

Рубрика 2. НАУЧНЫЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Направление – Наземные транспортно-логистические средства и комплексы

УДК [UDC] 656.21

DOI 10.17816/transsyst20239257-65

© А.В. Сугоровский¹, А.В. Сугоровский²

¹АО «Институт экономики и развития транспорта»

(Москва, Россия)

²Петербургский государственный университет путей сообщения

Императора Александра I

(Санкт-Петербург, Россия)

ТИПОВОЙ ИМИТАЦИОННЫЙ ПАССАЖИРСКИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ, УЗЛОВ И СТАНЦИЙ

Цель: создание типового имитационного модуля пассажирской станции во взаимодействии с пассажирской технической универсальными приемами.

Методы: для достижения поставленной цели использованы методы имитационного моделирования и математической статистики.

Результаты: в типовом имитационном модуле пассажирской станции во взаимодействии с пассажирской технической реализовано: прибытие и отправления поездов, перестановка составов на перронные пути с путей пассажирской технической станции по расписанию; передвижения по горловине поездных и маневровых локомотивов; вариантность технологии, выбор приоритетной секции прибытия, в зависимости от ее свободности и с учетом занимаемых в горловине каналов, выполнением операции; диспетчерское регулирование, а именно заблаговременная подача на перронные пути с путей пассажирской технической станции в момент свободности горловины; расчет минимального количества маневровых локомотивов.

Заключение: создание типового имитационного пассажирского модуля позволит в полном соответствии с технологией и реализацией диспетчерского регулирования моделировать работу пассажирских и пассажирских технических станций, а также работу с пассажирскими поездами на любых других станциях сети железных дорог.

Ключевые слова: имитационное моделирование, пассажирская станция, горловина, пассажирская техническая станция, система ИМЕТРА.

RUBRIC 2. SCIENTIFIC AND PRACTICAL DEVELOPMENTS

Field – Ground transport and logistics facilities and complexes

© A.V. Sugorovsky¹, A.V. Sugorovsky²

¹JSC Institute of economy and development of transport

(Moscow, Russia)

² Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

(St. Petersburg, Russia)

A TYPICAL SIMULATION PASSENGER MODULE FOR A COMPREHENSIVE STUDY OF RAILWAY DIRECTIONS, JUNCTIONS AND STATIONS

Aim: to create a typical simulation module of a passenger station in interaction with a passenger technical universal techniques.

Methods: methods of simulation modeling and mathematical statistics were used to achieve this goal.

Results: as a result of processing empirical data using the Statistics application package, the sample mean, standard deviation and coefficient of variation were obtained. In the course of various experiments with the model of the functioning of the transport system, the necessary volumes of work for the development of promising volumes of work were determined: track development and the number of shunting locomotives.

Conclusion: in a typical simulation module of a passenger station, in cooperation with a passenger technical station, the following was implemented: arrival and departure of trains, rearrangement of trains on the apron tracks from the tracks of a passenger technical station according to the schedule; movement along the neck of train and shunting locomotives; the variability of technology, the choice of the priority arrival section, depending on its freedom and taking into account the channels occupied in the neck, the execution of the operation; dispatcher regulation, namely, advance delivery to the apron tracks from the tracks of the passenger technical station at the time of the neck's freedom; calculation of the minimum number of shunting locomotives. Conclusion: the creation of a typical simulation passenger module will allow, in full accordance with the technology and implementation of dispatching regulation, to simulate the operation of passenger and passenger technical stations, as well as work with passenger trains at any other stations of the railway network.

Key words: simulation modeling, passenger station, neck, passenger technical station, IMATRA system

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года в рамках научного обеспечения формирования единого транспортного пространства России на базе рационального развития транспортной инфраструктуры предусмотрено «*проведение имитационной экспертизы инвестиционных проектов развития транспортной инфраструктуры (в особенности, проектов развития крупных транспортных узлов);..... комплексное исследование на моделях функционирования проектируемых транспортных объектов с выдачей их реальной пропускной способности, «узких мест» и показателей работы, а также разработка предложений по корректировке проектов на основании имитационной экспертизы*» [1]. Эти задачи решаются с помощью программного обеспечения «Имитационное моделирование работы железнодорожных направлений и узлов (ИМ ЖНУ)», система ИМЕТРА [2–6].

В Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года обозначена цель: «Повышение мобильности населения и развитие внутреннего Туризма» и приведены перспективные размеры перевозок пассажиров различными видами транспорта [7]. На Рис. 1 приведена диаграмма железнодорожных перевозок пассажиров в дальнем следовании с динамикой по годам.

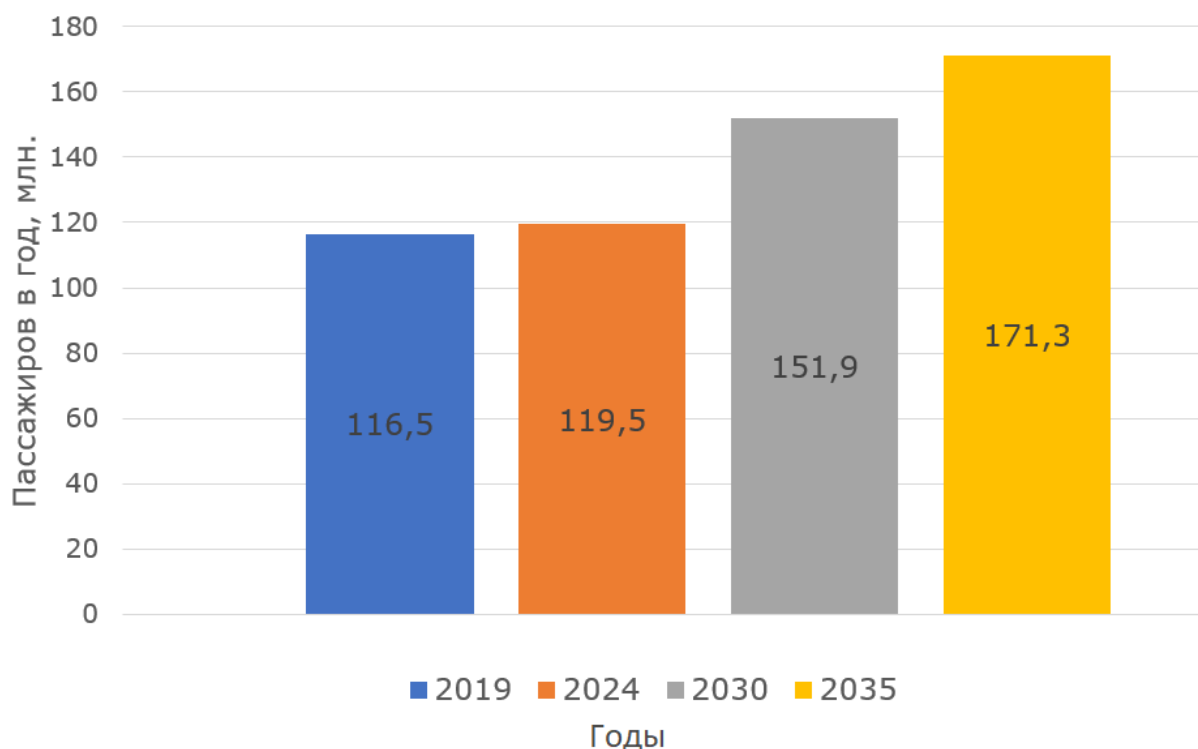


Рис. 1. Железнодорожные перевозки пассажиров в дальнем следовании с динамикой по годам

Из Рис. 1 видно, что с 2024 по 2035 год прогнозируется увеличение числа перевезенных пассажиров более чем на 50 миллионов человек в год. В связи с ростом размеров перевозок пассажиров при анализе работы железнодорожных узлов и полигонов возникает задача установления количества поездов, которые получатся дополнительно принять на рассматриваемые пассажирские станции (ПС) в соответствии с графиком движения поездов (ГДП), а при реконструкции – определение необходимого и достаточного технического и технологического обеспечения пассажирской и пассажирской технической станций (ПТС) [8].

На сети железных дорог России в настоящее время по характеру выполняемой работы расположено 54 крупных пассажирских станций, в том числе 11 тупикового типа (по схеме путевого развития).

Поскольку на пассажирских станциях тупикового типа имеет место большая загрузка единственной горловины станции, в которой выполняются все операции по приему, отправлению и маневровым передвижениям поездов различных категорий, большое число враждебных маршрутов, вызванное встречными передвижениями организованных поездов, маневровых составов, поездных и маневровых локомотивов, горловина оказывает существенное влияние на загрузку других устройств станции. Для корректного отображения загрузки горловины и занятия перронных путей необходимо точно и технологически верно прописать все виды передвижений по станции и ее горловине [9]. Эта задача достаточно трудоемкая и сопряжена с риском ошибок, поэтому создание типового модуля работы пассажирской станции тупикового типа во взаимодействии ее с примыкающей к ней пассажирской технической станцией актуальна [10].

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ТИПОВОГО ИМИТАЦИОННОГО ПАССАЖИРСКОГО МОДУЛЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ, УЗЛОВ И СТАНЦИЙ

Для достижения поставленной цели: создание типового имитационного модуля пассажирской станции во взаимодействии с пассажирской-технической универсальными приемами, требуется решить ряд задач:

- обеспечить прибытие и отправления поездов, а также перестановку составов на перронные пути с путей ПТС по расписанию, используя принципы макромоделирования;
- прописать занятие горловины подачей/уборкой поездных и маневровых локомотивов;
- обеспечить определение минимального количества маневровых локомотивов;
- реализовать диспетчерское регулирование: заблаговременная подача на перронные пути с путей ПТС в момент свободы горловины;

Прибытие поездов по расписанию реализуется достаточно просто (как в системе ИМЕТРА, так и в других подобных программах, созданных для имитационного моделирования) [11–14]. На Рис. 2 представлены способы задания времени отправления поездов по расписанию при макромоделировании, а также погрешности, возникающие при их реализации [15].



Рис. 2. Способы задания отправления поездов по расписанию при макро моделировании

По первому способу отправления поездов осуществляется через запуск операции по расписанию, при этом в одной цепочке операций прописывается занятие путей ПС, передача на пути ПТС и занятие путей пассажирской-технической станции, на которой выполняется весь комплекс работ по подготовке составов в очередной рейс. Во второй цепочке операций прописывается передача составов на перронные пути пассажирской станции с путей ПТС. Поскольку операции прописываются двумя цепочками, составы поездов при этом унифицируются. В действительности составы поездов, обращающихся на различных направлениях, имеют свою составность и композицию, поэтому при первом способе возникает погрешность (в среднем 25 %) реальной загрузки путей ПТС.

Во втором способе задания отправления поездов по расписанию все операции с составами прописываются в одной цепочке, что позволяет проследить оборот состава, закрепив соответствие прибывшего и отправленного поездов. При этом принимается среднее время занятия путей ПТС с заданным коэффициентом вариации, что приводит к погрешности (в среднем 20 %) реальной загрузки горловины в сгущенные периоды прибытия/отправления пассажирских поездов.

Поскольку первый и второй способы имеют погрешности, предлагается третий вариант, при котором все операции прописываются в одной цепочке, а передача составов на пассажирскую станцию прописывается через задание специального условия выполнения операции по расписанию.

Многочисленные эксперименты с моделями показали, что для отправления поездов строго по расписанию, а не по готовности в системе ИМЕТРА целесообразно ввести вспомогательную категорию, которая

будет «рождаться» в момент отправления поезда по расписанию. При этом с вспомогательной категорией в парк будет поступать локомотив и уже с ним продолжится выполнение операций по цепочке. Это решение является типовым для любой пассажирской и пассажирской-технической станции, моделируемой в программе.

Реализация диспетчерского регулирования, а именно заблаговременная подача на перронные пути с путей ПТС в момент свободы горловины реализуется аналогичным образом, т.е. через «рождение вспомогательной категории».

Достоверно прописать занятие горловины подачей/уборкой поездных и маневровых локомотивов, а также поездными и маневровыми передвижениями получится через дополнительное отображение секционирования путей станции. При этом также удастся прописать выбор приоритетной секции прибытия для каждой категории поездов.

На Рис. 3 представлено схематическое отображение типового модуля, разработанного в «ИМ ЖНУ» для комплексного исследования железнодорожных направлений, узлов и станций.

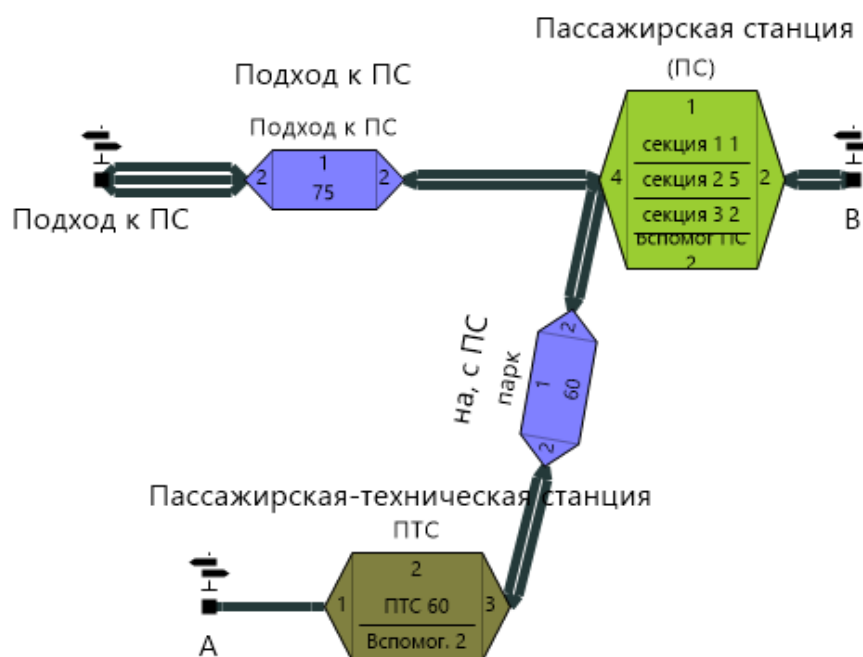


Рис. 3. Схематическое отображение типового модуля пассажирской станции тупикового типа во взаимодействии с пассажирской-технической станцией

На Рис. 3 видно, что типовой имитационной модуль пассажирской станции во взаимодействии с пассажирской технической представлен в виде четырех «бункеров», при этом «бункер» пассажирской станции поделен на три основных секции, что позволяет более детально прописать занятие горловины и одну вспомогательную, обеспечивающую прием вспомогательной категории. Пассажирская техническая станция

представлена двумя «бункерами», позволяющими анализировать ее работу при макромоделировании. Стоит отметить, что при необходимости более детального анализа, пассажирская техническая станция может быть разделена на дополнительные парки («бункеры»).

ВЫВОДЫ

В типовом имитационном модуле пассажирской станции во взаимодействии с пассажирской-технической реализовано:

- прибытие поездов по расписанию;
- занятие горловины подачей/уборкой поездных локомотивов;
- занятие горловины передвижениями маневровых локомотивов;
- вариантность технологии: выбор секции прибытия, в зависимости от ее свободности и с учетом занимаемых в горловине каналов, выполнением операции;
- выбор приоритетной секции прибытия;
- перестановка составов на перронные пути с путей ПТС по расписанию;
- диспетчерское регулирование: заблаговременная подача на перронные пути с путей ПТС в момент свободности горловины;
- определение минимального количества маневровых локомотивов
- отправление поездов с пассажирской станции по расписанию.

Таким образом, создание типового имитационного пассажирского модуля позволяет в полном соответствии с технологией и реализацией диспетчерского регулирования моделировать работу пассажирских и пассажирских технических станций, а также работу с пассажирскими поездами на любых других станциях сети железных дорог, это будет способствовать проведению качественной имитационной экспертизы инвестиционных проектов развития транспортной инфраструктуры, в том числе проектов развития крупных транспортных узлов.

Авторы заявляют что:

1. У них нет конфликта интересов;
2. Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей в качестве объектов исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК / References

1. Распоряжение Правительства РФ от 17 июня 2008 N 877-р «О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года». [Order of the Government of the Russian Federation of 17 June 2009. "On the Strategy for the Development of railway Transport in the Russian Federation until 2030". (In Russ)]. Дата обращения: 25.04.2023. Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/documents/1/1010?ysclid=lgxcf09a2k884722893>

2. Kozlov PA, Kolokolnikov VS, Kopylova EV. About simulation modeling and simulation systems. *Transport of the Urals*. 2019;1(60):3-6. doi: 10.20291/1815-9400-2019-1-3-6
3. Козлов П.А., Тушин Н.А., Пермикин В.Ю., Слободянюк И.Г. Технология макромоделирования транспортных узлов // Транспорт Урала. – 2014. – № 3(42). – С. 3–6. [Kozlov PA, Tushin NA, Permikin VYu, Slobodyanyuk IG. Transport hub macromodelling technology. *Transport of the Urals*. 2014;3(42):3-6. (In Russ.)]. Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22369704> Ссылка активна на: 25.04.2023.
4. Kozlov PA, Vakulenko SP, Kozlova VP. Railway junctions from the standpoint of a systematic approach. *Bulletin of the Rostov State University of Railways*. 2021;3(83):124-130. doi: 10.46973/0201-727X_2021_3_124
5. Kolokolnikov VS, Slobodyanyuk IG. Technology of polygons macromodelling. *Transport of the Urals*. 2019;3(62):48-51. doi: 10.20291/1815-9400-2019-3-48-51
6. Slobodyanyuk IG. Functional approach to modeling of transport systems. *Transport of the Urals*. 2017;2(53):96-101. doi: 10.20291/1815-9400-2017-2-96-101
7. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года №3363-р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». [Order of the Government of the Russian Federation of 27 November 2021. “On the approval of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035” (In Russ.)]. Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/ministry/targets/187/191/documents> Дата обращения: 25.04.2023.
8. Бородин А.Ф., Николаев К.Ю., Петров А.С. Принципы технологии грузового движения в Санкт-Петербургском железнодорожном узле при перспективной организации пассажирских перевозок // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ». – 2020. – № 5. – С. 60–67. [Borodin AF, Nikolaev KY, Petrov AS. Principles of freight trains technology with perspective ridership operation at St. Petersburg railway junction. *Byulleten uchenogo soveta JSC IETD*. 2020;5:60-67. (In Russ.)]. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49301204> Ссылка активна на: 25.04.2023.
9. Покровская О.Д., Аль-Шумари А.С., Кукушкина Я.В., Шманев Т.М. Пассажирский комплекс железных дорог: учеб. пособие. – СПб: ПГУПС, 2023. [Pokrovskaya OD, Al-Shumari AS, Kukushkina YaV, Shmanev TM. *Passazhirskiy kompleks zheleznnykh dorog: schoolbook*. St. Petersburg: PGUPS; 2023. (In Russ.)].
10. Borodin AF, Kravchenko AA, Nikolaev KY, et al. Metody gibridnoy tekhnologii imitatsionnogo modelirovaniya pri vybere variantov rekonstruktivnykh meropriyatiy po razvitiyu zheleznodorozhnykh napravleniy i krupnykh uzlov. Proceedings of the Fourteenth International Conference “Management of Large-scale Systems Development (MLSD'2021)”. 2021:963-971. doi: 10.25728/4783.2021.67.10.001
11. Дмитриев Е.О. Методы обоснования вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ». – 2021. – № 6. – С. 26–38. [Dmitriev EO. Substantiation methods of alternative technological modes of railway network polygons operation. *Byulleten uchenogo soveta JSC IETD*. 2021;6:26-38. (In Russ.)]. Ссылка активна на: 25.04.2023. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46279751>
12. Бородин А.Ф., Панин В.В., Рубцов Д.В., Щепанов С.Л. Развитие и интеграция информационных технологий управления перевозочным процессом при создании Цифровой Генеральной схемы развития сети ОАО «РЖД» в рамках проекта «Цифровая железная дорога» // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ». – 2021. – № 6. – С. 5–14. [Borodin AF, Panin VV, Rubtsov DV, Shchipanov SL. Development

and integration of information technologies for managing transportation process of the digital railway project in creating the digital master scheme for Russian railways network development. *Byulleten uchenogo soveta JSC IETD*. 2021;6:5-14. (In Russ.)). Доступно по: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46279749> Ссылка активна на: 25.04.2023.

13. Свидетельство РФ о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023610127/ 10.01.2023. Бюл. № 1. Покровская О.Д., Марченко М.А. Имитационная модель движения скоростных и пассажирских поездов по железнодорожной линии. [Certificate of state registration of a computer program RUS № 2023610127/ 10.01.2023. Byul. № 1. Pokrovskaya OD, Marchenko MA. Simulation model of the movement of high-speed and passenger trains on a railway line. (In Russ.)]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50132969> Дата обращения: 25.04.2023.
14. Zhuravleva NA. *Simulation modeling of changes in demand for rail transportation. Proceedings of the Twelfth International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry*. INTERAGROMASH 2019. 2019;403:12-23. doi: 10.1088/1755-1315/403/1/012230
15. Petrov AS, Dmitriev EO, Nikolaev KY. Tipovyye moduli imitatsionnogo rascheta krupnykh zheleznodorozhnykh uzlov. *Proceedings of the Twelfth International Conference Managing the Development of Large-scale Systems (MLSD'2019)*. 2019;633-644. doi: 10.25728/mlsd.2019.2.0633

Сведения об авторах:

Сугоровский Артём Васильевич, кандидат технических наук;
eLibrary SPIN:5575-3221; ORCID: 0000-0001-6955-814X;
E-mail: c123945@yandex.ru

Сугоровский Антон Васильевич, кандидат технических наук;
eLibrary SPIN:6572-5865; ORCID: 0000-0001-5930-1789;
E-mail: gthdsq555@yandex.ru

Information about the authors:

Artyom V. Sugorovsky, Candidate of Engineering Science;
eLibrary SPIN:5575-3221; ORCID: 0000-0001-6955-814X;
E-mail: c123945@yandex.ru

Anton V. Sugorovsky, Candidate of Engineering Science;
eLibrary SPIN:6572-5865; ORCID: 0000-0001-5930-1789;
E-mail: gthdsq555@yandex.ru

Цитировать:

Сугоровский А.В., Сугоровский А.В. Типовой имитационный пассажирский модуль для комплексного исследования железнодорожных направлений, узлов и станций // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2023. – Т. 9. – № 2. – С. 57–65. doi: 10.17816/transsyst20239257-65

To cite this article:

Sugorovsky AV, Sugorovsky AV. A typical simulation passenger module for a comprehensive study of railway directions, junctions and stations. *Modern Transportation Systems and Technologies*. 2023;9(2):57-65. doi: 10.17816/transsyst20239257-65