

УДК 625.1:004.94

А. Г. Котенко, И. М. Кокурин, В. Л. Белозеров, В. С. Тимченко**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ
НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Дата поступления: 22.03.2017

Решение о публикации: 24.04.2017

Аннотация

Цель: Совершенствование прогнозной оценки освоения объемов перевозок на реконструируемых железнодорожных линиях. **Методы:** Работа посвящена разработке методики имитационного моделирования, также использовались статистический метод обработки данных, теория вероятностей и метод определения экономической эффективности капитальных вложений. **Результаты:** Предложен способ имитационного моделирования оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии, включающий обоснование границ моделирования реконструируемой линии, оценку задержек от предоставления «окон», учет характеристик движения грузовых поездов и расчет вероятности соответствия моделируемой пропускной способности линии потребной. Создана технология имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии, включающая процедуру оценки задержек поездов на станциях от предоставления «окон» и процедуру проверки обеспечения пропуска заданного количества грузовых поездов. Показано, что на основе обработки результатов имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии при предоставлении «окон», пропуске различных «категорий» грузовых поездов и длительностей занятия путей на станциях можно оценить вероятность соответствия моделируемой пропускной способности линии потребной. **Практическая значимость:** Сформулированные в работе предложения позволят специалистам проектных организаций при расчете пропускной способности железнодорожных линий оценивать величину задержек на станциях от предоставления «окон» при пропуске грузовых поездов различными массой и длиной состава.

Ключевые слова: Железнодорожная линия, реконструкция, «окна», пропускная способность, перерабатывающая способность, имитационное моделирование.

Alexey G. Kotenko, D. Sci., associate professor, head of a chair, algenko@gmail.com (Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University); **Iosyph M. Kokuryin**, D. Sci., professor, kokyrinim@mail.ru (Solomenko institute of transport problems of the Russian Academy of Sciences); **Vladimir L. Belozеров**, D. Sci, professor, v.belozеров@mail.ru (Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University); ***Vyacheslav S. Tymchenko**, scientific associate, tim4enko.via4eslav@mail.ru (Solomenko institute of transport problems of the Russian Academy of Sciences) EVALUATION METHOD OF RECONSTRUCTED RAILWAY LINE TRAIN-HANDLING CAPACITY BASED ON SIMULATION MODELING

Summary

Objective: To improve prediction estimate of traffic volume development on reconstructed railway lines. **Methods:** The study is dedicated to the development of simulation modeling method, statistical data processing method, as well as probability theory and method for determination of capital investments' economic efficiency were also applied in the research. **Results:** A simulation modeling method of train-handling capacity estimation on a reconstructed railway line, including the validation of a reconstructed

railway line modeling limits, the assessment of track possession approval, account of freight traffic characteristics and matching probability calculation of a modeled and required train-handling capacity of a railway line. A simulation modeling method of train handling on a reconstructed railway line was developed, including the procedure of assessment of train delays at stations and track possession approval, as well as checking procedure of track possession approval for the given number of freight trains. It was shown that, on the basis of simulation modeling of train handling on a reconstructed railway line data processing with track possession approval, different “categories” of freight trains handling and the duration of tracks’ occupation, matching probability of a modeled and required train handling capacity of a railway line may be assessed. **Practical importance:** The suggestions stated in the study will allow design engineers of organizations to assess the delay level at the stations from track possession approval when handling freight trains of different lengths and bulk, in the process of calculation of train handling capacity of railway lines.

Keywords: Railway line, reconstruction, possession, train-handling capacity, terminal capacity, simulation modeling.

Введение

Ключевая проблема, возникающая при определении пропускной способности реконструируемой линии, – оценка соответствия характеристик железнодорожной инфраструктуры требуемым условиям организации движения. В общем случае задача связана с выбором экономически целесообразных вариантов графика предоставления «окон» на участках и мероприятий по пропуску поездов, где условиями являются как уменьшение стоимости выполнения ремонтных работ, так и снижение задержек поездов на станциях.

На практике обоснование пропускной способности линии в условиях ремонта железнодорожных участков осуществляется проектными организациями приближенно по минимальной перевозочной мощности, исходя из паспортных данных отдельно для пропускной способности участков и перерабатывающей способности технических станций. Влияние «окон» на размеры движения принимается во внимание на этапе разработки вариантных графиков движения поездов. Это не позволяет учитывать взаимное влияние неравномерности загрузки железнодорожных участков и технических станций.

Решение проблемы на базе использования средств имитационного моделирования [1–8] затрудняется отсутствием аппарата для расче-

та величины задержек на станциях в условиях взаимного влияния «окон» при проведении ремонтных работ, а также особенностей пропуска грузовых поездов с различными массой и длиной состава.

Кроме того, современные средства имитации работы линии в условиях ремонта отдельных участков нуждаются в развитии способов анализа влияния на пропускную способность длительности занятия приемо-отправочных путей станций назначения, что особенно характерно при железнодорожном обслуживании морских портов [9–11].

Основные положения методики имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии

В общем виде наличная пропускная способность $N'_л$ реконструируемой линии $Л' = \{Y_i, C_i^{tex}\}$, состоящая из участков, перегонов, перегонов, находящихся в условиях предоставления «окон», а также промежуточных станций $Y_i = \{П_i, П'_i, C_i\}$, может быть описана в терминах: число предназначенных для пропуска по линии поездов $n_п$; число «категорий» [12] поездов n_k по участкам Y_i в зависимости от массы и длины состава; максимальная скорость движения поездов по ли-

нии v , ограниченная задержками на станциях $C_i^{\text{тех}}$, в том числе от предоставления «окон» на перегонах Π_i' ; показатель несинхронности следования поездов относительно графика движения.

Пропускную способность N'_l реконструируемой линии можно определять с помощью имитационного моделирования. Однако отсутствие технологии имитационного моделирования пропуска различных «категорий» грузовых поездов по линии в условиях задержек на станциях от предоставления «окон» не позволяет применять существующие методы имитационного моделирования, что и определяет проблему исследования.

Рассмотрим основные положения предлагаемой технологии имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии.

Первое положение касается обоснования границ моделирования, которые устанавливаются в соответствии с результатами анализа потерь поездочных часов $z_{\text{п/ч}}$ при движении заданного числа поездов n_k по линии [13] до начала ремонтных работ по схеме: станция назначения – станция, являющаяся «узким местом» пропуска, плюс ближайшая техническая станция, предшествующая ей.

Критерий «узкого места» пропуска без учета «окон» имеет вид

$$(t_{\text{ст}}^{\text{max}}, t_{\text{ст}}^{\text{сум}}, \Delta v_{\text{п}}) \rightarrow \text{max},$$

где $t_{\text{ст}}^{\text{сум}}$ – суммарные длительности стоянок на станциях, ч; $t_{\text{ст}}^{\text{max}}$ – максимальные длительности стоянок на станциях, ч; $\Delta v_{\text{п}}$ – снижения скоростей на подходах к станциям, км/ч.

Второе положение учитывает увеличение длительности стоянки поездов при предоставлении «окон». Показано, что средняя длительность стоянок поездов на технических станциях $t'_{\text{ст}}$ в условиях работы реальной линии при предоставлении «окон» увеличивается более чем на 60% (рис. 1):

$$t'_{\text{ст}} = t_{\text{ст}}^{\text{б.ок}} + t_{\text{ст}}^{\text{ок}},$$

здесь $t_{\text{ст}}^{\text{б.ок}}$ – длительность стоянок поездов на технической станции $C_i^{\text{тех}}$ при отсутствии «окон» на железнодорожной линии; $t_{\text{ст}}^{\text{ок}}$ – задержка поездов на технической станции $C_i^{\text{тех}}$ от предоставления «окон» на железнодорожной линии.

Средняя длительность стоянок поездов на технических станциях ($t'_{\text{ст}}$) зависит от вариан-

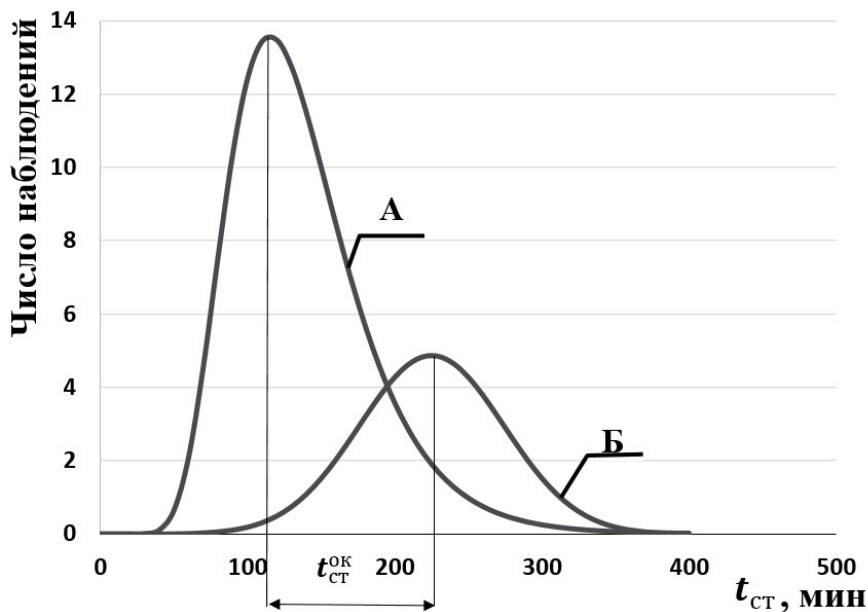


Рис. 1. Изменение длительностей стоянок ($t_{\text{ст}}$) поездов на станции при предоставлении «окон» (Б) и при их отсутствии (А)

та графика предоставления «окон» (8-, 10-, 12- и 24-часовых) и общих потерь поездо-часов на линии $z_{п/ч} = f(l_y)$, где l_y – длина ремонтируемого участка (в км). Экономически целесообразный вариант графика предоставления «окон» определяется критерием минимальных затрат C_3

$$C_3 = f\left(z_{\frac{п}{ч}}, N'_л, N'_м\right) \rightarrow \min. \quad (1)$$

В (1) $N'_л$ – наличная пропускная способность реконструируемой линии, $N'_м$ – максимальный поездопоток, который может быть отклонен на параллельную железнодорожную линию.

Третье положение касается нахождения характеристик «категорий» поездов. «Категории» поездов n_k моделируются перегонными временами хода t_p , в зависимости от массы поезда, определяемого видом перевозимого груза, родом и типом вагонов для перевозки груза.

Четвертое положение касается возможности освоения прогнозируемых объемов перевозок по реконструируемой линии, с учетом «узких мест», варианта графика предоставления «окон» и пропуска нескольких «категорий» грузовых поездов, на основании оценки вероятности P' соответствия в течение суток моделируемой пропускной способности $N'_л$ – потребной $N''_л$ [14]:

$$P'(P' \geq 3\sigma) = 1 - \Phi\left(\frac{N''_л - N'_л}{\sigma}\right), \quad (2)$$

где $N''_л$ – потребная пропускная способность рассматриваемого направления движения (четное/нечетное) железнодорожной линии; $N'_л$ – пропускная способность направления движения реконструируемой линии, полученная с помощью моделирования; σ – отклонение величины суточных колебаний моделируемой пропускной способности от потребной пропускной способности; Φ – функция соответствия между моделируемой и потребной пропускной способностью.

Технология имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии

Технология имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии основана на процедуре оценки задержек поездов на станциях при возможности отклонения поездопотока на параллельные железнодорожные линии хода, в условиях взаимного влияния «окон» при проведении ремонтных работ и процедуре проверки обеспечения пропуска заданного количества грузовых поездов с различными перегонными временами хода в течение суток, что позволяет учесть неравномерность движения при оценке вероятности соответствия моделируемой и потребной пропускной способности линии.

Установлено [15], что количество восьми-часовых «окон» для модернизации железнодорожного пути, сокращаемых за счет совмещения работ, увеличивается с длиной ремонтируемого участка. Например, на участке длиной 3 км составляет 2 «окна», а на участке длиной 12 км – 23, что необходимо учитывать при автоматизации расчетов экономически целесообразной продолжительности «окон». Результаты анализа потерь поездо-часов ($z_{п/ч}$) в зависимости от варианта графика предоставления «окон» приведены на рис. 2.

Методика имитационного моделирования позволяет учесть мероприятия по форсированию пропускной и провозной способности на период предоставления «окон», к которым относятся: применение устройств, позволяющих обеспечить движение поездов по сигналам АЛСН по неправильному пути; организация двустороннего пакетного пропуска поездов в период проведения «окна» по открытому пути для поездов обоих направлений и организация обращения соединенных поездов.

Процедура обработки поездов в имитационной модели дает возможность промоделировать пропуск заданного количества грузовых поездов с разными перегонными временами хода в течение суток. При оценке пропускной способности порядок пропуска

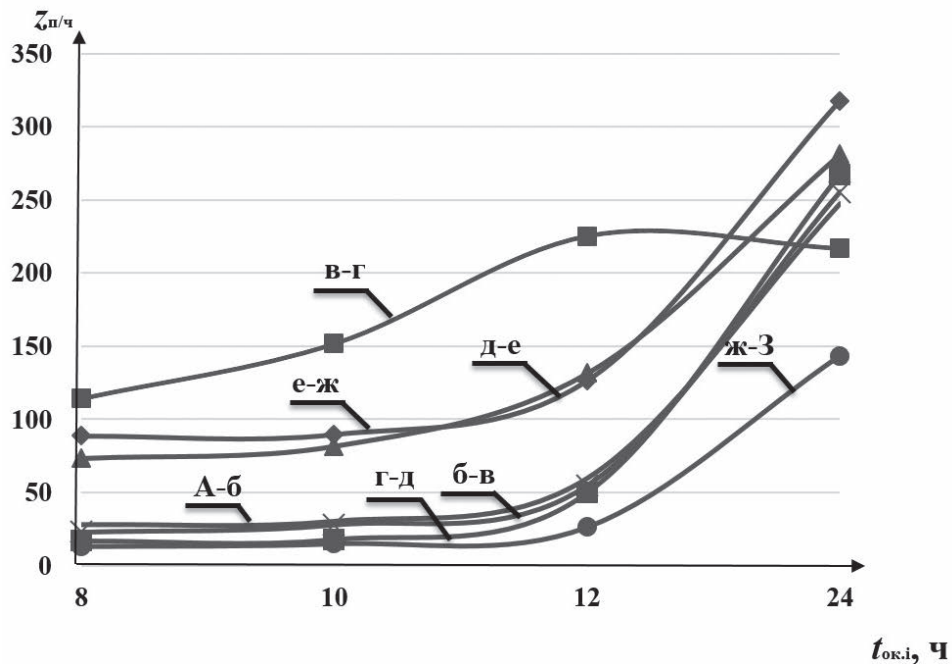


Рис. 2. Результаты анализа потерь поездо-часов ($z_{п/ч}$) в зависимости от варианта графика предоставления «окон», где А-б, б-в, в-г, г-д, д-е, е-ж, ж-з – перегоны ремонтируемого участка, на которых предоставляются «окна»

грузовых поездов принимается равным долям поездов с различными перегонными временами хода от общего количества поездов и первоначально пропускать поезда из «категории» ($\alpha_{рг1j}$), обладающей максимальным приоритетом (рис. 3, слева). При достижении равенства количества поездов в «категориях» поезда случайным образом выбираются из обеих «категорий» (рис. 3, справа).

Вероятность соответствия моделируемой пропускной способности линии потребной [16] для рассматриваемого направления дви-

жения в условиях суточных колебаний пропускной способности реконструируемой линии определяется выражением (2).

Был проведен расчет пропускной способности реальной двухпутной электрифицированной железнодорожной линии, обслуживающей морской порт, длиной 174,7 км, с длинами перегонов от 1,6 до 14,6 км, с 18 промежуточными станциями и 1 технической станцией, оборудованной трехзначной автоблокировкой, на которой производится смена локомотивных бригад, оборудованной трехзначной автобло-

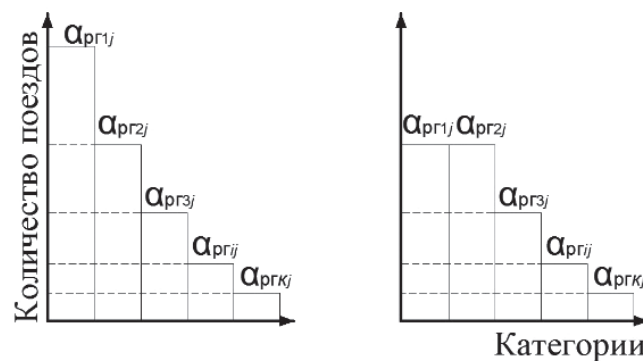


Рис. 3. Алгоритм обработки поездов в имитационной модели в соответствии с «категориями» $\alpha_{ргij}$

кировкой, при разном количестве грузовых поездов с различными перегонными временами хода, при отсутствии «окон», стоянок на технических станциях и электрической тяги.

Анализ результатов имитационного моделирования показал разницу пропускной способности линии варианта пропуска поездов с равной массой аналогично полученного расчетом по аналитическим формулам, например 4300 т и варианта с соотношением поездов с массами 8096, 4300 и 969 т при электрической тяге 24 поездов в четном направлении и 26 поездов в нечетном, что повышает точность определения пропускной способности линии с помощью методики имитационного моделирования по сравнению с аналитическим методом, за счет увеличения количества учитываемых параметров.

Моделируемая пропускная способность линии оценивалась при различных длительностях занятия приемо-отправочных путей предпортовой станции (рис. 4), с учетом задержек поездов на станциях от предоставления «окон» и пропуска разных «категорий» грузовых поездов. Определена максимальная длительность их занятия, при которой обе-

спечивается превышение моделируемой пропускной способностью потребной.

При оценке вероятности освоения прогнозируемых объемов перевозок заданной номенклатуры грузов при различных длительностях занятия приемо-отправочных путей районных парков предпортовой железнодорожной станции (таблица) для определения критической длительности занятия путей установлено, что в рассматриваемом случае максимальная длительность занятия приемо-отправочных путей станции назначения в условиях перерывов в движении составляет 2 ч, а при их отсутствии – 4 ч.

Заключение

В работе получены следующие результаты:

1) разработан способ имитационного моделирования оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии, включающий обоснование границ моделирования реконструируемой линии, оценку задержек от предоставления «окон», учет характеристик движения грузовых поездов и расчет

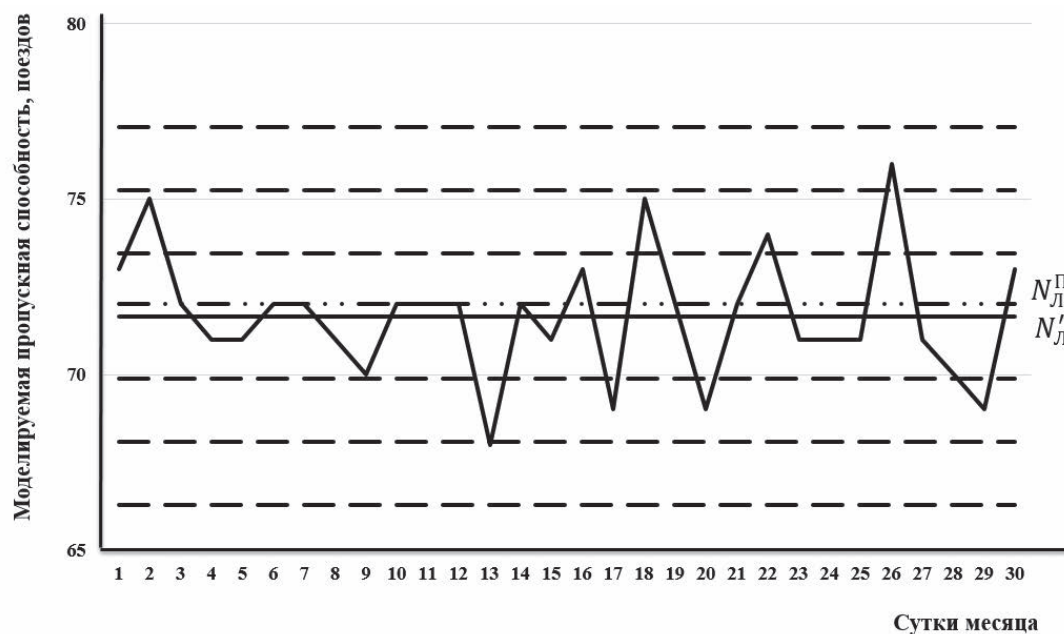


Рис. 4. Результаты расчета отклонений моделируемой пропускной способности от потребной при предоставлении «окон»

Результаты оценки возможности освоения прогнозируемых объемов перевозок заданной номенклатуры грузов с равной вероятностью

№ п/п	Вариант	Длительность занятия путей, ч	$N_{\text{нм}}$	$N_{\text{п}}$	σ	$P(N_{\text{п}} < N_{\text{нм}})$
1	С перерывами в движении	2	78,93	72	1,93	1
2		4	71,66	72	1,8	0,43
3		6	66,19	72	1,37	0
4		8	57,58	72	1,09	0
5		10	52,06	72	1,16	0
6	Без перерывов в движении	2	85,28	72	2,24	1
7		4	78,46	72	0,78	1
8		6	69,89	72	0,69	0
9		8	57,99	72	0,07	0
10		10	54,01	72	0,4	0

вероятности соответствия моделируемой пропускной способности линии потребной;

2) предложена технология имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии, содержащая процедуру оценки задержек поездов на станциях от предоставления «окон» и процедуру проверки обеспечения пропуска заданного количества грузовых поездов;

3) показано, что на основе обработки результатов имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии при предоставлении «окон», пропуске различных «категорий» грузовых поездов и длительностей занятия путей на станциях существует возможность оценить вероятность соответствия моделируемой и потребной пропускной способности линии.

Библиографический список

1. Козлов П. А. Имитационная экспертиза – необходимая процедура в составе транспортного проекта / П. А. Козлов, А. Э. Алесандров // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 3. – С. 52–53.

2. Шапкин И. Н. Имитационное моделирование материальных и транспортных потоков / И. Н. Шапкин, Ю. В. Пересветов, А. И. Самохвалов // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 12. – С. 65–67.

3. Тимухина Е. Н. Функциональная надежность – теоретические основы и принципы расчета / Е. Н. Тимухина, Н. В. Кашеева // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2012. – № 2. – С. 98–108.

4. Козлов П. А. Имитационная экспертиза проектов развития инфраструктуры / П. А. Козлов, Н. А. Тушин // Мир транспорта. – 2011. – № 2. – С. 22–25.

5. Осокин О. В. Автоматизированное построение имитационных моделей / О. В. Осокин, В. С. Колокольников, Н. В. Кашеева // Транспорт : наука, техника, управление. – 2014. – № 5. – С. 50–53.

6. Романова П. Б. Формирование поездов различной массы и длины / П. Б. Романова, С. А. Цыганов // Вестник транспорта Поволжья. – 2016. – № 6. – С. 71–76.

7. Тимухина Е. Н. Учет станционных и межпоездных интервалов при построении графика движения в имитационной системе ИСТРА / Е. Н. Тимухина, А. В. Шипулин // Транспорт : наука, техника, управление. – 2012. – № 5. – С. 37–41.

8. Журавлева Н. А. Бизнес-моделирование работы участковой станции при пропуске транзитных поездов / Н. А. Журавлева, В. Г. Карчик, А. Г. Котенко // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 4. – С. 29–32.

9. Кузнецов А. Л. Генезис агентного имитационного моделирования в ходе развития методов

технологического проектирования портов и терминалов / А. Л. Кузнецов // Эксплуатация морского транспорта. – 2009. – № 4. – С. 3–7.

10. Китиков А. Н. Расчет морского фронта методами имитационного моделирования / А. Н. Китиков, А. Л. Кузнецов, И. А. Русинов // Эксплуатация морского транспорта. – 2013. – № 2 (72). – С. 3–6.

11. Муравьев Д. С. Особенности построения имитационной модели технологии работы морского порта в системе Anylogic / Д. С. Муравьев, А. Н. Рахмангулов // Проблемы и перспективы развития Евроазиатских транспортных систем. – 2013. – № 1. – С. 207–209.

12. Котенко А. Г. Оценка достаточности перерабатывающей способности распределительного склада тарно-штучных грузов, при обслуживании семи категорий транспортных средств / А. Г. Котенко, К. Е. Ковалев, В. С. Тимченко // Интеллектуальные системы на транспорте. – 2015. – № 5. – С. 135–144.

13. Кокурин И. М. Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность железнодорожных направлений / И. М. Кокурин, В. С. Тимченко // Изв. Петерб. гос. ун-та путей сообщения. – 2013. – Вып. 1. – С. 15–22.

14. Таранцев А. А. Инженерные методы теории массового обслуживания / А. А. Таранцев. – СПб. : Наука, 2007. – 175 с.

15. Тимченко В. С. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте : монография / В. С. Тимченко, К. Е. Ковалев, Д. И. Хомич. – Саарбрюккен, Германия : LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 172 с.

16. Кокурин И. М. Метод оценки вероятности обеспечения потребной пропускной способности железнодорожной линии, используемой для перевозок грузов морского порта, с учетом предоставления «окон» / И. М. Кокурин, В. С. Тимченко // Транспорт Урала. – 2016. – № 2. – С. 81–86.

References

1. Kozlov P.A. & Alesandrov A. E. Imytatsionnaya ekspertiza – neobkhodimaya protsedura v sostave transportnogo proyekta [Simulation examination – an essential procedure within the scope of a transport

project]. *Railway transport*, 2010, no. 3, pp. 52–53. (In Russian)

2. Shapkyn I. N., Peresvetov Y. V. & Samokhvalov A. I. Imitatsionnoye modelirovaniye materialnykh i transportnykh potokov [Simulation modeling of material and transport flows]. *Railway transport*, 2011, no. 12, pp. 65–67. (In Russian)

3. Timukhina Y. N. & Kasheyeva N. V. Funktsionalnaya nadezhnost – teoreticheskiye osnovy i printsipy rascheta [Functional reliability – theory and calculating principles]. *Modern issues of transport system of the Russian Federation*, 2012, no. 2, pp. 98–108. (In Russian)

4. Kozlov P. A. & Tushyn N. A. Imitatsionnaya ekspertiza proyektov razvitiya infrastruktury [Simulation examination of infrastructure development projects]. *The world of transport*, 2011, no. 2, pp. 22–25. (In Russian)

5. Osokyn O. V., Kolokolnykov V. S. & Kasheyeva N. V. Avtomatizirovannoye postroyeniye imitatsionnykh modeley [Automatized construction of simulation models]. – *Transport: science, technology, management*, 2014, no. 5, pp. 50–53. (In Russian)

6. Romanova P. B. & Tsyganov S. A. Formirovaniye poyezdov razlychnoy massy i dlyny [Formation of trains of different bulk and length]. *The Volga region transport bulletin*, 2016, no. 6, pp. 71–76. (In Russian)

7. Timukhina Y. N. & Shypulin A. V. Uchet stantsionnykh i mezhpoyezdnykh intervalov pry postroyenii grafika dvizheniya v imitatsionnoy sisteme ISTRA [Terminal and train intervals when organizing a displacement time diagram in ISTRA (transport simulation system)]. *Transport: science, technology, management*, 2012, no. 5, pp. 37–41. (In Russian)

8. Zhuravleva N. A., Karchyk V. G. & Kotenko A. G. Biznes-modelirovaniye raboty uchastkovoy stantsii pry propuske tranzytnykh poyezdov [Business modeling of district station functioning when handling through trains]. *Railway transport*, 2013, no. 4, pp. 29–32. (In Russian)

9. Kuznetsov A. L. Genezis agentnogo imitatsionnogo modelirovaniya v khode razvitiya metodov tekhnologicheskogo proyektirovaniya portov i terminalov [Agent simulation modeling genesis in the process of production engineering methods of ports and terminals development]. *Sea transport maintenance*, 2009, no. 4, pp. 3–7. (In Russian)

10. Kitykov A. N., Kuznetsov A. L. & Rusinov I. A. Raschet morskogo fronta metodamy imitatsionnogo modelirovaniya [Sea front analysis by means of simulation modeling]. *Sea transport maintenance*, 2013, no. 2 (72), pp. 3–6. (In Russian)
11. Muravyev D. S. & Rakhmangulov A. N. Osobennosty postroyeniya imitatsionnoy modeli tekhnologii raboty morskogo porta v sisteme Anylogic [Constructing specificities of sea port work technique simulation model in Anylogic system]. *Problems and development prospects of Euro-Asian transport systems*, 2013, no. 1, pp. 207–209. (In Russian)
12. Kotenko A. G., Kovalev K. Y. & Timchenko V. S. Otsenka dostatochnosti pererabatyvayushey sposobnosti raspredelyelnogo sklada tarno-shtuchnykh gruzov, pry obsluzhivanii semy kategoriy transportnykh sredstv [Estimated capacity sufficiency assessment of a package cargo distribution warehouse when maintaining seven categories of transport]. *Transport intelligence systems*, 2015, no. 5, pp. 135–144. (In Russian)
13. Kokurn I. M. & Timchenko V. S. Metody opredeleniya “uzkykh mest”, ogranichivayushikh prpusknuyu sposobnost zheleznodorozhnykh napravleniy [Methods of traffic bottlenecks’ identification, limiting train-handling capacity of railway directions]. *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2013, issue 1 (34), pp. 15–22. (In Russian)
14. Tarantsev A. A. *Inzhenerniye metody teorii massovogo obsluzhivaniya [Engineering methods of queuing theory]*. Saint Petersburg, Nauka Publ., 2007, 175 p. (In Russian)
15. Timchenko V. S., Kovalev K. Y. & Khomych D. I. *Imitatsionnoye modelirovaniye na zheleznodorozhnom transporte [Simulation modeling on railway transport]*. Saarbrücken, Germany, LAP. LAMBERT Academic Publ., 2017, 172 p. (In Russian)
16. Kokurn I. M. & Timchenko V. S. Metod otsenky veroyatnosti obespecheniya potrebnoy propusknoy sposobnosti zheleznodorozhnoy lynii, ispolzuyemoy dlya perevozok gruzov morskogo porta, s uchetom predostavleniya “okon” [The method of estimated probability of the required train-handling capacity provision of a railway line, used for seaport cargo transportation, in case of possession approval]. *The Ural Transport*, 2016, no. 2, pp. 81–86. (In Russian)

КОТЕНКО Алексей Геннадьевич – доктор техн. наук, доцент, заведующий кафедрой, algenko@gmail.com (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I); КОКУРИН Иосиф Михайлович – доктор техн. наук, профессор, kokurnim@mail.ru (Институт проблем транспорта имени Н. С. Соломенко РАН); БЕЛОЗЕРОВ Владимир Леонидович – доктор экон. наук, профессор, v.belozerov@mail.ru (Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I); *ТИМЧЕНКО Вячеслав Сергеевич – научный сотрудник, tim4enko.via4eslav@mail.ru (Институт проблем транспорта имени Н. С. Соломенко РАН).