh voennogo vremeni [On the issue of ensuring the stability of the processes of functioning of railway junctions in wartime conditions]. *Sbornik statey i tezisov dokladov postoyanno deystvuyushchego mezhvuzovskogo nauchno-prakticheskogo seminara* [Collection of articles and abstracts of reports of the permanent interuniversity scientific and practical seminar]. St. Petersburg: VITU Publ. 2009, I. 12, pp. 147–148. (In Russian)
10. Palamarchuk G. I., Kuzmenkova V. N., Katser N. N. Servisnoe obsluzhivanie gruzovikh vagonov na osnove kontrakta zhiznennogo tsikla [Service maintenance of freight cars on the basis of a life cycle contract]. *Sbornik nauchnikh statey* [Collection of scientific articles]. Petergof, 2021, I. 9, pp. 97–103. (In Russian)

Received: June 27, 2022

Accepted: August 26, 2022

Author's information:

Gennadiy I. PALAMARCHUK — PhD in Engineering, Associate Professor; palamarchuk.67@mail.ru
Alexey A. FOMIN — PhD in Engineering, Associate Professor; aleksfsp@yandex.ru