

На правах рукописи



Кагадий Игорь Николаевич

**ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ
ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ
ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

05.22.08 – Управление процессами перевозок
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО СГУПС)

Научный руководитель: Псеровская Елена Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения», заведующая кафедрой «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав».

Официальные оппоненты:

Числов О. Н., д-р техн. наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», заведующий кафедрой «Станции и грузовая работа».

Пермикин В. Ю., канд. техн. наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения», доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой».

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения».

Защита состоится «22» февраля 2019 г. в 10 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 218.013.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66, ауд. Б2-15.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения». Адрес сайта, на котором размещена диссертация и автореферат: <http://www.usurt.ru>.

Автореферат разослан « » _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Тимухина Елена Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В современных условиях нестабильной экономической ситуации и жёсткой конкуренции в сфере перевозок, вопрос повышения качества оказываемых услуг на железнодорожном транспорте является крайне важным. Внедрение клиентоориентированного подхода, начиная от планирования перевозок и заканчивая непосредственным осуществлением перевозочного процесса, должно обеспечивать использование резервов пропускных способностей железных дорог и потребных перерабатывающих способностей станций для удовлетворения потребностей клиентов на всех этапах перевозки грузов. Однако недостаточно согласованное взаимодействие между участниками рынка грузовых перевозок: операторов подвижного состава, грузовладельцев, перевозчика – приводит к нарушению технологии работы станций по обслуживанию путей необщего пользования (ПНП). На станциях скапливается значительное количество вагонов, принадлежащих разным собственникам и затрудняющих местную работу. При этом снижается надежность грузовых станций в выполнении основных функций: обслуживать пользователей услугами железнодорожного транспорта, выполняя операции по приему и отправлению поездов, по подаче и уборке вагонов и погрузке-выгрузке грузов в соответствии с заявками клиентов. Обслуживание клиентов железнодорожного транспорта осуществляется неравномерно, а железные дороги терпят убытки из-за превышения рабочего парка вагонов и их непроизводительных простоев на станциях.

Решение вопроса эффективной координации взаимодействия железнодорожного транспорта общего и необщего пользования рассматривается в Транспортной стратегии РФ на период до 2030 г. и Стратегии развития железнодорожного транспорта в РФ на период до 2030 г., что подтверждает актуальность выбранной темы исследования. Кроме этого, в соответствии с Политикой клиентоориентированности холдинга «РЖД» в области грузовых перевозок, утвержденной в 2016 году, в основу реализации стратегии клиентоориентированности заложены два главных принципа – оптимизация услуг по полному удовлетворению запросов транспортного рынка и конкретным требованиям клиентов, а также инициация положительных эмоций среди всех участников перевозочного процесса, увеличивая вероятность повторного обращения для организации новых перевозок грузов.

В целях развития клиентоориентированности, снижения административных барьеров и совершенствования работы по оказанию услуг в сфере грузовых железнодорожных перевозок, необходимо определить тенденции к согласованному взаимодействию грузовых станций и путей необщего пользования в продвижении вагонов. Формализация этого процесса, создание объектно-ориентированной модели взаимо-

действия между участниками перевозочного процесса и экономическая оценка вариантов технического и технологического совершенствования грузовых станций позволит найти оптимальные решения в повышении функциональной надежности станций при обслуживании объектов промышленного транспорта.

Степень научной разработанности темы. Функционирование транспортных систем, системный характер работы железнодорожных станций и исследование взаимодействия грузовых станций и путей необщего пользования при обслуживании клиентов промышленного транспорта рассмотрены в работах ученых: В. М. Акулиничева, В. В. Багиновой, Д. В. Боева, А. В. Быкадорова, В. К. Ивашкевича, Ф. И. Карпелевича, П. А. Козлова, А. В. Комарова, Д. Ю. Левина, Ф. Т. Мамедова, Ш. Н. Норматова, А. Т. Осьминина, В. Э. Парунакяна, В.Ю. Пермикин, В. А. Персианова, В. В. Повороженко, Е. Д. Псеровской, А. Ф. Сиразетдиновой, А. А. Смехова, Е. А. Сотникова, Е.Н. Тимухиной, Е. М. Тишкина, Х. Т. Туранова, Н. С. Ускова, О. Н. Числова, К. П. Шенфельда и ряда других исследователей.

Анализ научных работ показал, что значительная их часть направлена на решение вопроса о регулировании продвижения вагонов на станциях с учетом минимизации простоев и повышения пропускной способности. Для грузовых станций предлагались в основном методы оперативного диспетчерского воздействия на загрузенность станционных объектов, а на путях необщего пользования – корректировка технологии взаимодействия с обслуживаемыми их станциями примыкания. Совместная работа грузовых станций и путей необщего пользования рассматривалась с позиций максимальной погрузочно-выгрузочной способности на грузовых пунктах. В современных условиях необходимо учитывать возможности инфраструктуры обрабатывать возрастающие объемы грузо - и вагонопотоков, причем со случайным характером поступления вагонов на станции и обработки их на грузовых пунктах.

Целью диссертационного исследования является разработка методики повышения функциональной надежности грузовой станции по обслуживанию путей необщего пользования на основе имитационного моделирования и экономической оценки вариантов совершенствования технической оснащенности и технологии работы грузовой станции.

В соответствии с целью исследования определены следующие **задачи диссертационного исследования**:

- анализ существующих методик и научных исследований в области взаимодействия грузовых станций общей сети железных дорог и примыкающих к ним путей необщего пользования;
- формализация процессов и разработка имитационной модели грузовой станции по обслуживанию примыкающих путей необщего пользования;

– разработка методики повышения функциональной надежности грузовой станции по обслуживанию путей необщего пользования;

– разработка методики экономической оценки вариантов повышения функциональной надежности работы грузовой станции по обслуживанию путей необщего пользования.

Объект исследования. Линейные предприятия транспортной сети: грузовые станции и примыкающие к ним пути необщего пользования.

Область исследования. Технология транспортных процессов.

Методология и методы исследования. Для решения задач, поставленных в диссертационном исследовании, использовались: теория массового обслуживания и системного анализа, методы прогнозирования, теории вероятности и математической статистики, имитационное моделирование, методы технико-экономического сравнения вариантов, а также анализ нормативных документов, действующих на железнодорожном транспорте, и статистических отчетных данных работы предприятий ОАО «РЖД». При выполнении работы использовались положения теории планирования эксперимента.

Научная новизна диссертационного исследования:

– разработана имитационная модель обслуживания грузовой станцией ПНП, учитывающая случайный характер поступления, переработки и продвижения вагонов на грузовой станции и путях необщего пользования;

– разработана методика повышения функциональной надежности работы грузовой станции по обслуживанию путей необщего пользования, позволяющая провести оптимизацию поведения транспортной системы «грузовая станция – ПНП» как при существующей технологии и объемах грузового движения, так и выбрать условия ее безотказной работы при корректировке объемов переработки, технической оснащенности и технологии работы;

– предложена методика экономической оценки вариантов повышения функциональной надежности работы грузовой станции по обслуживанию путей необщего пользования, учитывающая затраты на выполнение непроизводительной маневровой работы, компенсация которых позволит рационально перераспределить ресурсы грузовой станции, тем самым увеличив ее перерабатывающую способность.

Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования. Разработанная методика оценки функциональной надежности грузовой станции по обслуживанию путей необщего пользования на основе случайного характера продвижения вагонопотока и анализа местной работы дает возможность на этапе планирования объемов перевозок проводить оценку загруженности станционных объектов,

определять лимитирующие элементы и выбирать наиболее благоприятные варианты их устранения.

Оптимизация работы виртуальной модели грузовой станции и ПНП способствует принятию решения о корректировке технологии взаимодействия грузовых станций и путей необщего пользования, а также технического переоснащения на реальных объектах. Применение методики экономической оценки вариантов повышения функциональной надежности работы грузовой станции позволит рассчитать экономический эффект за счет рационального распределения ресурсов станции и исключения непроизводительного использования технических средств.

Реализация и внедрение результатов работы. Результаты исследования приняты к использованию Западно-Сибирской дирекцией управления движением – структурным подразделением Центральной дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД», прошли апробацию на предприятиях Западно-Сибирской железной дороги, в частности при разработке рациональных технических и технологических параметров терминально-логистического центра и станции примыкания Иня-Восточная для этапного освоения перспективных размеров перевозок.

Получено свидетельство о государственной регистрации объекта интеллектуальной собственности – программы «Оптимизация работы железнодорожных грузовых станций и объектов промышленного транспорта» (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2017615352 от 15.05.2017).

Также результаты используются в учебном процессе при подготовке инженеров по специальности 23.05.04 – «Эксплуатация железных дорог» и повышении квалификации специалистов.

Положения, выносимые на защиту:

– имитационная модель взаимодействия грузовой станции и путей необщего пользования;

– методика повышения функциональной надежности грузовой станции по обслуживанию путей необщего пользования;

– методика экономической оценки вариантов повышения функциональной надежности работы грузовой станции по обслуживанию путей необщего пользования.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Материалы исследовательской работы докладывались и получали положительные отзывы на научно-исследовательских конференциях: Международный российско-германский научно-практический симпозиум по вопросам развития и мониторинга городской инфраструктуры, г. Новосибирск, 2013 г.; Международная научно-практическая конференция «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании», г. Одесса, Украина, 2014 г.; Всероссийская конференция по раз-

витию городских агломераций, г. Новосибирск, 2014 г.; Международная научно-практическая конференция «Политранспортные системы», г. Новосибирск, 2014-2017 гг.; IV Международная научно-практическая конференция «Современные научные исследование: инновации и опыт», Екатеринбург, 2014 г.; Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы науки и техники», г. Воронеж, 2015 г.; Международная научно-практическая конференция, г. Ыван, Южная Корея, 2015 г.; Международная научно-техническая конференция «Политранспортные системы».

Результаты исследований были представлены на всероссийском конкурсе научных работ среди аспирантов по транспортной проблематике, проводимого на базе ВНИИЖТ в марте 2015 г. Разработанная научная концепция была одобрена членами Объединенного ученого совета ОАО «РЖД».

Этапы диссертационного исследования обсуждались на заседаниях кафедры «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав» СГУПСа в 2015-2017 гг. Окончательные результаты диссертационного исследования были заслушаны и одобрены на совместном заседании кафедр «Логистика, коммерческая работа и подвижной состав», «Железнодорожные станции и узлы», «Управление эксплуатационной работой» СГУПСа, а также на заседании кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» УрГУПСа в 2018 г.

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в одиннадцати печатных изданиях, включая четыре статьи в журналах, входящих в перечень рецензируемых ВАК при Министерстве образования и науки РФ. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Оптимизация работы железнодорожных грузовых станций и объектов промышленного транспорта» № 2017615352 от 15.03.2017.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 170 страницах основного текста и состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка использованной литературы, 51 рисунка и 7 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулированы цель и задачи работы, определена актуальность темы, отражены научная новизна и практическая значимость исследований, а также приведены сведения об апробации полученных результатов.

В первом разделе рассмотрены особенности продвижения вагонов, принадлежащих разным собственникам, а именно в части неравномерного распределения на путях грузовых станций, что создает трудности в освоении объемов местной работы. Возникают взаимные претензии, связанные с нарушением договорных условий обслуживания грузовой станцией ПНП, что в конечном итоге создает искусственное ограничение пропускных и перерабатывающих способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта. Одним из основных способов решения этой задачи является моделирование работы транспортных систем при любых возможных ограничениях с целью, как оптимизации перевозочного процесса, так и местной работы на станциях.

Проанализированы основные параметры функционирования грузовых станций и ПНП, имеющие первостепенное значение при переработке вагонопотоков, такие как: характер и объем работы; путевое развитие, техническое оснащение и технология обслуживания, включающая способы маневровых передвижений; собственность локомотивного парка.

Для решения задачи ритмичного и надежного обслуживания грузовой станцией ПНП выполнен анализ научных работ в этой области и установлено, что наиболее приемлемыми методами исследования являются методы прогнозирования, процессного подхода и объектно-ориентированного моделирования, в частности разработка имитационной модели, учитывающей технологические и технические особенности грузовых станций при обслуживании ПНП.

Во втором разделе выполнена формализация работы грузовой станции и установлены ключевые параметры, влияющие на количество переработанных вагонов. Введено понятие «функциональная надежность грузовой станции по обслуживанию ПНП», под которым понимается такое поведение транспортной системы, когда выявленные параметры ее безотказного функционирования и связи между ними обеспечивают требуемый объем переработки вагонов.

При корреляционном анализе системы «Грузовая станция – ПНП» установлены основные параметры, влияющие на ее функциональную надежность: величина рабочего парка, путевое развитие станции и ПНП, количество и загрузка маневровых локомотивов. Составлена вероятностная модель поведения реальной грузовой станции по переработке поступающего вагонопотока на основе ретроспективного анализа времени прибытия поездов за 2013-2017 гг.

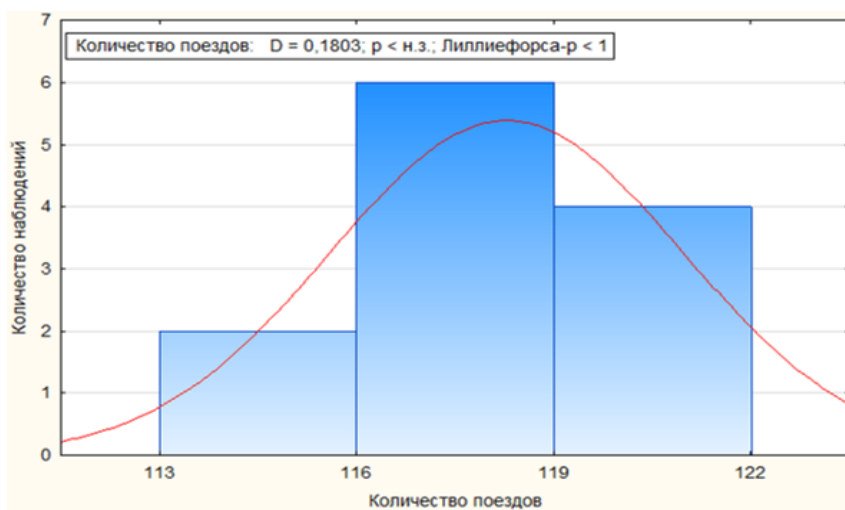


Рисунок 1 – Гистограмма нормального распределения поступления грузовых поездов на станцию

Из анализа гистограммы (рис. 1) следует, что разница между зарегистрированным и фактическим количеством поступивших поездов на грузовую станцию характеризуется равномерным законом распределения. Это подтверждается фактом прибытия поездов в соответствии с расписанием: любое отклонение

от фиксированного времени подхода поездов на станцию не выходит за пределы действующих нормативов.

Характерные технологические операции, выполняемые в увязанном процессе функционирования грузовых станций и ПНП, отображены в сетевой модели (рис. 2). Элементы сетевого планирования теории бережливого производства и менеджмента качества организаций позволило упростить отображение загруженности станций и определить исходные данные для имитации работы исследуемых транспортных систем.

Третий раздел посвящен моделированию работы грузовой станции по обслуживанию ПНП. Установлено, что для железнодорожных перевозок согласно системно-динамическому анализу поведения транспортных систем характерен S-образный рост с эффектом запаздывания. Объем вагонопереработки на станции стабилизируется при определенной величине рабочего парка вагонов. Загрузка путей станции ограничивает своевременное формирование групп подач на грузовые пункты, а также, собственно, выполнение операций по подаче и уборке вагонов.

Созданная модель согласно «теории подобия» пропорциональна сходным параметрам реальных транспортных систем «Грузовая станция – ПНП», но ее поведение заведомо «откликается» только на ключевые параметры, выявленные в 1 и 2 разделах диссертационного исследования. К начальным базисным элементам относится занятость технологических линий станции для подачи вагонов на грузовой пункт: приемо-отправочный парк, система расформирования, сортировочный парк, горловины станции (операции 1-7 на рис. 2). К конечным – элементы станции для отправления составов на общую сеть железных дорог: грузовые устройства пунктов погрузки-выгрузки,



Рисунок 2 – Сетевой график обслуживания грузовой станции пути необщего пользования

система формирования, сортировочный парк, приемо-отправочный парк (операции 8-32 на рис. 2), а промежуточные – элементы простоев и ожидания выполнения операций на базисных и конечных элементах.

Аналитическое выражение времени нахождения вагонов на станции представлено как:

$$T_{ij} = \sum_{i=1}^{K_{ij}} t_{ij}^{баз} + \sum_{i=8}^{K_{ij}} t_{ij}^{кон} + \sum \Delta t_{ij} , \quad (1)$$

где T_{ij} – продолжительность нахождения i -ого вагонопотока на j -ом грузовом пункте, мин; K_{ij} – количество операций в соответствии с сетевым графиком (рис. 2); $t_{ij}^{баз}$ и $t_{ij}^{кон}$ – продолжительность нахождения на базовых и конечных элементах, мин; Δt_{ij} – непроизводительные простои на станции, мин.

Имитационная модель разработана с учетом обеспечения максимальной выгрузочной способности мест погрузки-выгрузки, учитывая нахождение перерабатываемого вагонопотока во всех базисных и промежуточных фазах транспортной системы. Модель определяет способность грузовой станции при существующей технологии ее

работы переработать объем вагонопотока, оценить функциональную надежность станции и оптимизировать условия, при которых возможно повышение предельного количества перерабатываемых вагонов. Данный процесс реализован на программном продукте «AnyLogic7» (рис. 3,4).

В четвертом разделе выполнено объектно-ориентированное моделирование работы грузовой станции и ПНП, проведены эксперименты с моделью на прототипе реальной станции и разработана методика повышения функциональной надежности грузовых станций по обслуживанию ПНП и оптимизации их работы.

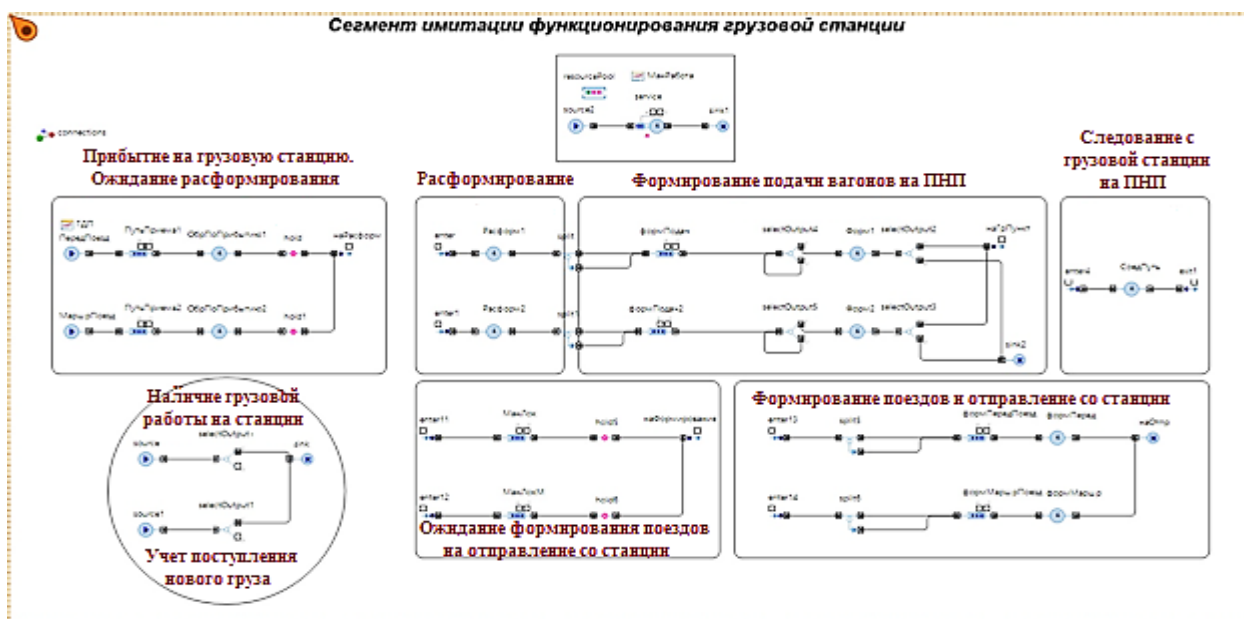


Рисунок 3 – Сегмент имитации функционирования грузовой станции транспортной системы «Грузовая станция – ПНП»

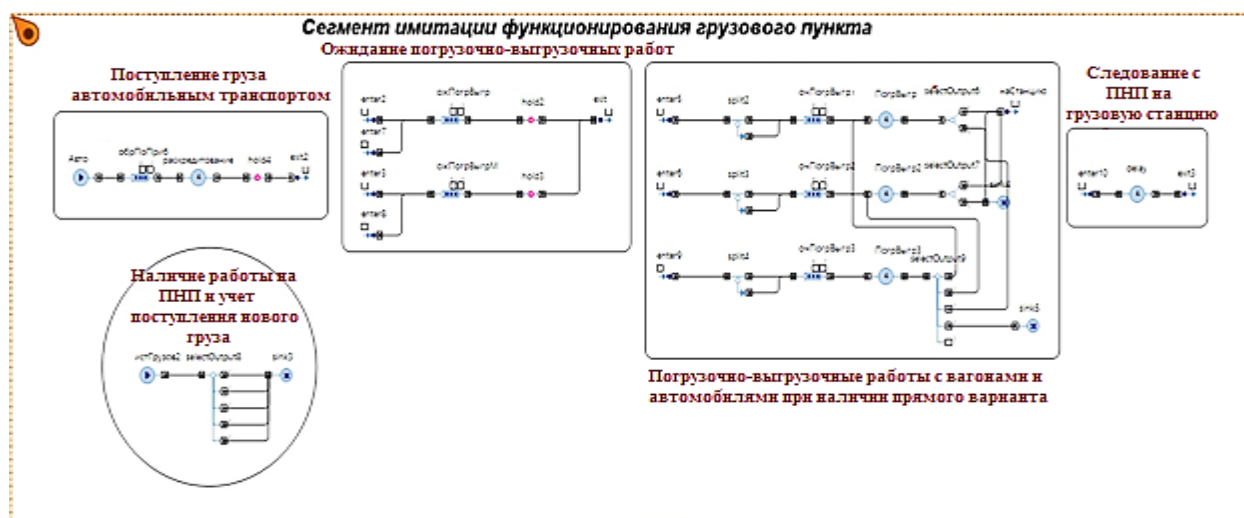


Рисунок 4 – Сегмент имитации функционирования грузового пункта транспортной системы «Грузовая станция – ПНП»

Для определения функциональной надежности грузовой станции с учетом особенностей транспортной системы «Грузовая станция – ПНП», осуществлялись эксперименты по переработке поступающего вагонопотока двух видов (№1, №2). В эксперименте №1 входящий поток вагонов имеет случайный характер поступления не превышающий существующих размеров прибытия (рис. 5), а в эксперименте №2 (рис. 6) – увеличенный относительно существующих размеров прибытия.

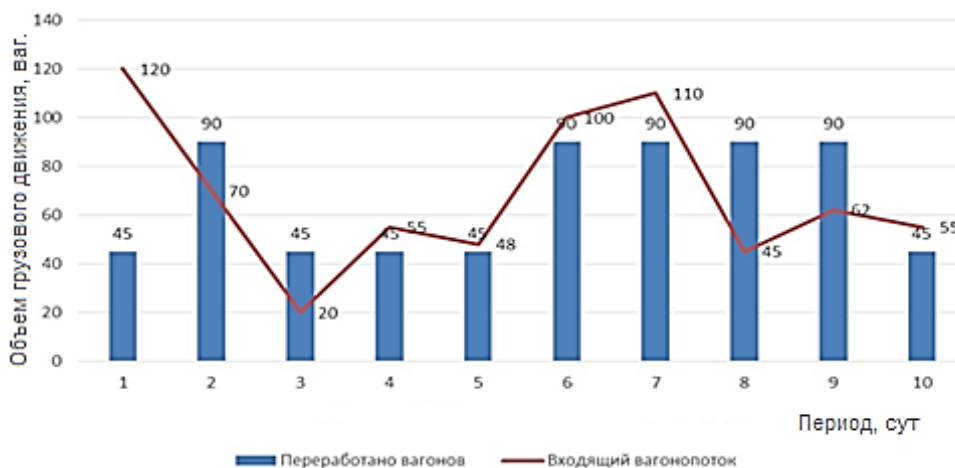


Рисунок 5 – Суточное количество переработанных вагонов на станции (эксперимент №1)

В эксперименте №1 функционирование транспортной системы осуществлялось в нормальном режиме и имелся резерв перерабатывающей способности. Рабочий парк вагонов за отчетные сутки составил 169 вагонов (рис. 7).

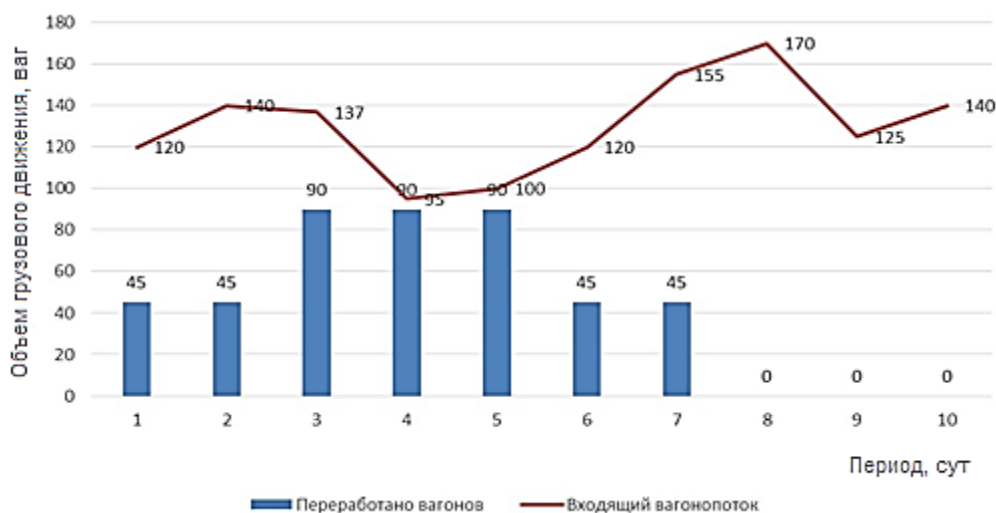


Рисунок 6 – Суточное количество переработанных вагонов на станции (эксперимент № 2)

При росте объемов перевозочной работы (эксперимент №2), станция при действующей технологии работы была не способна переработать поступающий вагонопоток, т.к. пути станции были полностью загружены. На восьмые сутки моделируемого периода рабочий парк вагонов составил 190 вагонов, что нарушило весь технологический процесс работы станции и снизило ее функциональную надежность.

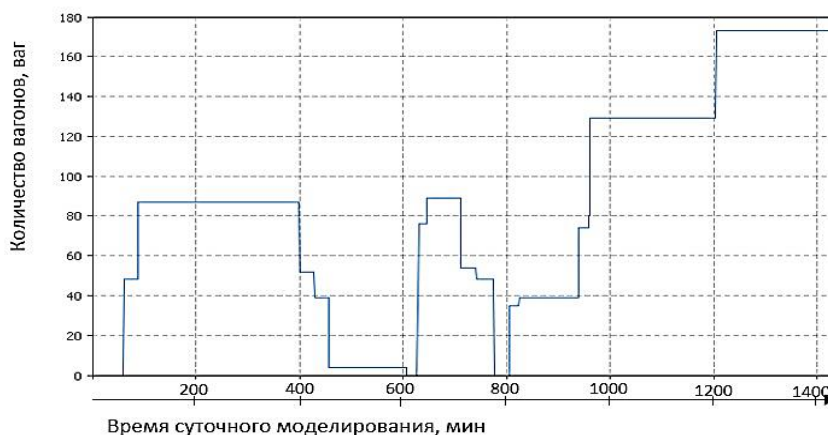


Рисунок 7 – Количество вагонов в системе «Грузовая станция – ПНП» при прибытии трех передаточных и одного маршрутного поездов

Достижение уровня устойчивого функционирования грузовой станции при обслуживании ПНП осуществлялось при проведении оптимизационных экспериментов с моделью исследуемой транспортной системы.

Обратной задачей моделирования считается поиск значений факторов, которые определяют наиболее предпочтительное решение из области допустимых значений и максимизирует индекс эффективности системы (функциональная надежность). Если количество возможных решений незначительно, то решение обратной задачи сводится к простому перебиранию всех возможных решений, используя в т.ч. методы направленного перечисления (эвристика). В то же время оптимальное решение после множественного решения «прямой задачи» и нахождения вектора результирующих индикаторов ведется для каждого набора входных параметров. Оптимизатор OptQuest, разработанный на основе метаэвристики разброса (scatter search) и поиска «табу» (tabu search), действует как блок для записи значений выходных индексов и выбора следующего приближения в оптимизации. Для получения репрезентативных данных проводились "прогоны" модели (репликации) при определенных наборах параметров и в качестве целевой функции принималось среднее значение результатов всех «прогонов» (рис. 8).

Проверка адекватности модели была выполнена на реальных значениях, полученных в результате анализа статистических данных работы грузовой станции.

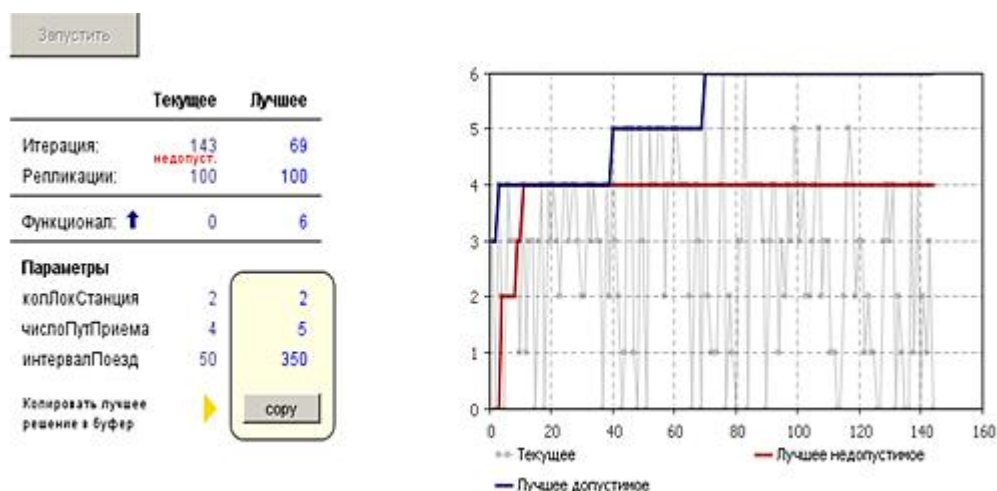


Рисунок 8 – Фрагмент оптимизационного эксперимента по определению функциональной надежности станции

В пятом разделе предложена методика оценки экономической эффективности вариантов повышения функциональной надежности грузовой станции по обслуживанию ПНП. Решения по дополнительным техническим или технологическим усовершенствованиям работы станций предлагается принимать согласно методике повышения функциональной надежности грузовой станции по обслуживанию ПНП с учетом результатов имитационного моделирования ее работы, приведенных в разделах 2 и 3 диссертационного исследования.

Проведена оценка и сравнение потерь, обусловленных дополнительной транспортной работой, вызванной занятостью путей, и затратами, необходимыми на их устранение. Перераспределение эксплуатационных расходов на выполнение только необходимых и достаточных операций по переработке вагонов при сокращении непроизводительных простоев местных вагонов определяется как:

$$\mathcal{E}_z = \frac{24 \cdot T_p \Delta A \cdot \Pi}{T_n \cdot Q} \quad (2)$$

где ΔA – дополнительная транспортная работа на выполнение неучтенной или ненужной функции, ваг-ч/сутки; Π – единичная расходная ставка за занятие станционных путей, руб/ч; T_n – время оборота вагона на станции, сут; T_p – расчетный период, сут., Q – перерабатываемый вагонопоток, ваг/сут.

Выражение (2) представляет величину затрат, которую можно использовать для увеличения перерабатывающей способности станции, компенсируя потери на дополнительную транспортную работу. При существующей технологии работы грузовой станции по переработке 4 поездов/сут выявлены 1200,64 ваг-ч дополнительной транспортной работы. Общий экономический эффект от предложенных мероприятий определяется:

$$\mathcal{E}_{об} = \mathcal{E} - K_{пр} + \mathcal{E}_з, \text{ млн. руб./год.}, \quad (3)$$

где \mathcal{E} – эффект от снижения занятости маневровых локомотивов и от освобождения приемо-отправочных путей станции, млн.р./год; $K_{пр}$ – затраты на совершенствование путевого развития, млн.р./год.

В расчете $K_{пр}$ учитывались расходы на удлинение существующих приемоотправочных путей, укладку вытяжного пути и переукладку пяти стрелочных переводов. График изменения чистого дисконтированного дохода для варианта повышения функциональной надежности работы грузовой станции при обработке 6 поездов/сут (300 ваг/сут) (рис. 9).

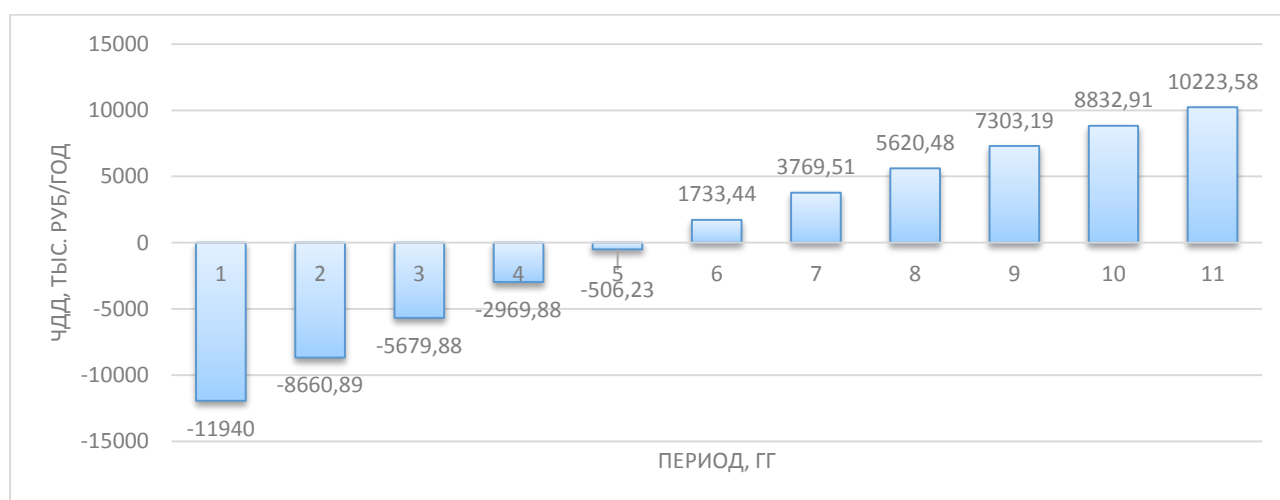


Рисунок 9 – Гистограмма ЧДД от переустройства грузовой станции по результатам экономической оценки вариантов повышения функциональной надежности станции

Таким образом, применение методики повышения функциональной надежности реальной грузовой станции по обслуживанию ПНП при увеличении объемов переработки до 300 ваг/сут позволят за счет устранения недостатков, искусственно завышающих загруженность станционных объектов, получать экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{об} = 2,489 - (1,194 + 0,239) + 1,356 = 2,412 \text{ млн. руб./год.}$$

По разработанной методике экономической оценки вариантов повышения функциональной надежности грузовой станции по обслуживанию ПНП определены ключевые экономические потери в количестве 2,489 млн. руб./год, для устранения которых потребуются единовременные капитальные вложения по переустройству станции в размере 20,69 млн. руб. В этом случае будет ежегодно достигаться экономическая прибыль в размере 2,412 млн. руб./год при рациональном распределении ресурсов станции, исключая непроизводительное использование станционных путей и локомотивов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволяют сделать следующие выводы и предложения.

1. Анализ научных исследований отечественных и зарубежных авторов, а также нормативных документов в области взаимодействия станций и ПНП показал, что своевременность подачи вагонов и их уборка с ПНП, а также выполнение сроков доставки грузов зависят от организации местной работы станций, степени использования имеющейся технической оснащенности и загрузки основных технологических линий обслуживаемых объектов промышленного транспорта.

2. Исследования показали, что взаимодействие грузовой станции и путей не общего пользования представляется как функционирование сложной транспортной системы с большой технологической, эксплуатационной и экономической разнородностью. Предложено под функциональной надежностью грузовой станции по обслуживанию ПНП понимать такое поведение транспортной системы, когда выявленные параметры ее безотказного функционирования и связи между ними обеспечивают требуемый объем переработки вагонов.

3. Установлено из корреляционных зависимостей параметров работы грузовой станции при обслуживании ПНП, что взаимосвязь между исследуемыми величинами носит нелинейный характер, так коэффициент детерминации между простым местным вагоном на станции и рабочим парком составляет 0,964, что свидетельствует о сильной взаимосвязи; простой местного вагона на станции и количество переработанных вагонов коррелируют с коэффициентом 0,263, что доказывает их взаимный нелинейный характер. Неравномерность переработки оказывает существенное влияние на характер продвижения вагонопотоков.

4. Составлена на основе реальных статистических данных объемов местной работы грузовой станции вероятностная модель и проверена гипотеза, что количество составов поездов, прибывших на грузовую станцию за промежуток времени Δt , подчиняется равномерному закону и не противоречит результатам реальных наблюдений. Однако, распределение входящего поездопотока не является универсальной характеристикой, поэтому для оценки реальной загрузки станции при переработке вагонов требуется динамическое моделирование поведения транспортной системы.

5. Выбрано для описания поведения транспортной системы «Грузовая станция – ПНП» системно-динамическое моделирование. Формализация процессов в системе представлена описательной моделью, отражающей имитацию обработки заявок на перевозку грузов. На ее основе построена математическая модель, описывающая состояние объекта упрощенной агрегативной функцией в каждый момент времени с

учетом входных параметров, подчиненных нормальному закону распределения, и выходных, значение которых зависит от внутреннего состояния объекта. Способность учесть множество критериев при многократном изменении условий работы и состояния объектов реализована на имитационной модели.

6. Разработана имитационная модель функционирования грузовой станции и ПНП. Программный дистрибутив – AnyLogic, язык программирования - Java. Проверка адекватности и работоспособности имитационной модели выполнена по критерию Фишера. Исследование отношения дисперсий выборок из двух генеральных совокупностей (натурные наблюдения и результаты экспериментов на модели о среднем времени нахождения вагонов на станции) $S_1^2/S_2^2 = 0,63$, что подтвердило условие сходимости результатов моделирования и реальных наблюдений.

7. Разработанная методика выполнения экспериментов на модели «Грузовая станция – ПНП» учитывает влияние рабочего парка вагонов грузовой станции на объём их переработки, занятость маневровых локомотивов и существующую технологию обслуживания ПНП (очередность и порядок обслуживания прибывающих поездов, формирование подач на пути погрузки-выгрузки, собственно погрузка-выгрузка и т.д.) и позволяет выбрать вариант, при котором обеспечивается функциональная надежность работы грузовой станции при увеличении объемов вагонопотока. Результатами экспериментальных репликаций модели для станции стала возможность отправления 6 поездов при загрузке маневровых локомотивов и приемоотправочных путей не более 85 %, и величине рабочего парка вагонов, не превышающего 140 вагонов. Для этих условий потребуются следующие технические и технологические изменения: пять приемоотправочных путей, два маневровых локомотива, межпоездной интервал прибытия – 350 мин.

8. Согласно разработанной методике экономической оценки вариантов повышения функциональной надежности грузовой станции по обслуживанию ПНП, рациональное распределение ресурсов станции и исключение непроизводительного использования станционных путей и локомотивов позволит получать прибыль в размере 2,412 млн. руб./год.

9. Результаты исследования были внедрены на предприятии Западно-Сибирской железной дороги при разработке рациональных технических и технологических параметров терминально-логистического центра (ТЛЦ) и станции примыкания для этапного освоения перспективных размеров перевозок. В дальнейшем могут быть использованы при разработке и совершенствовании нормативно-технической и правовой документации, регламентирующей взаимодействие грузовых станций при обслуживании ПНП.

10. По результатам диссертационного исследования можно сделать общий вывод, что за счет внедрения предполагаемых в работе мероприятий возможно достичь значительного повышения функциональной надежности грузовых станций, увеличения объема перевозок грузов, улучшить использование транспортных средств и сооружений, усовершенствовать технологию взаимодействия железнодорожных станций и ПНП, а также снизить транспортные издержки.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в ведущих научных рецензируемых периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Кагадий И. Н. Исследование системы «Грузовая станция – путь необщего пользования» с использованием имитационной модели / Е. Д. Псеровская, И. Н. Кагадий // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – № 4. – С. 4-6;
2. Кагадий И. Н. Моделирование грузовой работы станции во взаимодействии с путями необщего пользования / Е. Д. Псеровская, И. Н. Кагадий // Известия Транссиба. – 2016. – № 1 (25). – С. 91-96;
3. Кагадий И. Н. Повышение функциональной надежности грузовой станции на основе оптимизации основных параметров ее работы / И. Н. Кагадий // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. - № 4(52). – С. 164-171;
4. Кагадий И. Н. Причинно-следственные связи загруженности грузовых железнодорожных станций с позиции теории системной динамики / Е. Д. Псеровская, И. Н. Кагадий // Транспорт Урала. – 2016. – № 4(51). – С. 77-82.

Публикации в журналах и научных сборниках:

5. Кагадий И. Н. Оценка влияния основных параметров грузовой станции на ее перерабатывающую способность / Е. Д. Псеровская, И. Н. Кагадий // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. - №1(40). – С. 19-29;
6. Кагадий И. Н. Исследование работы грузовой станции на имитационной модели при обслуживании пути необщего пользования / И. Н. Кагадий // Политранспортные системы: материалы IX Международной научно-технической конференции – 2016. – С. 295-299;

7. Кагадий И. Н. Использование метода имитационного моделирования в местной работе железнодорожных станций / И. Н. Кагадий // Транспортная инфраструктура Сибирского региона: материалы Шестой международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию со дня образования Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск: ИрГУПС, 2015. – С. 96. – 98;
8. Кагадий И. Н. Системная динамика функционирования грузовой станции / И. Н. Кагадий // Транспортный комплекс в регионах: опыт и перспективы организации движения: Материалы Международной научно - практической конференции. – 2015. – С. 26-29;
9. Кагадий И. Н. Влияние транспортно-логистической инфраструктуры промышленных предприятий на эффективность работы станций примыкания / И. Н. Кагадий // Политранспортные системы: материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия – ЕС. – 2015. – С. 394-398;
10. Кагадий И. Н. Моделирование работы грузовых фронтов объектов промышленного транспорта / И. Н. Кагадий // Совершенствование технологии перевозочного процесса к 80-летию факультета «Управление процессами перевозок»: сборник научных трудов. – 2015. – С. 188-193.

Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ

11. Кагадий И. Н., Псеровская Е. Д. Оптимизация работы железнодорожных грузовых станций и объектов промышленного транспорта / И. Н. Кагадий, Е. Д. Псеровская // Свидетельства о регистрации программы для ЭВМ № 2017615352 от 15.05.2017.

Кагадий Игорь Николаевич

**ПОВЫШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ
ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ
ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать

Формат 60 x 84 1/16

Объем 1,0 усл. печ. л.

Заказ №

Тираж 100 экз.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»
620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66
