На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Создание рациональной структуры УДС, снижение количества конфликтных точек решает проблему транспортного обеспечения населения города

2. Одна из наиболее важных задач ОДД – обеспечение пропускной способности улиц без конфликтов потоков транспортных средств с пешеходным потоком.

3. С развитием движения транспортных средств появляется проблема по охране окружающей среды.

4. Полученные результаты исследований, будут использованы при обустройстве данных перекрестков подземными пешеходными переходами.

Список использованных источников

1.Лукьянов В.В. Проблемы дорожного движения. – М.: Знание, 1992. – 108 с.
2.Руслевский П.В. Организация и регулирование уличного движения с применением средств автоматического управления. – М.: Высшая школа, 1995. – 230 с.
3.Мерсон Т. Организация движения. – М.: Транспорт, 1990. – 335 с.

УДК 625.1:004.94

О МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОТРЕБНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ МОРСКОГО ПОРТА, С УЧЕТОМ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ «ОКОН»

Тимченко Вячеслав Сергеевич
tim4enko.via4eslav@mail.ru
Научный сотрудник лаборатории проблем организации транспортных систем Института проблем транспорта им. Н. С. Соломенко Российской академии наук (ИПТ РАН), Член национального общества имитационного моделирования (НОИМ),
Санкт-Петербург, Россия

Необходимость освоения существующих, а тем более прогнозируемых объемов экспортных перевозок требует реконструкции инфраструктуры железных дорог России [1]. Для решения этой задачи может быть использован метод имитационного моделирования, доказавший свою высокую эффективность при проектировании и исследовании сложных транспортных систем [2]. Например, имитационная система ИСТРА [3–5], разработанная и развиваемая в научной школе П. А. Козлова, позволяет оценивать пропускную способность технических станций, железнодорожных участков, узлов и направлений. Однако параметры систем железнодорожной автоматики и телемеханики, а также потребности и оптимальная продолжительность «окон» не рассматриваются.

Поэтому для количественной оценки пропускной и провозной способности железнодорожных участков при различных вариантах реконструкции инфраструктуры, технических и организационных мероприятиях предлагается использовать разработанный в ИПТ РАН программный комплекс имитационного моделирования процессов перевозок [6–12].

Модуль планирования ремонтных работ (МПРР) имитационной модели на основе потребной пропускной способности, пропущенного тоннажа и последнего вида ремонта пути на начало периода планирования перевозок определяет места, протяженность и длительность «окон», а также величину ограничения скорости поездов, обусловленную выполнением реконструктивных и ремонтных работ в соответствии с инструкцией [13].

Эта информация передается в модуль имитационного моделирования процессов перевозок (ИМПП), который для заданного числа суток рассчитывает параметры графиков моделируемого движения поездов и определяет наличную пропускную и провозную

способность.

В начале процесса моделирования пассажирские, пригородные и задаваемые пользователем грузовые поезда пропускаются по расписанию, а между ними имитируется пропуск остальных грузовых поездов.

Модель предусматривает возможность имитации пропуска заданного или максимального количества грузовых поездов всех категорий за сутки.

В режиме пропуска заданного количества грузовых поездов они отправляются с начальных станций расчетного участка через случайные интервалы времени, формируемые по заданному закону распределения вероятностей или по расписанию.

В режиме пропуска максимального количества грузовых поездов время их появления на входе системы первоначально не задается, а приоритет принимается равным их долям от общего количества. Поезд пропускается по железнодорожной линии в ближайший момент времени и реализует очередь типа FIFO («первый вошел — первый вышел»).

Станции обгонов и скрещений выбираются с учетом рассчитываемого перегонного времени хода и станционных интервалов, нормативной или статистической длительности выполнения станционных технологических операций, минимизации стоянок и непревышения их заданной длительности.

В результате количество грузовых поездов, которое удается пропустить за сутки при обоих режимах, становится случайной величиной, поскольку зависит от очередности пропуска поездов с различными ходовыми свойствами.

Информация о количестве поездов, которые были пропущены по участку, передается в модуль МПРР, где сравнивается с их планируемым количеством. Если планируемое количество поездов пропустить не удалось, то грузонапряженность на конец года пересчитывается, план предоставления «окон» корректируется и передается в модуль ИМПП.

При отсутствии возможности пропустить требуемое количество грузовых поездов по ремонтируемому участку проверяется вероятность отклонения части поездопотока на параллельные железнодорожные линии. При этом рассчитываются перепробеги и задержки поездов, которые используются для определения оптимальной продолжительности «окон» по минимальным суммарным затратам на задержки и ремонтные работы.

Для испытания метода выбрана обслуживающая морской порт двухпутная железнодорожная линия Октябрьской дороги, имеющая длину 174,7 км и оборудованная трехзначной автоблокировкой. Предпортовая железнодорожная станция включает 7 районных парков и одностороннюю сортировочную систему с транзитным парком.

Результаты моделирования показывают, что различия плана и профиля линии, а также параметров поездов обусловливают необходимость отдельной оценки наличной пропускной способности четного и нечетного направлений (рис. 1).

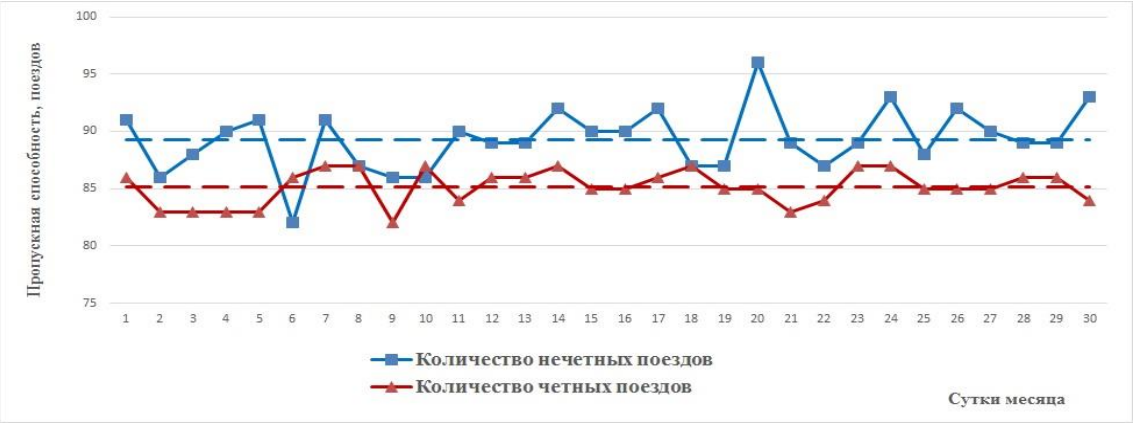

Рисунок 1 – Зависимости наличной пропускной способности железнодорожной линии от очередности пропуска грузовых поездов и ее средние значения за месяц

При анализе результатов имитационного моделирования с помощью программы Statistica 10 установлено, что величина наличной пропускной способности подчиняется нормальному закону распределения, поэтому вероятность ее обеспечения, которая превышает потребную, необходимую для перевозки всех прогнозируемых объемов заданной номенклатуры грузов, определяется выражением [14]

$$P(N_{\text{П}} < N_{\text{НМ}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{N_{\text{П}}}^{+\infty} \exp\left(-\frac{(x - N_{\text{НМ}})^2}{2\sigma^2}\right) dx = 1 - \Phi\left(\frac{N_{\text{П}} - N_{\text{НМ}}}{\sigma}\right),$$

где $N_{\text{П}}$ — потребная пропускная способность моделируемого направления движения по железнодорожному участку;

$N_{\text{НМ}}$ — оценка математического ожидания наличной пропускной способности моделируемого направления движения по железнодорожному участку;

σ — среднее квадратическое отклонение величины наличной пропускной способности;

Ф — табличная функция нормального распределения.

Особенность технологии работы предпортовой станции заключается в том, что длительность занятия каждого приемо-отправочного пути — это случайная величина, зависящая от даты и времени подхода морских судов, степени заполнения складов, непроизводительных простоев и других факторов, приводящих к значительному превышению нормативной длительности занятия путей. Поэтому ее максимальное значение, при котором обеспечивается провозная способность железнодорожной линии, обслуживающей морской порт, предлагается определять методом имитационного моделирования процессов перевозок.

Соответствие наличной и потребной пропускной способности при количестве приемо-отправочных путей (рис. 2) в районных парках (РП) предпортовой железнодорожной станции (РП № 1 — с 3 до 5, РП № 2 — с 9 до 12, РП № 3 — с 8 до 11, РП № 4 — с 7 до 10, РП № 5 — с 2 до 3, РП № 6 — с 4 до 6, РП № 7 — с 4 до 6) определяется в условиях пропуска 10 пар пассажирских поездов, предоставления 40 «окон» продолжительностью 8 ч каждое на ограничивающем перегоне длиной 14,6 км в период возможности выполнения работ и длительности занятия приемо-отправочных путей, равной 2, 4, 6, 8 и 10 ч.

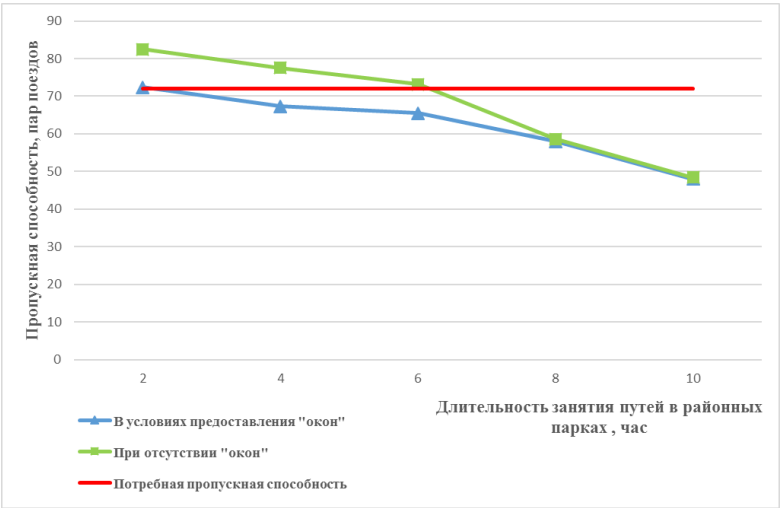

Рисунок 2 – Зависимость наличной пропускной способности железнодорожной линии в четном направлении от длительности занятия приемо-отправочных путей в районных

Как показывает анализ, при минимальном количестве приемо-отправочных путей наличная пропускная способность в данных условиях составляет 68 пар грузовых поездов

при отсутствии «окон» и 65 пар — при их предоставлении, что меньше потребной пропускной способности, равной 72 парам грузовых поездов.

Результаты имитационного моделирования показывают, что в четном направлении наличная пропускная способность рассматриваемой железнодорожной линии превышает потребную, равную 72 парам грузовых поездов, с вероятностями, представленными в табл. 1.

Таблица 1

Оценка вероятностей освоения прогнозируемых объемов перевозок заданной номенклатуры грузов в четном направлении

№ п/п	Вариант	Длительность занятия путей, ч	$N_{НМ}$	$N_{П}$	σ	$P(N_{П} < N_{НМ})$
1	С «окнами»	2	76,53	72	1,51	0,9987
2	То же	4	71,11	72	1,37	0,2580
3	«	6	68,51	72	1,17	0,0014
4	«	8	61,42	72	1,14	0,0000
5	«	10	50,37	72	0,79	0,0000
6	Без «окон»	2	86,74	72	1,58	1,0000
7	То же	4	82,29	72	1,43	1,0000
8	«	6	77,14	72	1,38	0,9999
9	«	8	61,7	72	0,9	0,0000
10	«	10	50,91	72	0,97	0,0000

На рис. 3 показана наличная пропускная способность рассматриваемой железнодорожной линии в зависимости от лительности занятия приемо-отправочных путей районных парков предпортовой железнодорожной станции в условиях предоставления «окон».

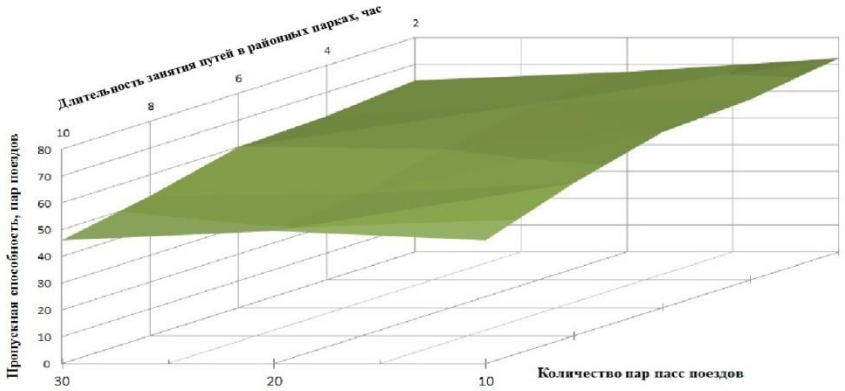

Рисунок 3 – Зависимость пропускной способности моделируемой железнодорожной линии в четном направлении от количества пассажирских поездов и длительности занятия приемо-отправочных путей районных парков предпортовой железнодорожной станции в условиях предоставления «окон»

Анализ оценок вероятностей превышения наличной пропускной способности над потребной дает возможность определить для рассматриваемой железнодорожной линии надежность освоения планируемых объемов перевозок.

Таким образом, разработанный и развиваемый в ИПТ РАН программный комплекс имитационного моделирования процессов железнодорожных перевозок позволяет определять:

- потребность и оптимальную продолжительность «окон» ежегодно на заданный

период проведения ремонтных работ (с использованием данных ОАО «РЖД» о пропущенном тоннаже и выполненном ремонте на год начала моделирования процессов перевозок);

- наличную пропускную способность железнодорожного участка (с учетом параметров движения всех категорий поездов, обращающихся на нем, вида тяги, количества, полезной длины и длительности занятия приемо-отправочных путей, координат светофоров и длин защитных участков, используемых систем автоматики и телемеханики, наличия «окон»);
- вероятность освоения прогнозируемых объемов железнодорожных перевозок всей номенклатуры грузов за каждый год периода планирования.

Список использованных источников

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года : утв. распоряжением Правительства Рос. Федерации от 22.11.08 № 1734-р : в ред. распоряжения Правительства Рос. Федерации от 11.06.14 № 1032-р [Электронный ресурс]. URL: http://www.rador.ru /news/strategy2030.pdf (дата обращения: 17.03.2016).
2. Мишкуров П. Н., Рахмангулов А. Н. Типизация промышленных железнодорожных станций // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2012. № 2. С. 143–151. ISSN2222-9396.
3. Козлов П. А., Тимухина Е. Н.,. Пермикин В. Ю, Окулов Н. Е. О пропускной способности станционных горловин // Транспорт Урала. 2014. № 2 (41). С. 47–49. ISSN 1815-9400.
4. Козлов П. А., Козлова В. П. Оптимизация функциональной структуры транспортного узла // Наука и техника транспорта. 2005. № 1. С. 17–31. ISSN 2074-9325.
5. Александров А. Э., Сурин А. В. Имитационные модели и их взаимодействие в автоматизированной сквозной технологии оперативного планирования поездообразования и поездной работы // Транспорт Урала. 2012. № 3 (34). С. 54–57. ISSN 1815-9400.
6. Кокурин И. М., Тимченко В. С. Оценка методом имитационного моделирования возможности освоения прогнозируемых объемов перевозок грузов по железнодорожной линии, обслуживающей морской порт // Вестник транспорта Поволжья. 2014. № 6 (48). С. 39–44. ISSN 1997-0722.
7. Кокурин И. М., Катцын Д. В., Тимченко В. С. Определение параметров «окон» при оценке перевозочных перспектив // Мир транспорта. 2015. № 2. С. 142–155. ISSN 1992-3252.
8. Тимченко В. С. Алгоритмы расчета графиков проведения ремонтных работ железнодорожного пути на перспективу // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. № 3 (22). ISSN 2223-5167 [Электронный ресурс]. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/06TVN314.pdf (дата обращения: 17.03.2016).
9. Тимченко В. С. Алгоритмизация процессов оценки пропускной способности железнодорожных участков в условиях предоставления окон // Транспорт Российской Федерации. 2013. № 5 (48). С. 34–37. ISSN 1994-831X.
10. Тимченко В. С. Расчет пропускной способности двухпутного железнодорожного участка с учетом категорий грузовых поездов методом имитационного моделирования процессов перевозок // Интернет-журнал «Науковедение». 2015. Т. 7. № 5. ISSN 2223-5167. DOI: 10.15862/12TVN515 [Электронный ресурс]. URL: http://naukovedenie.ru/PDF/12TVN515.pdf (дата обращения: 17.03.2016).
11. Тимченко В.С., Ковалев К.Е., Хомич Д.И. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте: монография / Саарбрюккен, Германия: LAP. LAMBERT Academic Publishing, 2017. ISBN 978-3-330-04025-0 – 172 с.
12. Тимченко В.С. Метод оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования. дисс. канд. техн. наук: 05.22.08.– СПб, ПГУПС, 2016. – 207 с.
13. Инструкция по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ / утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 2790р от 29.12.12. М. : МПС РФ, 190 с.
14. Кокурин И.М., Тимченко В.С. Метод оценки вероятности обеспечения потребной пропускной способности железнодорожной линии, используемой для перевозок грузов морского порта, с учетом предоставления «окон» // Транспорт Урала. – 2016. - №2. – С. 81-86.