

на правах рукописи



ТИМЧЕНКО ВЯЧЕСЛАВ СЕРГЕЕВИЧ

**ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ
НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург

2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС) на кафедре «Управление эксплуатационной работой».

Научный руководитель: **Котенко Алексей Геннадьевич**

доктор технических наук, доцент

**Официальные
оппоненты:**

Кузнецов Александр Львович

доктор технических наук, профессор кафедры «Портов и грузовых терминалов» ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова» (ГУМРФ имени адмирала С.О. Макаров), г. Санкт-Петербург.

Романова Полина Борисовна

кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС), г. Самара.

Ведущая организация:

ФГКВО УВО Военная академия материально-технического обеспечения имени А. В. Хрулёва, (ВА МТО) г. Санкт-Петербург.

Защита состоится «12» октября 2017 года в 15 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д218.008.02 на базе ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» по адресу: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 9, ауд. 7-320.

С диссертацией, авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (www.pgups.ru). Автореферат размещён на сайте Минобрнауки России (www.vak.ed.gov.ru).

Автореферат разослан «28» августа 2017 г.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенных печатью, просим отправлять по адресу учёного совета университета.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук



Ефанов Дмитрий Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Ключевой проблемой, возникающей при определении пропускной способности реконструируемой линии, является комплексная оценка соответствия характеристик железнодорожной инфраструктуры требуемым условиям организации движения, учитывающая взаимное влияние неравномерности загрузки участков и технических станций. В общем случае задача связана с выбором экономически целесообразных вариантов графика предоставления «окон» на участках и мероприятий по пропуску поездов, где конфликтующими условиями являются как снижение 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 учитывается на этапе разработки вариантных графиков движения поездов. Это не позволяет учитывать влияние неравномерности загрузки железнодорожных участков и технических станций.

Решение проблемы на базе использования инструментов имитационного моделирования затрудняется отсутствием аппарата для расчета величины задержек на станциях в условиях взаимного влияния «окон» при проведении ремонтных работ, а также учета особенностей пропуска грузовых поездов с различной массой и длиной состава при расчете пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии.

Кроме того, современные инструменты имитационного моделирования работы линии в условиях ремонта составляющих ее

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.

В целях разрешения сложившихся противоречий и развития теории эксплуатации железных дорог в области оценки пропускной способности реконструируемых железнодорожных линий, определена **научная задача**, которая заключается в разработке научно-методического аппарата оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования, направленного на решение задачи обеспечения прогнозируемых размеров движения.

Степень разработанности темы исследования. Расчеты пропускной и провозной способностей железных станций и участков представлены в работах: Е.В. Архангельского, Ю.В. Дьякова, С.А.Плахотича и др. Влиянием «окон» на пропускную способность занимались: В.Г. Альбрехт, А.И. Богачёв, С.А. Быкадоров, М. Вуйтович, Д.В. Железнов, А.Т. Осьминин и др. Разработке имитационных моделей транспортных процессов работы железнодорожных станций, участков и терминалов посвящены труды ученых: А.Э. Александрова, П.А. Козлова, И.М. Кокурина, А.Л. Кузнецова, В.П. Махонько, О.В. Осокина, Ф.С.Пехтерева, А.Н. Рахмангулова, Н.А. Тушина, В.И. Уманского, И.Н.Шапкина и др. Оценкой случайных факторов на изменение условий организации движения занимались: Н.А. Воробьев, А.Д. Каретников, О.П.Кизляк, А.Г. Котенко, Д.Ю. Левин, А.М. Макарович, А.К. Угрюмов и др.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является совершенствование оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии. Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие **основные задачи**:

1. Обосновать особенности имитационного моделирования пропуска поездов при оценке пропускной способности реконструируемой линии;

2. Разработать имитационную модель пропуска поездов по реконструируемой железнодорожной линии, включающую процедуры оценки задержек поездов на станциях от предоставления «окон» и проверки обеспечения пропуска заданного количества грузовых поездов;

3. Разработать методику оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии.

Объектом исследования является процесс организации движения поездов по линии при предоставлении «окон».

Предметом исследования являются методы, модели и методики, направленные на решение задачи оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии.

Научная новизна диссертации состоит в том, что предложен комплексный подход к оценке пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования, учитывающий, в отличие от существующего научно-методического аппарата, взаимное влияние неравномерности загрузки участков и технических станций.

Теоретическая ценность исследования заключается в дальнейшем развитии теории эксплуатации железных дорог в области оценки пропускной способности реконструируемых железнодорожных линий, направленной на обеспечение потребных размеров движения поездов по реконструируемой линии.

Практическая значимость диссертации заключается в том, что предлагаемая методика позволяет специалистам проектных организаций в расчете пропускной способности железнодорожных линий оценивать

величину задержек от предоставления «окон» при пропуске грузовых поездов различной массы и длины состава.

На защиту выносятся:

1. Имитационная модель пропуска поездов по реконструируемой линии, включающая обоснование границ моделирования, оценку задержек от предоставления «окон», учет характеристик движения грузовых поездов и расчет вероятности соответствия моделируемой пропускной способности линии потребной.

2. Методика оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования, включающая оценку вероятности обеспечения превышения моделируемой пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии над потребной, определение максимальной длительности занятия приемо-отправочных путей станции назначения и экономически целесообразного варианта графика предоставления «окон».

Достоверность результатов исследования обеспечивается учетом объективных факторов, определяющих характер эксплуатационной работы на железнодорожных направлениях в условиях реконструкции железнодорожных линий, корректным использованием математического аппарата и соответствием полученных расчетных данных практическим результатам для конкретных условий реконструируемой линии.

Реализация диссертационного исследования. Разработанные методики и алгоритмы в 2012-2015 годах использованы в научно-исследовательских работах ИПТ РАН, выполненных на темы: «Оценка взаимосвязи развития инфраструктуры в условиях дефицита пропускных и провозных способностей железнодорожных линий на примере полигона Кузбасс-Усть-Луга с прогнозом объемов грузовых перевозок, в том числе для обращения грузовых поездов по расписанию», «Определение технических и технологических особенностей задачи организации

транспортных потоков» и «Разработка математических моделей, методов мониторинга и управления транспортными потоками с использованием средств интеллектуального анализа данных».

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и получили одобрение на «Секции проблем транспорта и транспортных сооружений» Дома ученых имени М. Горького Российской академии наук (Санкт-Петербург, 2014-2016 гг.), международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы» (Санкт-Петербург, 2012-2016 гг.), а также на заседаниях кафедры «Управление эксплуатационной работой» ПГУПС (2013-2017 гг.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 12 работ, в числе которых 6 статей в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников из 175 наименований и 4 приложений. Работа содержит 223 страниц текста, 66 рисунков, 28 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель и поставлены задачи исследования.

В первой главе выполнен анализ методов определения наличной пропускной и провозной способностей участков железных дорог, влияния «окон» на пропускную способность участков, исследованы методы имитационного моделирования пропуска поездов по участкам и путям станций, рассмотрены способы оценки влияния случайных факторов на изменение параметров поездопотока.

Установлено, что в общем виде наличная пропускная способность N'_l реконструируемой линии $L' = \{U_i, C_i^{\text{tex}}\}$, состоящей из участков, перегонов, перегонов, находящихся в условиях предоставления «окон», и

промежуточных станций $Y_i = \{P_i, P'_i, C_i\}$, может быть описана в терминах: число предназначенных для пропуска по линии поездов n_{Π} ; число «категорий» поездов n_k по участкам Y_i в зависимости от массы и длины состава; максимальная скорость движения поездов по линии v , ограниченная задержками на станциях $C_i^{\text{тех}}$, в том числе – от предоставления «окон» на перегонах P'_i ; показатель несинхронности следования поездов относительно графика движения.

Показано, что пропускную способность N'_l реконструируемой линии можно определять с помощью имитационного моделирования. Однако, отсутствует метод имитационного моделирования, учитывающий пропуск различных «категорий» грузовых поездов по линии, в условиях задержек на станциях от предоставления «окон», что и определяет проблему исследования.

Во второй главе обоснованы особенности имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии.

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

Предлагаемый критерий определения «узкого места» пропуска без учета «окон» имеет вид:

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

где $t_{\text{ст}}^{\text{сум}}$ – суммарные длительности стоянок на станциях, ч; $t_{\text{ст}}^{\text{max}}$ – максимальные длительности стоянок на станциях, ч; Δv_{Π} – 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 $t'_{ст}$ в условиях работы реальной линии, при предоставлении «окон», увеличивается более чем на 60 % (рисунок 1).

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

где $t_{ст}^{б.ок}$ – длительность стоянок поездов на технической станции $C_i^{тех}$ при отсутствии «окон» на железнодорожной линии;

$t_{ст}^{ок}$ – задержки поездов на технической станции $C_i^{тех}$ от предоставления «окон» на железнодорожной линии.

В главе показано, что $t'_{ст}$ определяется вариантом графика предоставления «окон» (8-ми, 10-ти, 12-ти и 24-х часовых) и зависит от потерь поездо-часов на линии $z_{п/ч} = f(l_y)$, где l_y – длина ремонтируемого

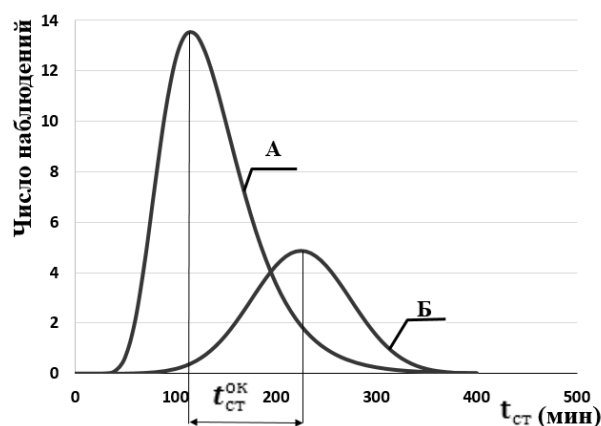


Рисунок 1 – Изменение длительностей стоянок ($t_{ст}$) поездов на станции при предоставлении «окон» (Б) и при их отсутствии (А)

участка, км. Экономически целесообразный вариант графика предоставления «окон» определяется критерием минимальных затрат $Cз$.

$$Cз = f(z_{п/ч}, N'_л, N'_м) \rightarrow \min$$

где $N'_л$ – наличная пропускная способность реконструируемой линии;

$N'_м$ – максимальный поездопоток, который может быть отклонен на параллельную железнодорожную линию.

Третье положение касается определения характеристик «категорий» поездов. В главе предложено «категории» поездов n_k моделировать перегонными временами хода t_i , в зависимости от массы поезда, определяемого родом перевозимого груза, родом и типом вагонов для перевозки груза. Показана целесообразность применения пяти «категорий» с массой 969, 4300, 6639, 7380 и 8096 тонн соответственно.

Четвертое положение касается оценки возможности освоения прогнозируемых объемов перевозок по реконструируемой линии, с учетом «узких мест», варианта графика предоставления «окон» и пропуска нескольких «категорий» грузовых поездов. Такую оценку предлагается давать вероятностью P' соответствия в течение суток моделируемой пропускной способности $N'_л$ – потребной $N''_л$:

$$P'(P' \geq 3\sigma) = 1 - \Phi((N''_л - N'_л)/\sigma), \quad (1)$$

где $N''_л$ – потребная пропускная способность рассматриваемого направления движения (четное/нечетное) реконструируемой железнодорожной линии; $N'_л$ – пропускная способность рассматриваемого направления движения реконструируемой линии, полученная на основе имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой линии; σ – отклонение величины суточных колебаний размеров движения, от потребной пропускной способности; Φ – табличная функция стандартного нормального распределения, определяющая соответствие моделируемой пропускной способности реконструируемой линии потребной.

По результатам второй главы сделан вывод о необходимости разработки имитационной модели пропуска поездов по реконструируемой железнодорожной линии, включающей процедуры оценки задержек поездов на станциях от предоставления «окон» и проверки обеспечения пропуска заданного количества грузовых поездов с различными перегонными временами хода в течение суток.

В третьей главе разработана имитационная модель пропуска поездов по реконструируемой линии, которая основана на предлагаемых:

1. процедуре оценки задержек поездов на станциях при возможности отклонения поездопотока на параллельные железнодорожные линии хода, в условиях взаимного влияния «окон» при проведении ремонтных работ;

2. 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 пропускной способности линии и потребной.

В главе разработаны алгоритмы, учитывающие эксплуатационный эффект от совмещения ремонтных работ, и установлено, что количество восьмичасовых «окон» для 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». Анализ потерь поездо-часов ($Z_{п/ч}$) в зависимости от варианта графика предоставления «окон» (рисунок 2).

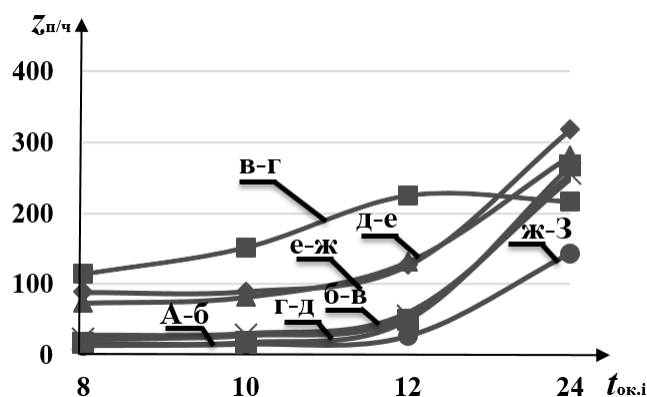


Рисунок 2 – Результаты анализа потерь поездо-часов ($Z_{п/ч}$) в зависимости от варианта графика предоставления «окон»

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

Предложенная процедура обработки поездов в имитационной модели позволяет промоделировать пропуск заданного количества грузовых поездов с различными перегонными временами хода в течение суток. Предлагается при оценке пропускной способности порядок пропуска грузовых поездов принимать равным долям поездов с различными перегонными временами хода от общего количества поездов и первоначально пропускать поезда из «категории» (α_{pr1j}), обладающей максимальным приоритетом (рисунок 3,а). При достижении равенства количества поездов в «категориях» (α_{pr2j}) поезда случайным образом выбираются из обеих «категорий» (рисунок 3,б).

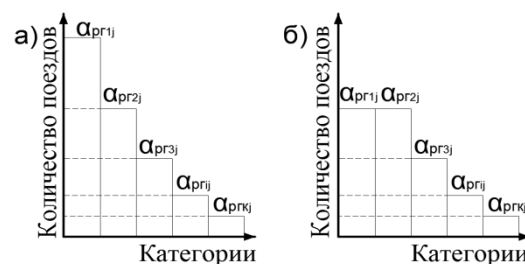


Рисунок 3 – Алгоритм обработки поездов в имитационной модели, в соответствии с «категориями» α_{prij}

В работе вероятность соответствия моделируемой пропускной способности линии потребной (рисунок 4) для рассматриваемого направления движения, в условиях суточных колебаний пропускной способности реконструируемой линии, предлагается определять выражением (1).

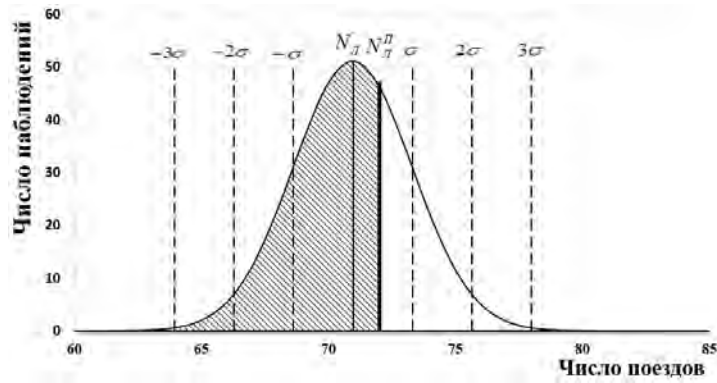


Рисунок 4 – Результаты оценки соответствия моделируемой пропускной способности линии и потребной

В главе построен алгоритм выбора экономически целесообразного варианта графика предоставления «окон» в условиях колебания моделируемой пропускной способности (рисунок 5).

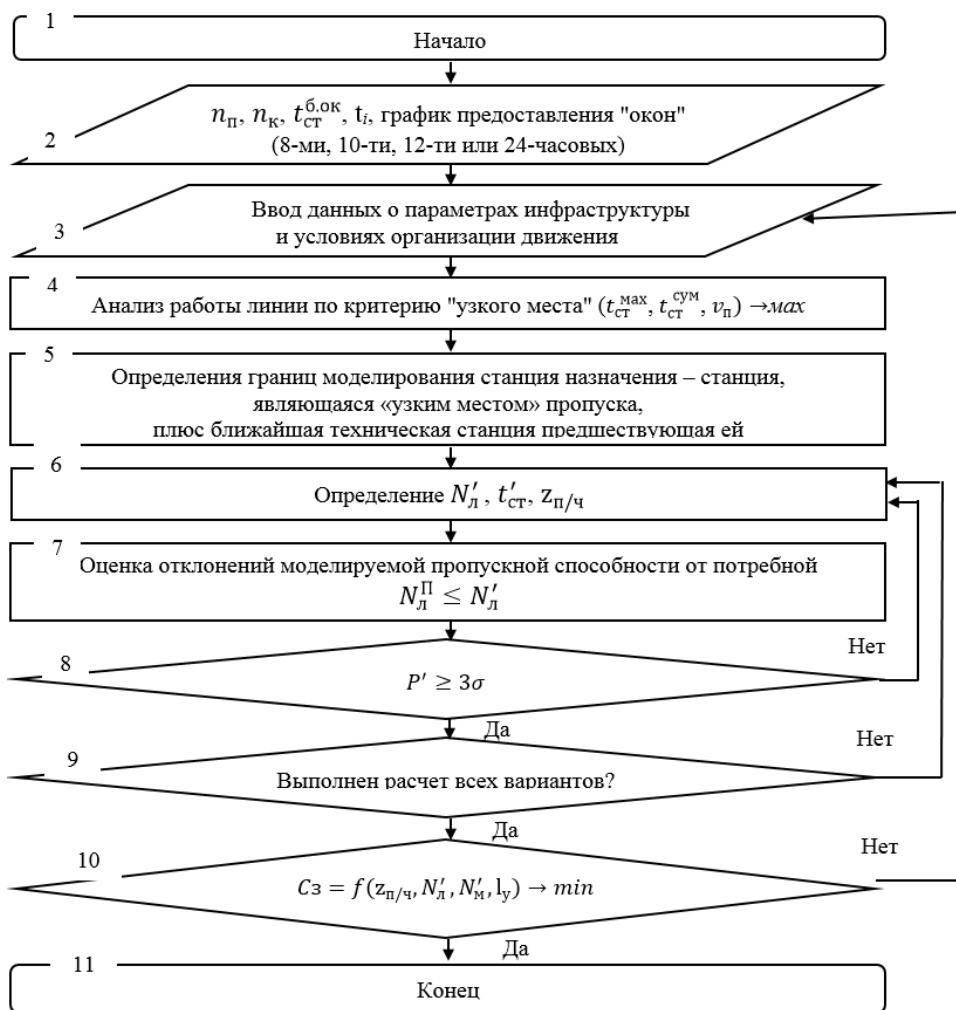


Рисунок 5 – Алгоритм выбора экономически целесообразного варианта графика предоставления «окон»

По результатам третьей главы сделан вывод о необходимости разработки методики оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе результатов имитационного моделирования пропуска поездов.

В четвертой главе проведен расчет пропускной способности (таблица 1) 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 и 1 технической станцией, на которой производится смена локомотивных бригад, оборудованной трехзначной автоблокировкой, при различном количестве грузовых поездов с различными перегонными временами хода, при отсутствии «окон», стоянок на технических станциях и электрической тяги.

Таблица 1 – Результаты моделируемой пропускной способности реконструируемой линии с учетом фактических различий массы поездов

Вариант	Соотношение «категорий» грузовых поездов, %					Пропускная способность в нечетном направлении, поездов в сутки	Разница с вариантом с одной «категорией» грузовых поездов в сутки	Пропускная способность в четном направлении, поездов в сутки	Разница с вариантом с одной «категорией» грузовых поездов в сутки
	8096 т.	7380 т.	6639 т.	4300 т.	969 т.				
1				100		129	0	138	0
2	50			50		118	11	122	16
3	33			33	33	105	24	112	26
4	20	20	20	20	20	124	5	131	7

В главе осуществлена оценка адекватности процедуры проверки обеспечения пропуска заданного количества грузовых поездов с различными перегонными временами хода в течение суток. Анализ результатов имитационного моделирования, показал разницу пропускной способности линии варианта пропуска поездов с равной массой аналогичного расчету по аналитическим формулам, например, 4300 т. и варианта с соотношением поездов с массой 8096 т, 4300 т. и 969 т. при электрической тяге 24 поездов в четном направлении и 26 поездов в

нечетном направлении, что повышает точность расчета пропускной способности линии с помощью методики оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования по сравнению с аналитическим расчетом, за счет увеличения количества учитываемых параметров.

Проведена оценка моделируемой пропускной способности линии при различных длительностях занятия приемо-отправочных путей предпортовой станции (рисунок 6), с учетом задержек поездов на станциях от предоставления «окон» и пропуска различных «категорий» грузовых поездов, определена максимальная длительность их занятия, при которой обеспечивается превышение моделируемой пропускной способностью потребной. Сравнение полученных результатов с нормативными длительностями занятия путей на предпортовой станции позволяет определить возможность освоения прогнозируемых объемов перевозок в условиях потери поездо-часов на станциях от предоставления «окон» на реконструируемой линии.

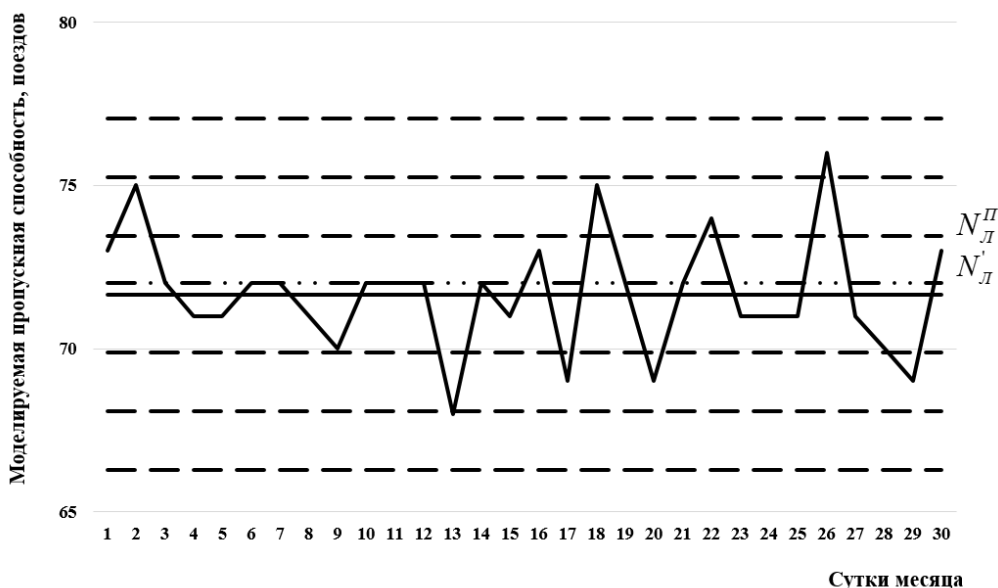


Рисунок 6 – Результаты расчета отклонений моделируемой пропускной способности от потребной при предоставлении «окон»

В главе показан выбор экономически целесообразного варианта

графика предоставления «окон» (таблица 2) в зависимости от затрат Сз.

Таблица 2 – Результаты экономически целесообразного варианта графика предоставления «окон»

№ ремонтируемого участка	Длина рассматриваемого перегона, км	Продолжительность «окон», ч	Количество «окон»	Суммарные потери поездочных часов	Количество поездов, пропущенных кружностью	Стоимость задержек поездов, млн. руб	Стоимость пропуска поездов кружностью, млн. руб	Стоимость проведения ремонтных работ, млн. руб	Общая стоимость проведения ремонтных работ, млн. руб
1	14,6	8	40	215	5	13,53	1,57	79,12	94,22
1	14,6	10	32	266	8	13,39	2,01	63,36	78,76
1	14,6	12	26	268	26	10,96	5,32	51,56	67,84
1	14,6	24	11,7	225	110	4,14	10,12	48,79	63,05

Анализ результатов расчета экономически целесообразного варианта графика предоставления «окон» по критерию минимальных затрат Сз, показал, что он зависит от длины перегона, на котором проводятся ремонтные работы и возможности отклонения поездопотока на параллельную железнодорожную линию.

По результатам четвертой главы сделан вывод о соответствии результатов имитационного моделирования практическим результатам для конкретных условий реконструируемой линии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе внесены и обоснованы предложения по оценке пропускной способности реконструируемой линии на основе имитационного моделирования.

Получены следующие основные **результаты**:

1. Обоснованы особенности имитационного моделирования пропуска поездов по реконструируемой железнодорожной линии, включающие обоснование границ моделирования реконструируемой линии, оценку задержек от предоставления «окон», учет характеристик

движения грузовых поездов и расчет вероятности соответствия моделируемой пропускной способности линии потребной.

2. Разработана имитационная модель пропуска поездов по реконструируемой линии, включающая процедуру оценки задержек поездов на станциях от предоставления «окон» и процедуру проверки обеспечения пропуска заданного количества грузовых поездов.

3. Разработана методика оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии, учитывающая предоставление «окон», пропуск различных «категорий» грузовых поездов и длительности занятия путей на станциях, позволяющая оценить вероятность соответствия моделируемой пропускной способности линии потребной.

На основе проведенного исследования сделаны следующие основные **ВЫВОДЫ:**

1. Одной из проблем определения пропускной способности реконструируемой линии является отсутствие специализированных имитационных моделей, учитывающих взаимное влияние неравномерности загрузки участков и технических станций.

2. Возможным решением проблемы является разработка процедуры оценки задержек поездов на станциях и процедуры проверки обеспечения пропуска заданного количества грузовых поездов с различными перегонными временами хода в течение суток.

3. При проведении исследования выявилась необходимость оценки доли превышения моделируемой пропускной способностью реконструируемой линии над потребной при различной длительности занятия путей предпортовой железнодорожной станции для анализа возможности освоения прогнозируемых объемов перевозок.

4. Исследование показало, что внедрение предлагаемых решений позволит увеличить горизонт планирования оценки пропускной способности реконструируемых линий при предоставлении «окон».

Публикации по теме диссертации

Публикации в рецензируемых научных изданиях:

1. **Тимченко В.С.** 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.
2. **Тимченко В.С.** Оценка методом имитационного моделирования возможности освоения прогнозируемых объемов перевозок грузов по железнодорожной линии, обслуживающей морской порт / И.М. Кокурин, В.С. Тимченко // Вестник транспорта Поволжья. – 2014. – №6. – С. 39-44.
3. **Тимченко В.С.** Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность железнодорожных направлений / И.М. Кокурин, В.С. Тимченко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – Выпуск 1 (34). – С. 15-22.
4. **Тимченко В.С.** Алгоритмизация процессов оценки пропускной способности железнодорожных участков в условиях предоставления окон / В.С. Тимченко // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – №5 (48). – С. 34-37.
5. **Тимченко В.С.** Определение параметров «окон» при оценке перевозочных перспектив направлений / И.М. Кокурин, Д.В. Катцын, В.С. Тимченко // Мир транспорта. – 2015. - №2. – С. 142-155.
6. **Тимченко В.С.** Расчет пропускной способности двухпутного железнодорожного участка с учетом категорий грузовых поездов методом имитационного моделирования процессов перевозок / В.С. Тимченко // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/12TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/12TVN515.
7. **Тимченко В.С.** Методика оценки пропускной способности реконструируемой железнодорожной линии на основе имитационного моделирования / А.Г. Котенко, И.М. Кокурин, В.Л. Белозеров, В.С. Тимченко // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2017. – Выпуск 2 (Т.14). – С. 372-380.

Другие публикации:

1. **Тимченко В.С.** Использование имитационного моделирования процессов перевозок для оценки пропускной способности железнодорожной линии, обслуживающей морской порт / И.М. Кокурин, В.С. Тимченко // Международная научно-практическая конференция Транспорт России: проблемы и перспективы – 2014 – СПб: ИПТ РАН, 2014. С. 164 – 169.

Подписано к печати
Печать – ризография
Тираж 100 экз.

29.06.2017 г.
Бумага для множит. апп.
Заказ №592.

Печ.л. – 1,0
Формат 60×84 1/16

Тип. ПГУПС

190031, С.-Петербург, Московский пр., д. 9.