

Научная статья
УДК 656.21.02

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОПУСКА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ЧЕРЕЗ ГОРЛОВИНУ УЧАСТКОВОЙ СТАНЦИИ МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Куклев Денис Николаевич¹, Куклева Наталья Владимировна²

¹ АО «Мосгипротранс», Санкт-Петербург, boblok@mail.ru

² Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, kukleva.natalya@bk.ru

Аннотация. Повышение пропускной способности железнодорожных станций является важнейшей задачей, стоящей перед железнодорожной отраслью наряду с необходимостью увеличения пропускных способностей перегонов. Обоснование предлагаемых решений, направленных на совершенствование работы, в том числе и железнодорожных станций, может быть выполнено различными инструментами, среди которых выделяется современный метод – метод имитационного моделирования. Выполнено краткое описание реализации моделирования процесса пропуска транспортных потоков – поездов и поездных локомотивов через центральную горловину участковой станции. Цель моделирования – определение загрузки различных элементов – приемоотправочных путей, стрелочной горловины, тупикового пути для перемены направления движения поездных локомотивов, выходной горловины приемоотправочного парка при различных размерах грузового и пассажирского движения. Получены частные результаты моделирования при определенных параметрах, размерах движения и принятых допущениях. Реализация модели осуществлена на языке GPSS в среде имитационного моделирования GPSS World (учебная версия).

Ключевые слова: участковая станция, горловина станции, смена локомотивов, моделирование, имитационная модель, язык моделирования GPSS

Original article

RESEARCH OF THE PROCESS OF PASSING TRAFFIC FLOW THROUGH THE NECK OF A DISTRICT STATION USING THE METHOD OF SIMULATION MODELING

Kuklev Denis N.¹, Kukleva Natalya V.²

¹ JSC Mosgiprotrans, Saint Petersburg, boblok@mail.ru

² Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, kukleva.natalya@bk.ru

Abstract. Increasing the throughput capacity of railway stations is the most important task facing the railway industry, along with the need to increase the capacity of hauls. Justification of the proposed solutions aimed at improving the work, including that of railway stations, can be done using various tools, among which the modern method stands out – the method of simulation modeling. The article provides a brief description of the implementation of modeling the process of passing traffic flows – trains and train locomotives – through the central neck of the precinct station. The purpose of the simulation is to determine the load of various elements – receiving and departure tracks, a turnout neck, a dead-end track for changing the direction of movement of train locomotives, the exit neck of the receiving and dispatching fleet for various sizes of freight and passenger traffic. Partial modeling results were obtained for certain parameters, motion sizes and accepted assumptions. The model is implemented in the GPSS language in the GPSS World simulation environment (training version).

Keywords: precinct station, yard neck, locomotive changing, modeling, simulating model, GPSS modeling language

Введение

Вопросы повышения пропускной способности железнодорожной инфраструктуры по-прежнему актуальны [1, 2], особенно в свете задач, возникающих перед железнодорожной отраслью в целом на всех уровнях. В теоретическом плане могут представлять интерес даже объекты, по которым, казалось бы, по истечении многих лет не должно быть вопросов. К таким, по мнению авторов, можно отнести центральную горловину участковой

станции продольного или полупродольного типов и вопрос ее развития за счет сооружения обхода, что связано с тем, что нормативные документы МПС России, содержащие в себе рекомендации по развитию в том числе и данной инфраструктуры, были отменены [3], а в научной литературе (в открытых источниках) подобных рекомендаций авторам найти не удалось, несмотря на то, что схемы участковых станции в принципе исследовались.

Ретроспективный анализ технической, в том числе, нормативной литературы по вопросу сооружения обхода на участковой станции [4] показал, что обход рекомендуется сооружать при достижении определенного порога числа поездов, идущих со сменой локомотива. При этом очевидно, что данного условия недостаточно, поскольку оно не учитывает как конструктивные особенности горловины, так и эксплуатационные факторы [5], заключающиеся, например, в наличии неравномерности пассажирского и грузового движения, что должно быть, несомненно, учтено [6].

В связи с этим авторы считают целесообразным с помощью метода имитационного моделирования, активно используемого при обосновании каких-либо мероприятий на различных станциях, исследовать процесс пропуска транспортных потоков через горловину участковой станции по двум вариантам – при отсутствии и наличии обхода. В данной статье рассматривается имитационная модель, разрабатываемая на языке GPSS, который успешно может использоваться для систем массового обслуживания [7], для схемы (рис. 1) для базового варианта (без обхода) при отсутствии в горловине параллельных маршрутов [8].

Формализация процесса пропуска поездных локомотивов и поездов через горловину участковой станции для данного варианта была рассмотрена ранее [9], но в данной статье авторы решили дать Q-схему, более детализированную по операциям (рис. 2).

При разработке модели были сделаны следующие допущения:

- в цепочке «приемоотправочный парк – локомотивный тупик – локомотивное депо – локомотивный тупик – приемоотправочный парк» элемент «локомотивное депо» не рассматривался [10] как таковой, продолжительность нахождения в нем транзакта-поездной локомотив определялась таким образом, чтобы соответствовать моменту, когда должен быть подан локомотив, т.е. к окончанию выполнения технологических операций на приемоотправочных путях;
- не учитывалось влияние четного потока поездных локомотивов на проследование в локомотивном депо нечетных поездных локомотивов;
- набор и продолжительность выполнения технологических операций на приемоотправочных путях принимались для усредненных условий аналогичной станции;
- не устанавливались ограничения по работе бригад, выполняющих техническое обслуживание и коммерческий осмотр составов поездов с расчетом, что их будет достаточно, и они не станут «узким» местом.

Фрагмент алгоритма имитационной модели следования поездов и поездных локомотивов в системе «приемо-отправочный парк – локомотивное депо» приведен на рис. 3.

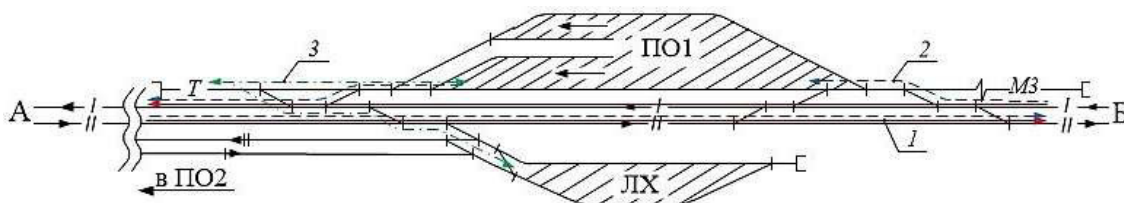


Рис. 1. Принципиальная схема горловины участковой станции при отсутствии параллельных передвижений:
1 – маршруты следования пассажирских поездов; 2 – маршруты следования грузовых поездов;
3 – маршруты следования поездных локомотивов

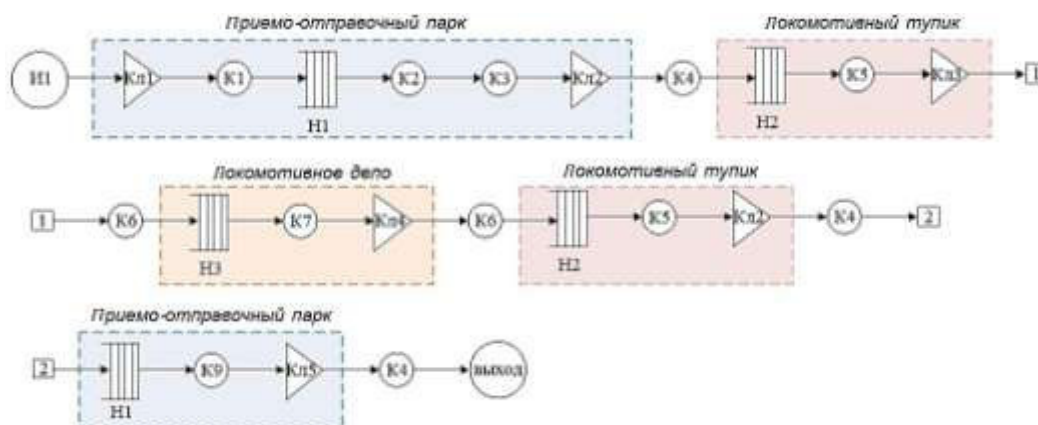


Рис. 2. Q-схема следования транзакта через железнодорожную станцию (приемо-отправочный парк – локомотивное депо): И1 – источник генерации входящего потока; К1–К7 – каналы обслуживания; Кл1–Кл4 – проверка выполнения условий; Н1–Н3 – накопители

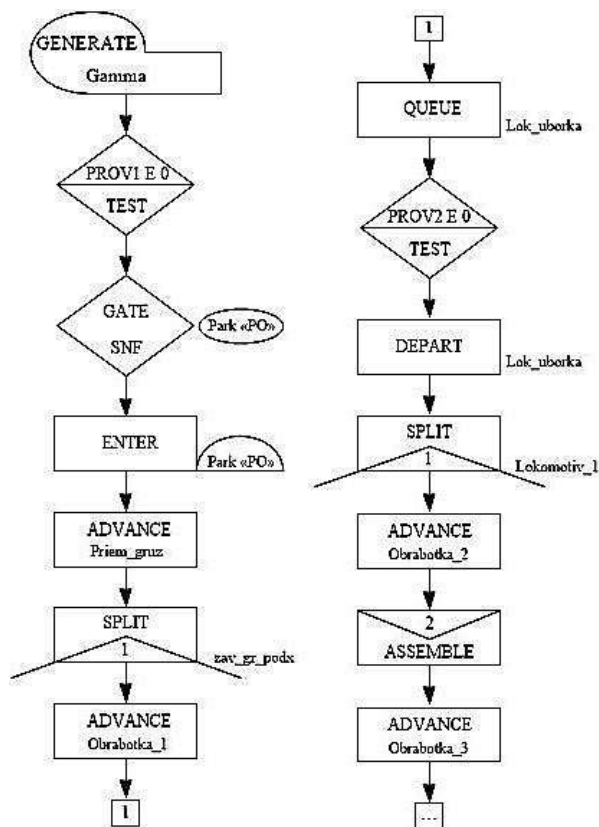


Рис. 3. Фрагмент блок-диаграммы имитационной модели

После генерации входящего потока транзактов-грузовых поездов¹ (блоком GENERATE, с использованием гамма-распределения), выполняется проверка возможности приема поездов по непересечению с поездом более высокой категории, соблюдение интервала между прибывающими поездами (условие свободности определенных элементов выполняется блоком TEST). После проверки свободности приемоотправочных путей (многоканальное устройство Park «PO» блоком GATE) выполняется занятие (устройство Park «PO» блоком ENTER) поездом пути парка (блок ADVANCE). Далее создается копия транзакта (SPLIT) для реализации алгоритма попутного поступления поездов. С транзактом-поездом выполняются первичные технологические операции на приемоотправочных путях, включая отцепку поездного локомотива (продолжительность обработки, реализуется блоком ADVANCE). Перед проверкой возможности проследования через горловину – свободности горловины, локомотивного тупика и т.д. (TEST), транзакт-локомотив входит в очередь для снятия статистики по задержке (блок QUEUE). После выхода из очереди (DEPART) создается копия

транзакта-поездной локомотив (SPLIT), который следует через горловину в локомотивный тупик. Транзакт-оригинал остается в многоканальном устройстве (Park «PO») для технологической обработки (ADVANCE) и ожидания транзакта-поездного локомотива (ASSEMBLE) в целях имитации его прицепки, после чего происходит технологическая обработка поезда (ADVANCE).

Результаты моделирования при росте числа грузовых поездов, принимаемых в нечетный приемоотправочный парк, начиная от 24 поездов, и пяти парях пассажирских поездов приведены на рис. 4–7.

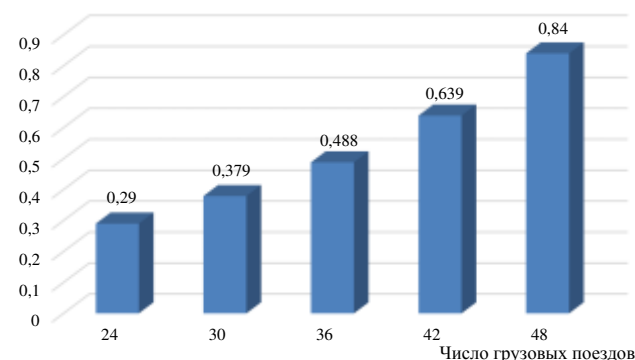


Рис. 4. Загрузка приемоотправочных путей нечетного парка

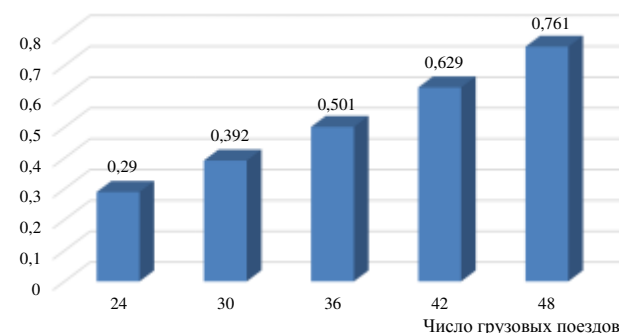


Рис. 5. Загрузка локомотивного тупика

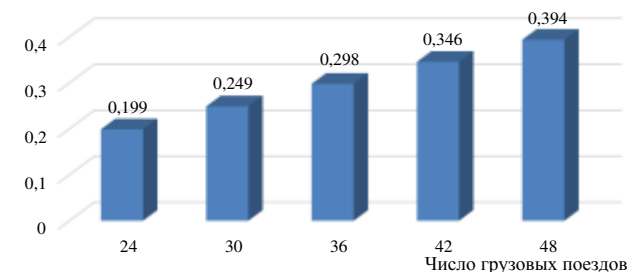


Рис. 6. Загрузка центральной горловины станции

¹ Под транзактом понимается любой движущийся в модели элемент, имитирующий как продвижение транспортных потоков (поезда, локомотивы), так и элемент, необходимый для выполнения определенных действий в процессе реализации алгоритма моделирования.

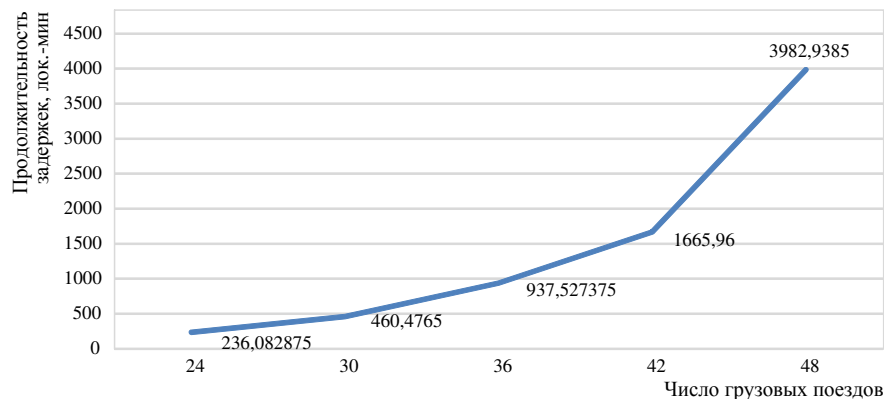


Рис. 7. Продолжительность задержек поездных локомотивов

Выводы

Анализируя полученные при заданных условиях и параметрах результаты моделирования, можно сделать следующие выводы:

- максимальное количество нечетных грузовых поездов, которое удалось пропустить через приемоотправочный парк, составило 48 %;
- приемоотправочные пути загружены до 84 %;
- локомотивный тупик имеет загрузку до 76 %;
- центральная горловина загружена до 39 %;
- задержки поездных локомотивов составили от 10 до 83 мин.

Таким образом, самым загруженным элементом в рассматриваемой системе являются приемоотправочные пути, но при этом очевидно, что их высокая загрузка является, в том числе, следствием задержек поездных локомотивов на элементе «локомотивный тупик» в ожидании освобождения горловины. В этой связи вариант с сооружением обходного пути, позволяющим разгрузить горловину от отправляющихся нечетных грузовых поездов, а значит, уменьшить продолжительность нахождения поездных локомотивов в локомотивном тупике, является единственно возможным. Для определения границ эффективности данного варианта целесообразно использовать метод имитационного моделирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Организация тяжеловесного движения на восточном участке Байкало-Амурской магистрали / Т.Н. Каликина, Ю.А. Давыдов, А.К. Пляскин [и др.] // Инновационный транспорт. 2016. № 2 (20). С. 72–74.
2. Четчуев М.В., Костенко В.В., Хомич Д.И. Санкт-Петербургский железнодорожный узел: перспективы развития // Транспорт Российской Федерации. 2020. № 1(86). С. 11–13.
3. Четчуев М.В. Об отмене устаревших нормативных актов // Железнодорожный транспорт. 2020. № 12. С. 52–53.
4. Хабаров М.Д., Куклев Д.Н. Об обосновании строительства местного обхода на станции // Научно-техническое экономическое сотрудничество стран АТР в XXI в. 2021. Т. 1. С. 112–115.
5. Куклев Д.Н., Трофимов А.Ю. О факторах, определяющих целесообразность строительства местных обходов на участковых станциях / Д.Н. Куклев, // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2017. № 1(10). С. 14–16.
6. Куклев Д.Н. Обоснование целесообразности сооружения обходов железнодорожных узлов : автореф. дисс. ...

канд. техн. наук, 05.22.08 / Куклев Денис Николаевич. Санкт-Петербург, 2007. 24 с.

7. Медведева Н.В. Переустройство промежуточных раздельных пунктов для повышения скорости движения пассажирских поездов до 200 км/ч : дисс. ... канд. техн. наук, 05.22.08 / Медведева Наталья Владимировна. Санкт-Петербург, 2008. 188 с.
8. Куклев Д.Н., Куклева Н.В. О вариантах схемы горловины участковой станции при наличии обхода // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2020. № 2 (23). С. 15–17.
9. Куклев Д.Н., Куклева Н.В. Формализация процесса пропуска поездных локомотивов на участковой станции // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2019. № 2(19). С. 26–28.
10. Куклев Д.Н. Общие принципы имитационного моделирования пропуска локомотивов через локомотивное депо // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. 2017. № 2(11). С. 15–17.

REFERENCES

1. Organizatsiya tyazhelovesnogo dvizheniya na vostochnom uchastke Bajkalo-Amurskoj magistrali [Organization of heavy weight traffic at the eastern section of the Baikal-Amur mainline] / T.N. Kalikina, Yu.A. Davydov, A.K. Plyaskin [et al.] // Innovatsionnyj transport. 2016. № 2(20). S. 72–74.
2. Chetchuev M.V., Kostenko V.V., Homich D.I. Sankt-Peterburgskij zheleznodorozhnyj uzol: perspektivy razvitiya [Saint-Petersburg railroad junction: perspectives for development] // Transport Rossijskoj Federatsii. 2020. № 1(86). S. 11–13.

3. Chetchuev, M.V. Ob otmene ustarevshih normativnyh aktov [On cancelling outdated normative acts] // Zheleznodorozhnyj transport. 2020. № 12. S. 52–53.
4. Habarov M.D., Kuklev D.N. Ob obosnovanii stroitel'stva mestnogo obhoda na stantsii [On justification of construction of local rounds at section stations] // Nauchno-tehnicheskoe i ekonomicheskoe sotrudnichestvo stran ATR v XXI v. 2021. Vol. 1. S. 112–115.

5. Kuklev D.N., Trofimov A.Yu. O faktorakh, opredelyayushchikh tselesoobraznost' stroitel'stva mestnykh obhodov na uchastkovykh stantsiyah [On factors, determining expedience of the construction of local rounds at section stations] // Transport Aziatsko-Tikhookeanskogo regiona. 2017. № 1(10). S. 14–16.
6. Kuklev D.N. Obosnovanie tselesoobraznosti sooruzheniya obhodov zheleznodorozhnykh uzlov [Justification of expedience of construction of the railroad junctions' rounds] : avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk, 05.22.08 / Kuklev Denis Nikolaevich. Sankt-Peterburg, 2007. 24 s.
7. Medvedeva N.V. Pereustrojstvo promezhutochnykh razdel'nykh punktov dlya povysheniya skorosti dvizheniya passazhirskikh poezdov do 200 km/ch [Restructuring intermediate separation points to increase passenger trains' speed up to 200 km per hour] : diss. ... kand. tekhn. nauk, 05.22.08 / Medvedeva Natal'ya Vladimirovna. – Sankt-Peterburg, 2008. 188 s.
8. Kuklev D.N., Kukleva N.V. O variantakh skhemy gorloviny uchastkovoy stantsii pri nalichii obkhoda [On variants of the scheme of a section station's neck if a round is available] // Transport Aziatsko-Tikhookeanskogo regiona. 2020. № 2 (23). S. 15–17.
9. Kuklev D.N., Kukleva N.V. Formalizatsiya processa propuska poezdnykh lokomotivov na uchastkovoy stantsii [Formalization of the process of train locomotives' passage at a section station] // Transport Aziatsko-Tikhookeanskogo regiona. 2019. № 2(19). S. 26–28.
10. Kuklev D.N. Obshchie printsipy imitatsionnogo modelirovaniya propuska lokomotivov cherez lokomotivnoe depo [General principles of imitation modelling of locomotives' passage through a locomotive depot] // Transport Aziatsko-Tikhookeanskogo regiona. 2017. № 2(11). S. 15–17.

Информация об авторах

Д.Н. Куклев – кандидат технических наук, доцент, ведущий инженер отдела станций и узлов;

Н.В. Куклева – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Железнодорожные станции и узлы».

Information about the authors

D.N. Kuklev – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Lead Engineer of the Department of Stations and Nodes;

N.V. Kukleva – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Railway Stations and Nodes.

Статья поступила в редакцию 23.07.2024; одобрена после рецензирования 17.10.2024; принята к публикации 17.10.2024.

The article was submitted: 23.07.2024; approved after reviewing: 17.10.2024; accepted for publication: 17.10.2024.