

На правах рукописи



МОСКВИЧЕВА ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ**

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2011

Диссертация выполнена на кафедре «Управление эксплуатационной, грузовой и коммерческой работой» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (СамГУПС)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Третьяков Геннадий Михайлович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники РФ
Резер Семён Моисеевич
кандидат технических наук, доцент
Плахотич Сергей Алексеевич

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский государственный университет путей сообщения»

Защита состоится «25» ноября 2011г. в 14-00 на заседании диссертационного совета Д 218.013.01 при Уральском государственном университете путей сообщения по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, аудитория Б2-15, тел. (343) 358-55-10, e-mail: GVasilyeva@tm.usurt.ru.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке университета и в сети Интернет: на сайте ВАК РФ www.vak.ed.gov.ru и на сайте УрГУПС www.usurt.ru.

Автореферат разослан «21» октября 2011г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим направлять по адресу диссертационного совета и по факсу (343) 245-31-88.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



В. Р. Асадченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В соответствии с основными целями «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» развитие контейнерных перевозок в России является одной из важнейших доминант создания интегрированной и конкурентной транспортной системы страны. Главным преимуществом контейнеров остаётся их универсальность, и то, что грузовые перевозки контейнерами позволяют значительно сокращать общие транспортные издержки, которые входят в себестоимость продукции.

Мировой уровень контейнеризации вырос с 40 % в 2000 году до 65 % в 2010 году. При этом необходимо отметить, что в настоящий момент на российский контейнерный рынок приходится только около 2 % суммарного оборота мирового контейнерного рынка. Низкий уровень российской контейнеризации обусловлен тем фактом, что при организации данных перевозок возникают различные проблемы.

Одним из наиболее эффективных мероприятий по повышению эффективности железнодорожных контейнерных перевозок внутри страны и в международном сообщении является сокращение времени доставки контейнеров. Препятствиями к этому являются несоответствующий требованиям уровень развития технического оснащения и технологии работы контейнерных терминалов, низкие темпы внедрения перевозок контейнерными поездами, недостатки таможенного пропуска, низкий уровень взаимодействия с операторами подвижного состава и т.п.

Однако значительные возможности по сокращению времени доставки контейнеров открываются при снижении времени их обработки на терминалах (в целом грузы находятся на контейнерных терминалах России до 70% всего времени перемещения).

Таким образом, актуальной проблематикой исследований является повышение эффективности контейнерных перевозок за счёт разработки и внедрения инновационных технических и технологических решений в работе контейнерных терминалов.

Целью диссертационной работы является совершенствование технологических решений в организации работы контейнерных терминалов, обеспечивающее повышение эффективности доставки грузов в контейнерах с участием железнодорожного транспорта и достижение конкурентных преимуществ на рынке транспортных услуг. В соответствии с этой целью в исследовании поставлены и решены следующие **задачи**:

- выявлены проблемы структурной несбалансированности развития отечественного рынка перевозок грузов в контейнерах, а также даны характеристики технических, технологических возможностей и состояния инфраструктуры контейнерных перевозок;
- разработана функциональная модель поточной организации обработки контейнеров в условиях сквозной терминальной технологии;
- разработаны математические модели параметризации контейнерного терминала сквозного типа на основе обоснования выбора критериев оптимальности и технико-технологических параметров;

- построена математическая модель для реализации поточной обработки составов с контейнерами в рамках сквозной терминальной технологии;
- дана оценка эффективности метода поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом на основе применения принципов транспортной логистики.

В качестве **объекта исследования** рассматривается организация и технология работы контейнерных терминалов. **Предметом исследования** являются оптимизационные модели и методы организации работы контейнерных терминалов.

Методика исследования. Методологической и теоретической основой диссертационного исследования являются логистические принципы моделирования транспортных систем, методы экономико-математического моделирования и оптимизации, математические модели теории массового обслуживания и методология современной экономической теории в части структуры и динамики издержек.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

- предложен новый подход к организации работы контейнерных терминалов, основанный на технологии поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом, обеспечивающей способность контейнерного терминала принимать полносоставные контейнерные поезда и обеспечивать быструю и эффективную обработку поездов без их предварительного переформирования, включая перегрузку контейнеров с одного поезда на другой;
- разработана функциональная модель новой транспортно-технологической схемы работы с контейнерами, позволяющая обеспечить ряд технических требований – минимально необходимое число операций с контейнерами; единство и непрерывность транспортно-технологического процесса; минимальные пробеги вагонов с контейнерами; модульное построение; высокую степень автоматизации;
- разработан комплекс математических моделей для реализации поточной обработки составов с контейнерами и оптимизации параметров терминальной инфраструктуры;
- разработана методика расчёта эффективности метода организации поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом на основе применения принципов транспортной логистики.

Практическая значимость результатов исследований определяется возможностью использования основных положений и выводов при разработке стратегии развития транспортного комплекса как на региональном, так и на федеральном уровнях, в конкретных инженерно-технических решениях на стадии проектирования, эксплуатации и модернизации контейнерных терминалов, в первую очередь, для развития и повышения конкурентоспособности контейнерных перевозок на железнодорожном транспорте.

На защиту выносятся:

1. Метод организации поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом, обеспечивающий способность контейнерного терминала принимать полносоставные контейнерные поезда, а также быстро и эффективно обрабатывать

их без предварительного переформирования, включая перегрузку контейнеров с одного поезда на другой.

2. Комплекс математических моделей для реализации поточной обработки составов с контейнерами и оптимизации параметров терминальной инфраструктуры.

3. Методика расчёта эффективности метода организации поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом на основе применения принципов транспортной логистики.

Реализация результатов работы. Основные положения диссертационной работы использованы Дирекцией по управлению терминально-складским комплексом Куйбышевской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» при расчете оптимальных параметров технического оснащения и технологии контейнерных терминалов по переработке крупнотоннажных контейнеров. Результаты исследований используются в учебном процессе СамГУПС.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и получили одобрение на Международной научно-технической конференции «Наука, инновации, образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России» 16-17 ноября 2006 г., г. Екатеринбург; 3-ей Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта» 6-7 декабря 2006 г., г. Самара; Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт-2007» в 2007 г., г. Ростов-на-Дону; 4-й Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития транспортного комплекса» 4-5 марта 2008 г., г. Самара; 5-ой Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития транспортного комплекса» 25-27 февраля 2009 г., г. Самара; Межвузовской научно-практической конференции «Менеджмент качества и устойчивое развитие экономических систем» в 2007 г., г. Санкт-Петербург; на первом заседании Комиссии при Президенте Российской Федерации по вопросам модернизации и технологического развития экономики России, протокол № СА-4/6035 от 10.06.2009 г., г. Москва; на заседании секции «Государственной политики в области железнодорожного транспорта» научно-технического совета Минтранса РФ, протокол № 2 от 12.03.2010 г., г. Москва.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 14 печатных работах, в том числе 4 статьи опубликованы в изданиях, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК. По результатам исследований оформлены и получены 2 патента на изобретения, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 123 наименований и четырёх приложений. Содержание изложено на 169 машинописных страницах и включает 20 рисунков, 30 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, изложена значимость поставленной проблемы, сформулированы цель и задачи

исследования, раскрыта научная новизна и практическая значимость выполненной работы.

В первой главе диссертации дана характеристика существующей системы организации переработки контейнеропотоков на транспортной сети России, обобщён практический опыт организации работы контейнерных терминалов на зарубежных железных дорогах, а также выполнен анализ научных работ по теме исследования.

Анализ динамики российского рынка контейнерных перевозок за последние годы показывает высокие темпы роста объёмов перевозок грузов в контейнерах, как во внешнеторговом, так и во внутреннем сообщении, значительно превосходящие общемировые. Однако, более детальное исследование, представленное на рисунке 1, выявило существенные проблемы несбалансированности контейнеропотоков по отдельным структурным срезам, препятствующие дальнейшему эффективному и устойчивому развитию российского контейнерного рынка и, в особенности, рынка железнодорожных перевозок.

В главе подчёркивается, что основой транспортной системы России является железнодорожный транспорт, и, соответственно, именно он может и должен стать движущей силой в развитии национального контейнерного рынка. Доля контейнерных перевозок в общем объёме железнодорожных перевозок грузов в ведущих странах мира колеблется от 15 % до 70 %. Объём грузов, перевозимых в России в контейнерах по сети железных дорог, составляет только 3,7 % от общего объёма российских грузоперевозок.

В диссертационном исследовании даны характеристики технических, технологических возможностей и состояния инфраструктуры контейнерных перевозок, которые выявили ряд следующих проблем:

- нехватка тыловых терминалов, расположенных в непосредственной близости к существующим портовым комплексам, обеспечивающих и выполняющих основные логистические функции;
- низкие темпы внедрения внутриузловых перевозок контейнерными поездами между портовыми и тыловыми терминалами;
- региональная неравномерность развития контейнерных терминалов, что ограничивает развитие единого экономического пространства страны и сдерживает процесс контейнеризации, в частности, экспорта из основных промышленных регионов;
- отсутствие комплексного подхода при разработке единых маршрутов доставки контейнеров с учётом взаимодействия различных видов транспорта;
- обособленность и разобщенность технологий работы железнодорожных станций и контейнерных терминалов;
- отсутствие современной терминальной инфраструктуры, соответствующей текущим и перспективным потребностям перевозок грузов в контейнерах;
- отсутствие эффективного единого технологического процесса работы железнодорожных станций и соответствующих таможенных служб;
- основные фонды железнодорожного транспорта обновляются недостаточными темпами, их износ достиг 55 % и продолжает нарастать.

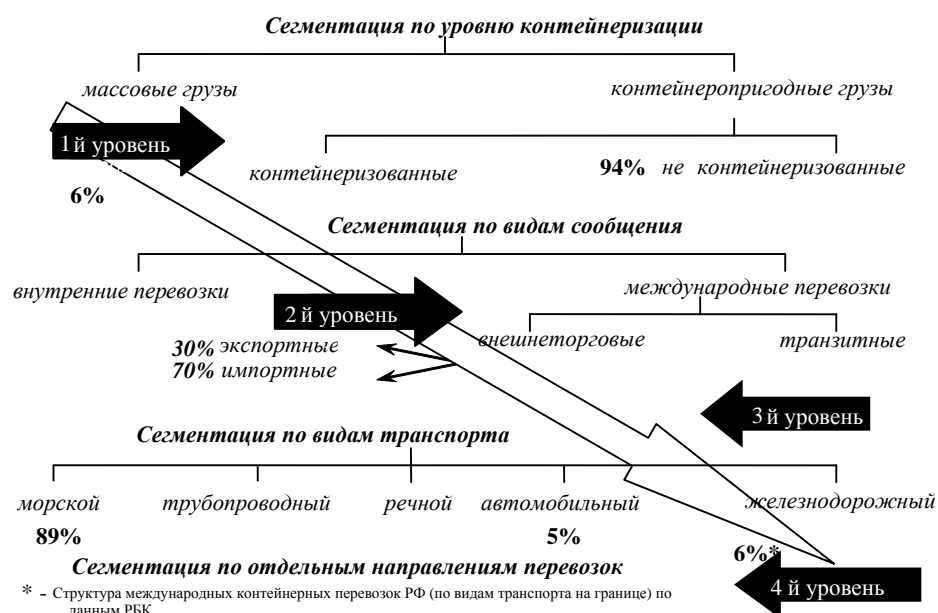


Рисунок 1 – Проблемы несбалансированного развития российского рынка контейнерных перевозок

Значительный вклад в создание и формирование современных методов организации перевозок, управления транспортом, развития и повышения конкурентоспособности транспортной системы страны, транспортной логистики внесли работы А. Э. Александрова, И. В. Белова, В. Г. Галабурды, П. А. Козлова, П. В. Куренкова, Б. М. Лapidуса, В. С. Лукинскогo, С. В. Милославской, Л. Б. Миротина, В. М. Николашина, А. Т. Осьминина, В. А. Персианова, Н. В. Правдина, С. М. Резера, В. И. Сергеева, А. А. Смехова, Е. В. Сотникова, Н. П. Терешинoй, С. А. Уварова, К. В. Холопова, В. А. Шарова, Д. Бенсона, Дж. Уайтхеда и других.

Проблемам повышения эффективности функционирования контейнерной транспортной системы посвящены работы П. В. Баскакова, А. Т. Дерибаса, Л. А. Когана, Л. Н. Матюшина, Р. Н. Паршиной, С. М. Резера, А. А. Смехова, М. Ф. Трихункова, С. О. Франка. Методы совершенствования организации контейнерных перевозок рассмотрены в работах В. А. Абгафорова, А. П. Абрамова, Т. А. Винокуровой, В. А. Католиченко, И. В. Лукашевой и других.

Однако до настоящего времени недостаточно раскрыт вопрос развития контейнерных терминалов, в том числе на железнодорожном транспорте, и совершенствования организации их работы с учётом современных потребностей транспортного рынка. К тому же рост требований, направленных на повышение пропускной способности контейнерных терминалов и уровня транспортного сервиса, вывел многие контейнерные терминалы на границы их технических и технологических возможностей, что, в свою очередь, требует решения вопросов дальнейшей модернизации существующих и разработки новых более совершенных схем и технологий работы контейнерных терминалов. Данные обстоятельства подтверждают актуальность и новизну диссертационной работы.

Во второй главе диссертации осуществлено построение функциональной модели поточной организации обработки контейнеров в условиях терминальной

технологии. Поточность обработки контейнеров представляет собой способность контейнерных терминалов принимать полносоставные контейнерные поезда и обеспечивать быструю и эффективную обработку поездов без их предварительного переформирования, включая перегрузку контейнеров с одного поезда на другой.

На основе характеристик показателей качества транспортного обслуживания, критериев оптимальности и технико-технологических параметров, основных принципов построения и свойств логистических систем, была предложена модель принципиально новой транспортно-технологической схемы работы с контейнерами (рисунок 2), технический результат которой достигается тем, что способ сортировки железнодорожных составов с контейнерами состоит в расформировании и формировании составов путём поперечного перемещения вагонов с одного пути на другие по направлениям, съёма контейнеров с состава, переноса их на накопитель, а также съёма контейнеров с накопителя и переноса их на сформированный состав.

Отличительной особенностью предлагаемой модели транспортно-технологической схемы работы с контейнерами является то, что операции по расформированию совмещены с формированием составов, причём исключается повторная сортировка. Характерно при этом, что сортировка контейнеров по назначениям не требует перемещения вагонов и происходит при помощи погрузочно-разгрузочного механизма.

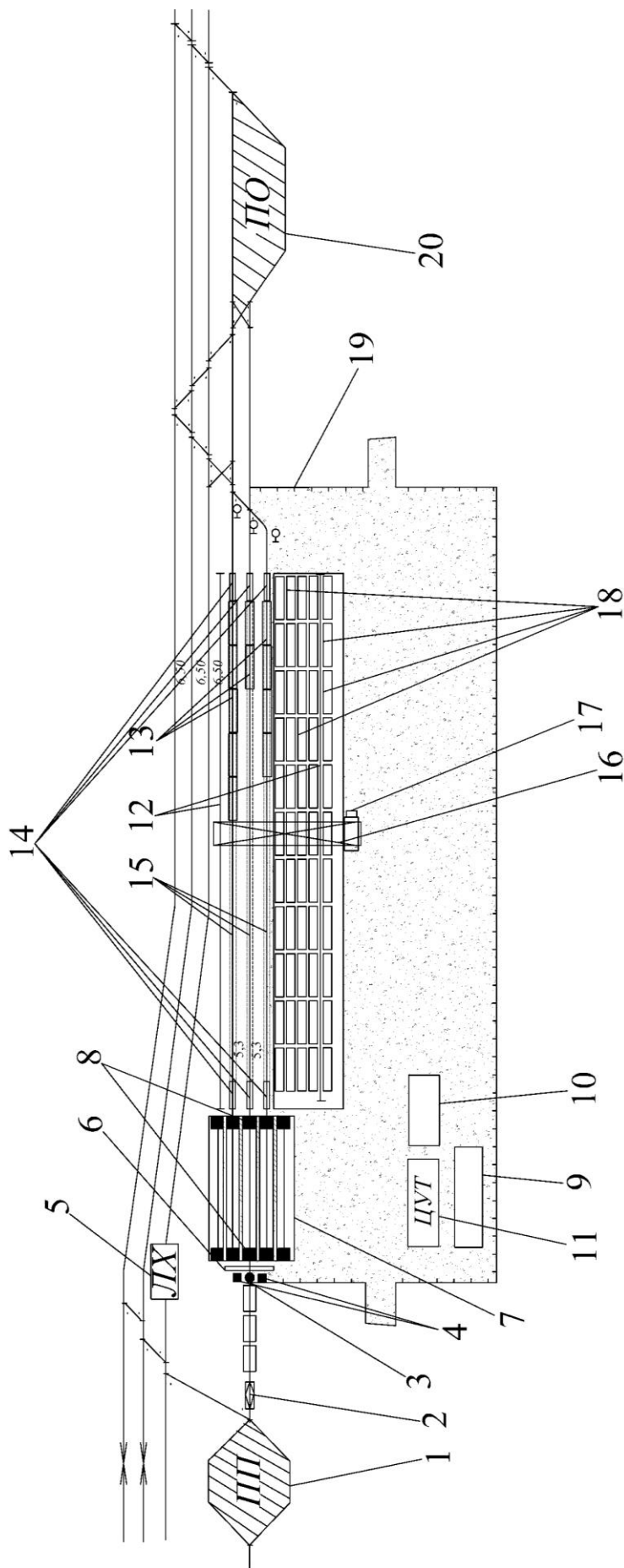
Принцип поточной обработки контейнеров осуществляется с помощью специального устройства – самодвижущейся сортировочной платформы (ССП) (рисунок 3), задачей которого является упрощение и интенсификация маневровой работы за счёт поперечного перемещения железнодорожных вагонов на соответствующие по назначению рельсовые пути.

Предложенная концепция терминала сквозного типа с поточной обработкой контейнеров отвечает ряду определенных технических требований, среди которых следует отметить модульное построение терминала; минимально необходимое число операций с контейнерами; высокая степень автоматизации; единство и непрерывность транспортно-технологического процесса; интегрированность в информационное пространство транспортной отрасли и логистического бизнеса и другие.

Для всестороннего анализа в диссертационном исследовании были выделены три наиболее важных аспекта организации данного контейнерного сервиса – технический, технологический и экономический.

Технический аспект заключается в создании специализированной терминальной инфраструктуры, включающей в себя контейнерные площадки, технику и оборудование для производства сортировочных и погрузочно-разгрузочных работ, средства автоматизации и управления.

На основании проведённой оценки эффективности формирования евроазиатских транспортных коридоров с точки зрения перспектив внедрения и развития на соответствующих направлениях терминалов сквозного типа с поточной обработкой контейнеров железнодорожным транспортом, в работе отмечается, что данные объекты должны являться элементами пространственной модели модернизации инфраструктуры транспортного комплекса РФ в составе внутренних и международных транспортных коридоров.

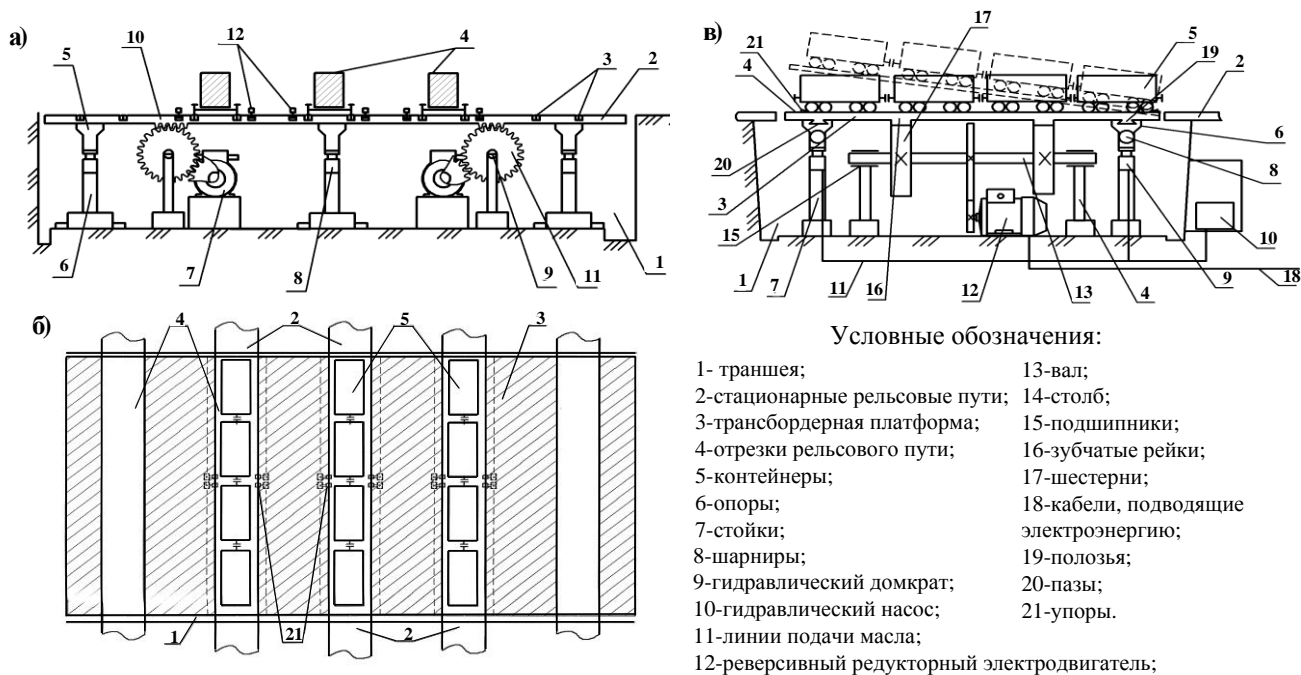


Условные обозначения:

- 1- парк приема;
- 2- маневровый локомотив;
- 3- счетчик осей;
- 4- фотореле и фотодачки;
- 5- локомотивное хозяйство;
- 6- напольные устройства для автоматического расцепления вагонов;
- 7- устройство, предназначенное для поперечного перемещения вагонов (самодвижущаяся сортировочная платформа);
- 8- тормозные упоры;
- 9- аппаратная;

- 10- хозяйственный блок/мастерская;
- 11- центр управления терминалом;
- 12- подкрановые пути;
- 13- составы, формируемые из отцепов;
- 14- ускорители – замедлители;
- 15- сортировочные пути;
- 16- кран;
- 17- автомобиль;
- 18- контейнеры;
- 19- ограждение;
- 20- парк отправления.

Рисунок 2 – Схема сквозного терминала с поточной обработкой контейнеров



а) вид спереди; б) вид сверху; в) вид сбоку

Рисунок 3 – Устройство для перемещения рельсового транспортного средства с одного рельсового пути на параллельный ему путь

При этом можно выделить два основных варианта применения предлагаемой транспортно-технологической схемы работы с контейнерами.

Первый вариант. При организации регулярного железнодорожного контейнерного сообщения на контейнерных терминалах сквозного типа (выступающих в качестве блок-пунктов) сможет происходить обмен группами вагонов на сортировочных путях. Часть вагонов сможет отцепляться для дальнейшей отправки под погрузку в текущем блок-пункте или по фидерному направлению.

Второй вариант. Для повышения эффективности использования железнодорожной инфраструктуры и увеличения пропускной способности транспортных узлов необходимо строительство контейнерных терминалов сквозного типа в качестве тыловых. Оснащенные складами для хранения генеральных грузов и сортировочной системой они смогут позволить подбирать судовые партии из прибывающих вагонов для каждого причала. Кроме того, на таких терминалах, расположенных в зоне тяготения к портам, смогут загружаться прибывшие порожние поезда и выгружаться экспортные грузы, если в порту отсутствуют суда для приема этих грузов.

Под технологическим аспектом рассматривалась необходимость разработки особых схем осуществления процесса перевозки, в которых бы учитывались все особенности поточной организации обработки контейнеров железнодорожным транспортом и максимально полно реализовывались преимущества данного вида контейнерного сервиса (таблица 1). Выбор указанных технологических параметров был обусловлен сформулированными требованиями к качеству транспортной услуги.

Таблица 1 – Требования к качеству транспортной услуги

Требования к качеству транспортной услуги	Технологические особенности предлагаемого контейнерного сервиса
1. Повышенная скорость доставки 2. Гарантированное транзитное время 3. Минимальный риск утраты и повреждения груза 4. Безопасность	Применение сквозной поточной обработки контейнеров, обеспечивающей единство и непрерывность транспортно-технологического процесса, минимальные пробеги вагонов, возможность комплексной автоматизации
5. Регулярность и ритмичность перевозки	Курсирование блок- и фидерных поездов по взаимоувязанным расписаниям
6. Высокая точность исполнения заявленных сроков доставки	Жесткие нитки графика с закреплением локомотивов (по возможности)
7. Обеспечение перевозочными средствами	Одним из основных направлений деятельности контейнерного терминала должна являться работа по координации действий операторов фитинговых платформ, направленная на полный и своевременный вывоз контейнеров ускоренными поездами. Её реализация в виде диспетчерского центра, действующего на основе договоров с операторами подвижного состава, позволит создать действенный инструмент управления подвижным составом в рамках транспортного узла
8. Возможность сокращения времени таможенного оформления	Контейнерный терминал должен являться оператором в виде получателя контейнеров на российской территории, иметь полномочия таможенного брокера и обеспечивать полный комплекс операций с контейнерами.
9. Доставка «от двери до двери»	Отлаженное взаимодействие с автотранспортом в узловых точках маршрута

Экономический аспект организации предлагаемой транспортно-технологической схемы работы с контейнерами подробно рассмотрен в 4 главе диссертационного исследования.

В третьей главе диссертации, учитывая необходимость определения параметров модели формализующих предлагаемый вариант контейнерного сервиса, приведены методы его параметризации.

В диссертационной работе разработана имитационная модель процесса расформирования состава с ССП, включающая расчет средних скоростей движения вагонов по участку, выполняемых для рекомендуемых при конструктивных расчетах расчетных бегунов, с учетом основного удельного сопротивления движению вагонов на расчетном участке; определение сил сопротивления, действующих на вагон при скатывании с ССП; расчет скатывания вагонов с ССП для классического сочетания расчетных бегунов и анализ его результатов; определение мощности тормозных средств, а также перерабатывающей способности сортировочной платформы.

Для расчета скоростей движения приравнивается работа движущей силы вагона на каком-либо отрезке к разности кинетической энергии на этом же отрезке.

$$mg \cdot L \cdot (i - \omega) \cdot 10^{-3} = (mv_k^2 - mv_n^2) / 2, \quad (1)$$

где g' – ускорение свободного падения с учетом вращающихся масс;
 ω – удельное сопротивление, $^0/_{00}$.

Обе части уравнения делятся на mg' и выполняются некоторые преобразования

$$Li \cdot 10^{-3} - L\omega \cdot 10^{-3} = v_k^2 / 2g' - v_n^2 / 2g', \quad (2)$$

где $Li \cdot 10^{-3}$ – высота ССП; $h_{\Pi} = Li \cdot 10^{-3}$.

Силы, действующие на вагон при скатывании, можно изобразить графически (рисунок 4).

$$h_{\Sigma} = v_k^2 / 2g' = v_n^2 / 2g' + Li \cdot 10^{-3} - L\omega \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

где $h_{\Sigma} = h_{\Pi} - h_{\omega}$ – свободная энергетическая высота, показывающая запас энергии

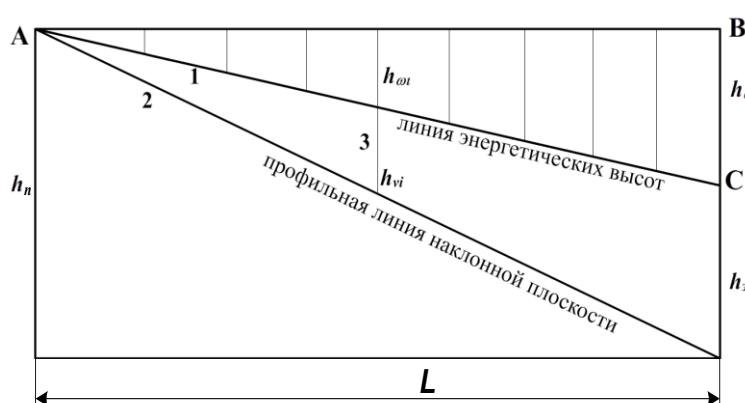


Рисунок 4 – График энергетических высот

вагона в конце участка.

h_{ω} В любой точке при скатывании с ССП вагон обладает кинетической энергией, равной

$$h_v = v^2 / 2g'; v = \sqrt{2gh}. \quad (4)$$

Из рисунка 4 следует, что

$$h_{\Pi} = h_{\omega} + h_{\Sigma}. \quad (5)$$

Основное удельное сопротивление движению одиночного вагона, кгс/тс, определяется по следующей формуле

$$\omega_o = -\frac{1}{b} \ln \left(\prod_{j=1}^a R_j \right), \quad (6)$$

где a, b – параметры гамма-распределения;

R_j – случайные числа, равномерно распределенные в интервале (0; 1).

Удельное сопротивление движению вагона от воздушной среды и ветра, кгс/тс

$$\omega_{cb} = c \cdot V_{от}^2, \quad (7)$$

где c – приведенный коэффициент воздушного сопротивления;

$V_{от}$ – относительная (результатирующая) скорость вагона (отцепы) с учетом направления ветра, м/с.

Относительная скорость отцепы определяется по формуле:

$$V_{от}^2 = V^2 + V_B^2 \pm 2V V_B \cos \beta, \quad (8)$$

где V – средняя скорость скатывания вагона на участке, м/с;

V_B – скорость ветра, м/с;

β – угол между направлением ветра и осью участка пути, по которому движется вагон, град.

Выполненные исследования численным методом позволяют определить характеристики основных параметров ССП: расчетную длину, высоту, общую мощность тормозных средств и перерабатывающую способность.

В диссертации предложена экономико-математическая модель определения оптимальных технико-технологических параметров контейнерного терминала,

включающая два критерия оптимальности – перерабатывающую способность контейнерного терминала φ_1 и коэффициент использования ПРМ по времени в течение суток φ_2 . Данные критерии учитывают все важнейшие технические параметры и оказывают влияние на временные технологические показатели и, в конечном счете, на срок доставки груза соответственно.

Задача состоит в том, чтобы при заданных значениях неуправляемых параметров (технические параметры ПРМ и подвижного состава, стоимостные показатели, экономические нормативы и другое), в области допустимых значений варьируемых (оптимизируемых) параметров – время работы контейнерного терминала, количество погрузочно-разгрузочных машин и так далее, найти такие значения, при которых достигается наилучшее сочетание значений критериев оптимальности. При этом система функциональных ограничений на значения критериев оптимальности имеет следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_1 &\geq P_{\text{СП}} \\ \varphi_1 &\geq Q_{\text{сут}} \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{вн}} \cdot K_{\text{к}} \end{aligned} \right\}, \quad (10)$$

где $P_{\text{СП}}$ – перерабатывающая способность сортировочного устройства;

$Q_{\text{сут}}$ – среднесуточный контейнеропоток;

$K_{\text{н}}, K_{\text{вн}}, K_{\text{к}}$ – коэффициенты, характеризующие, соответственно, среднесуточную, внутринедельную неравномерность, а также сгущение подвода контейнеров ко времени отправления контейнерного поезда.

Для решения данной задачи наиболее обоснованным можно считать подход, при котором находится решение, наилучшим образом приближающееся в пространстве критериев к множеству несовместимых оптимумов частных критериев (метод идеальной точки). В качестве компромиссной точки $A_{\text{к}}$ целесообразно принять решение, минимизирующее сумму квадратов относительных отклонений целевых функций от своих достижимых индивидуальных оптимальных значений.

$$A_{\text{к}} = \left\{ \min \sum_{v=1}^{\kappa} \left[\left(\frac{\varphi_v(A_i) - \varphi_v}{\varphi} \right)^2 \right] \right\}, \quad (11)$$

где A_i – множество допустимых значений оптимизируемых параметров;

$i = 1, \dots, n$ – количество оптимизируемых параметров;

$v = 1, \dots, \kappa$ – количество критериев оптимальности;

$\varphi_v(A_i)$ – допустимые значения критериев оптимальности;

φ_v – индивидуальные оптимальные значения критериев.

В модели поточной организации обработки контейнеров в условиях сквозной терминальной технологии целевой функцией, выступающей в роли координирующей, принимается время нахождения контейнеров на терминале, которое является важнейшим показателем качества работы логистической транспортной цепи.

В диссертации на основе методов теории массового обслуживания разработана математическая модель для реализации обработки составов с контейнерами на терминале сквозного типа.

Модель рассматриваемого объекта – контейнерного терминала сквозного типа – можно представить с помощью следующих параметров: пусть λ равняется среднему количеству составов с контейнерами, прибывающих на контейнерный терминал за единицу времени; t_{cp} равняется среднему времени обработки одного состава с контейнерами; σ_T – стандартное отклонение времени обработки одного состава с контейнерами. Введём величины:

$$\mu = \frac{1}{t_{cp}}; \rho = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda t_{cp}; v_T = \frac{\sigma_T}{t_{cp}}. \quad (11)$$

Принимаем, что количество прибывших за время t на контейнерный терминал составов является случайной величиной, заданной распределением Пуассона с параметром λt .

Процесс функционирования системы рассматривается как последовательная смена её состояний P_0, P_1, P_2, \dots , где за достаточно малое время Δt рассматриваемая система из состояния P_i с точностью до $O(\Delta t)$ перейдёт с вероятностью $\lambda \Delta t + O(\Delta t)$ в состояние P_{i+1} (при $i \neq 0$); с вероятностью $\mu \Delta t + O(\Delta t)$ в состояние P_{i-1} ; с вероятностью $1 - \lambda \Delta t - \mu \Delta t + O(\Delta t)$ система останется в прежнем состоянии.

Для нормального функционирования контейнерного терминала необходимо соблюдение неравенства $\rho < 1$, в противном случае происходит неограниченное увеличение очереди из необработанных составов. Система с показательным распределением времени обработки составов характеризуется следующими показателями:

1. Среднее число составов на контейнерном терминале как обрабатываемых, так и находящихся в ожидании

$$n_{\text{сист}} = \frac{\rho}{1 - \rho} = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}. \quad (12)$$

2. Среднее число составов, находящихся в ожидании обслуживания

$$n_o = \frac{\rho^2}{1 - \rho} = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}. \quad (13)$$

3. Среднее время пребывания составов в ожидании обслуживания

$$t_{\text{ож}} = \frac{\rho^2}{\lambda(1 - \rho)} = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}. \quad (14)$$

Система с произвольным распределением времени обработки характеризуется следующими показателями:

$$1. n_{\text{сист}} = \frac{\rho^2(1 + v_T^2)}{2(1 - \rho)} + \rho; \quad (15)$$

$$2. n_o = \frac{\rho^2(1 + v_T^2)}{2(1 - \rho)}; \quad (16)$$

$$3. t_{\text{ож}} = \frac{\rho^2(1 + v_T^2)}{2\lambda(1 - \rho)}. \quad (17)$$

В четвёртой главе диссертации решается задача сравнительной оценки затрат времени по вариантам существующей (стандартной) и предлагаемой технологиям

работы контейнерного терминала, целью которой является определение той или иной схемы организации контейнерного сервиса, обеспечивающей минимизацию времени обработки составов с контейнерами. В главе также определены подходы и даны методические рекомендации к оценке экономической эффективности организации поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом.

В соответствии с моделью стандартного технологического процесса на рисунке 5а конкретизируется схема многофазной модели системы массового обслуживания (СМО), обслуживающей железнодорожную станцию и контейнерный терминал тупикового типа. На рисунке 5б приведена схема многофазной модели СМО контейнерного терминала сквозного типа.

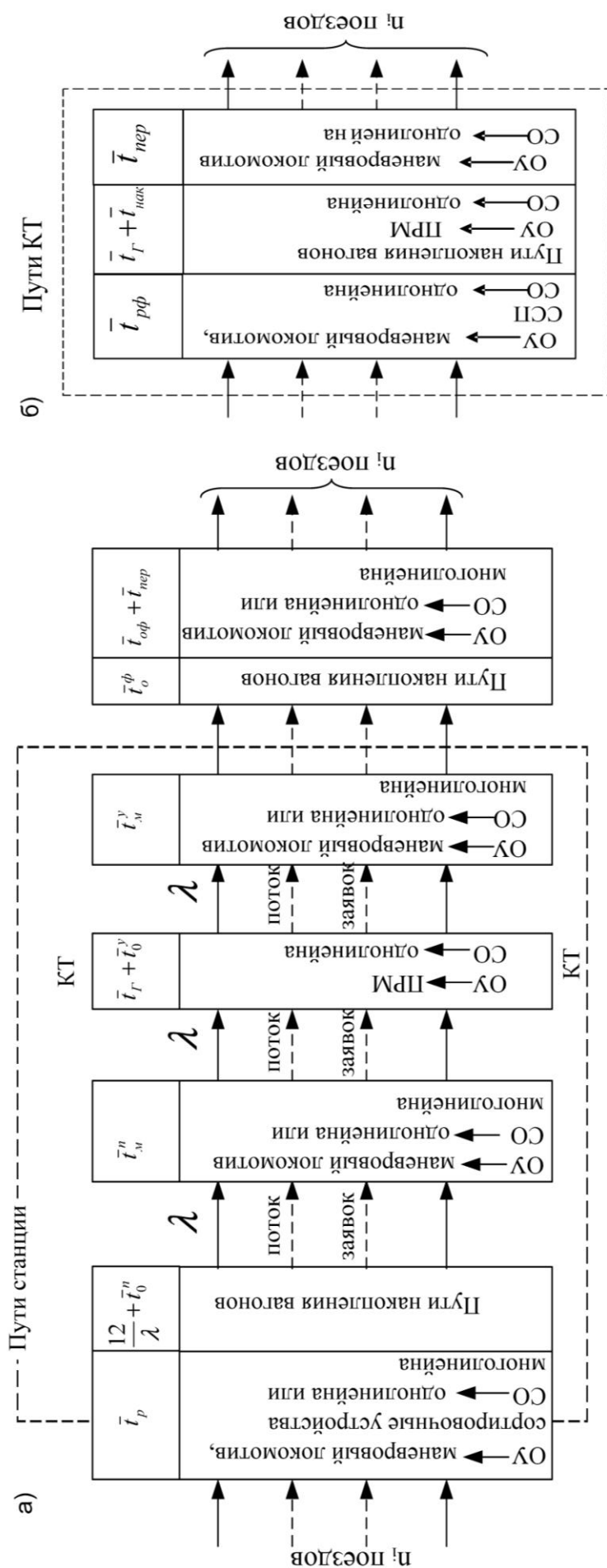
В сравнительном анализе транспортно-технологических схем работы с контейнерами принято время, затрачиваемое на обработку контейнерных поездов по прибытию $t_{обр}^{np}$ и отправлению $t_{обр}^{om}$, а также простой под накоплением $t_{нак}$ одинаковыми для обоих вариантов. Всем фазам обслуживания поставлены в соответствие входящие потоки и продолжительность обслуживания в виде ее закона распределения. По каждой рассматриваемой фазе сформированы аналитические выражения для определения средних численных реализаций продолжительности обслуживания, а также других сопутствующих параметров, таких как продолжительность ожидания обслуживания.

На рисунке 6 в качестве примера по двум вариантам контейнерного сервиса приведены результаты моделирования их работы. Расчёты показали, что с применением метода поточной обработки контейнеров существенно улучшаются технологические параметры – сокращаются межоперационные простои, улучшается использование технических средств, сокращается время нахождения контейнеров на контейнерном терминале.

В диссертации разработана методика расчёта эффективности метода организации поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом, алгоритм которой включает четыре блока и представлен в таблице 2.

В рамках данной методики предложен вариант распределения эффектов между участниками предлагаемого контейнерного сервиса, позволяющий выявить наличие синергетического эффекта, заключающегося в росте коммерческой привлекательности транспортной услуги для грузовладельца, и её экономической эффективности для перевозчиков, операторов подвижного состава, а также терминально-складских операторов.

Составляющими экономического эффекта для перевозчика можно считать экономию зависящих эксплуатационных расходов при перевозке контейнеров при имеющихся резервах пропускной способности; увеличение чистого дохода за счет привлечения дополнительных объемов перевозок; экономию за счёт сокращения потерь от выплат штрафов за нарушение сроков доставки и сохранности грузов; а также экономию расходов на ремонт маневровых локомотивов. Экономический эффект для оператора подвижного состава складывается из экономии от ускорения оборота грузовых вагонов и контейнеров за счёт сокращения простоя на станции железнодорожного полигона, обслуживающей контейнерный терминал; экономии расходов на ремонте грузовых вагонов и контейнеров.



Условные обозначения: t_p — среднее время расформирования составов; $t_o, t_o^{-n} t_o^{-y}$ — среднее время ожидания вагонов соответственно перед подачей на контейнерный терминал (КТ) и после уборки с КТ; $12/\lambda$ — среднее время накопления вагонов на подачу на станционных путях; $t_m, t_m^{-n} t_m^{-y}$ — соответственно среднее время подачи и уборки вагонов на КТ; t_r — средняя продолжительность грузовых операций на КТ; t_o — среднее время ожидания формирования составов с контейнерами; $t_{\text{об}}, t_{\text{пер}}$ — соответственно среднее время окончания формирования и перестановки составов.

а) стандартная модель; б) предлагаемая модель

Рисунок 5 – Стандартная модель многофазной СМО, обслуживающей контейнерный терминал и предлагаемая модель многофазной СМО, обслуживающей терминал сквозного типа с поточной обработкой контейнеров

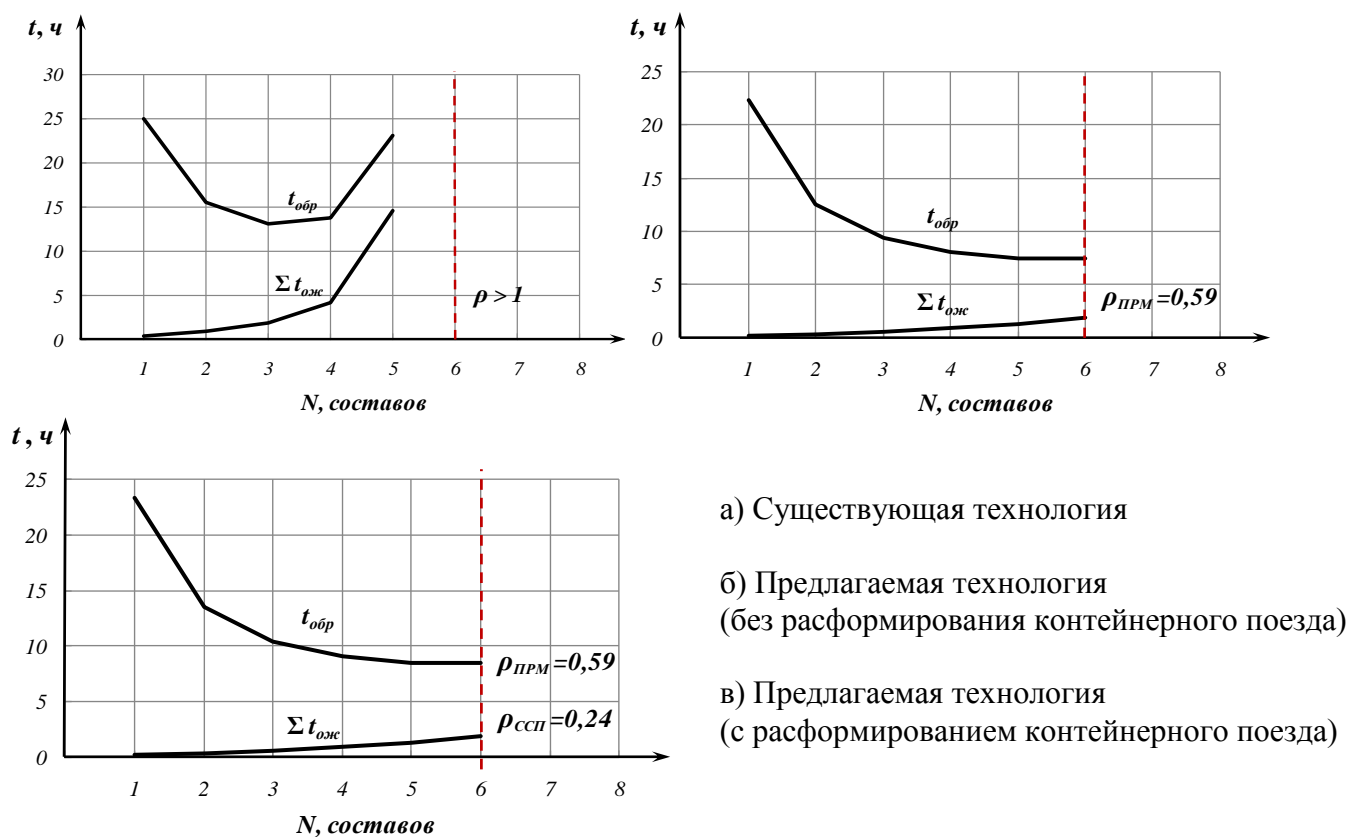


Рисунок 6 – Зависимость элементов простоя вагонов с контейнерами от объема переработки

Экономический эффект терминально-складского оператора оценивается через чистый доход, определенный как разность между ценой терминально-складской услуги и её себестоимостью; уменьшение эксплуатационных расходов за счёт улучшения условий, безопасности и культуры труда работников контейнерного терминала, а также снижение потерь от браков в маневровой работе в результате сокращения времени на подачу и уборку, времени на подборку и сборку, а также расстановку вагонов под грузовые операции; экономию от сокращения эксплуатационного штата. Чистая выгода грузовладельцев оценивается, исходя из сокращения величины грузовой массы «в пути» и соответствующего уменьшения стоимости поддержания необходимых размеров оборотного капитала.

В четвёртой главе также на основе разработанного варианта модели контейнерного терминала сквозного типа проведены оценочные расчеты эффективности организации поточной обработки контейнеров в рамках панъевропейского международного транспортного коридора № 2.

Таблица 2 – Алгоритм комплексной оценки эффективности организации поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом

Блоки	I	II	III	IV
Характеристика блоков	Разработка стратегических решений по созданию на транспортной сети страны железнодорожных контейнерных терминалов с поточной обработкой контейнеров, критерием целесообразности которых является минимизация дисбалансов контейнерных потоков на четырех иерархических уровнях, определенных в главе 1.	Моделирование параметров контейнерных терминалов, как элементов ЛПЦ, на основе определения оптимальных технических параметров и учета критериев, характеризующих эксплуатационную надежность.	Оценка ожидаемой коммерческой эффективности в целом с целью определения потенциальной привлекательности схемы для возможных участников и поисков источников финансирования.	Оценка общей экономической эффективности создания контейнерных терминалов с поточной обработкой контейнеров железнодорожным транспортом на основе методов дисконтирования.
Получаемые результаты	Определение оптимальных пунктов дислокации контейнерных терминалов, их мощности и последовательности создания отдельных контейнерных терминалов.	Установление целевых параметров данных проектов на стратегическом горизонте планирования.	Определение суммарного экономического эффекта для каждого варианта путем суммирования чистого дохода на всем горизонте планирования для каждого из четырех основных звеньев транспортно-логистической цепи.	Определение итоговых экономических показателей эффективности: чистого дисконтированного дохода (ЧДД), внутренней нормы доходности (ВНД) и срока окупаемости инвестиционных затрат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате полученных автором теоретических и практических результатов сделаны следующие выводы и предложения:

1. Проведен структурный анализ российского рынка контейнерных перевозок, в результате чего выявлены проблемы его несбалансированного развития, как следствия недостаточной конкурентоспособности данных услуг на международных транспортных рынках по стоимостным и качественным параметрам, и, в особенности, рынка железнодорожных перевозок, в четырех аспектах: а) низкий уровень контейнеризации перевозок, в том числе международных; б) несбалансированность внешнеторговых контейнеропотоков по видам сообщения (преобладание импортных контейнеропотоков); в) недостаточно активное освоение железнодорожным транспортом внешнеторговых контейнерных потоков; г) несбалансированность контейнеропотоков по отдельным направлениям железнодорожных перевозок.

2. Даны характеристики технических и технологических возможностей, а также состояния инфраструктуры контейнерных перевозок, которые выявили ряд проблем: в области технических средств; в сфере конкурентоспособности; в области технологии работы и инфраструктуры.

3. С учётом данных критического анализа существующей системы организации переработки контейнеропотоков на транспортной сети России и изучения международного опыта предложена технология поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом, обеспечивающая способность контейнерного терминала принимать полносоставные контейнерные поезда, а также быстро и эффективно обрабатывать их без предварительного переформирования, включая перегрузку контейнеров с одного поезда на другой.

4. Разработана функциональная модель поточной организации обработки контейнеров в условиях терминальной технологии. Предложенная концепция терминала сквозного типа позволяет обеспечить ряд технических требований, среди которых следует отметить модульное построение терминала; минимально необходимое число операций с контейнерами; высокая степень автоматизации; единство и непрерывность транспортно-технологического процесса; интегрированность в информационное пространство транспортной отрасли и логистического бизнеса.

5. Разработана математическая модель процесса расформирования состава с помощью сортировочного устройства – самодвижущейся сортировочной платформы (ССП), обеспечивающей переработку и продвижение контейнеропотоков в условиях поточной технологии работы терминала. Выполненные исследования численным методом позволили определить характеристики основных параметров ССП: расчетную длину, высоту, общую мощность тормозных средств и перерабатывающую способность.

6. Предложена экономико-математическая модель определения оптимальных технических и технологических параметров контейнерного терминала сквозного типа, учитывающая критерии, характеризующие эксплуатационную надежность.

Для принятия решения в условиях многокритериальности предложен метод «идеальной точки». В работе приведён пример расчёта параметров контейнерного терминала с учётом нескольких критериев, подтверждающих работоспособность предложенной модели. Минимальная сумма квадратов отклонений критериев от своих оптимальных значений составила $\sum A_k = 0,1031$, что соответствует времени работы контейнерного терминала $T = 24$ ч и количеству ПРМ $Z = 4$.

7. Разработана математическая модель для реализации поточной обработки составов с контейнерами в рамках сквозной терминальной технологии на основе методов теории массового обслуживания. В работе проведена сравнительная оценка затрат времени по вариантам стандартной и предлагаемой технологиям работы контейнерного терминала. Результаты расчетов по моделируемым вариантам контейнерного сервиса показали, что, при прочих равных условиях, средняя продолжительность обработки контейнерного поезда по предлагаемой технологии на 33,63 % меньше, чем по варианту с использованием традиционной технологии обработки контейнеров. В стандартной модели, обслуживающей контейнерный терминал, при обработке $N = 6$ составов относительная загрузка системы увеличивается больше единицы $\rho > 1$, что означает неограниченный рост очереди в ожидании обслуживания.

8. Разработана методика расчёта эффективности метода организации поточной обработки контейнеров железнодорожным транспортом на основе применения принципов транспортной логистики. Проведены оценочные расчеты создания контейнерного терминала сквозного типа с проектной мощностью 300 000 TEU/год в рамках панъевропейского МТК №2. Суммарный экономический эффект по 4 звеньям транспортно-логистической цепи на пятилетнем горизонте планирования проекта оценен в 7 212, 8 млн. руб. При оценке общей экономической эффективности проекта на десятилетнем горизонте планирования чистый дисконтированный доход составил 11716,14 млн. руб., дисконтированный период окупаемости – 4,9 года.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК, и патенты:

1. Москвичева Е. Е. Моделирование процесса расформирования состава с контейнерами в условиях поточной технологии работы терминала сквозного типа [Текст] / Е. Е. Москвичева // Вестник транспорта Поволжья. – 2010. - №4. – С.72-81.
2. Москвичева Е. Е. Построение математической модели обработки составов с контейнерами на терминале сквозного типа [Текст] / Е. Е. Москвичева // Транспорт Урала: научно-технический журнал. – 2011. – №1(28). – С.14-18.
3. Москвичева Е. Е. Сквозные терминалы с поточной обработкой контейнеров [Текст] / О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 3. – С. 21-24.
4. Москвичева Е. Е. Концептуально новая транспортно-технологическая схема работы с контейнерами на транспорте [Текст] / П. В. Куренков, О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева // Бюллетень транспортной информации. – 2009. - № 1. – С. 22-25.

5. Патент 2346837 Российская Федерация, МПК В61В 1/00, В65G 63/00. Способ формирования и расформирования железнодорожных составов со съёмными емкостями / П. В. Куренков, О. В. Москвичев, В. В. Суетин, Е. Е. Москвичева, П. А. Грошев; заявитель и патентообладатель Самарский государственный университет путей сообщения. - № 2007143002/11; заявл. 20.11.2007; опубл. 20.02.2009, Бюл. № 5.

6. Патент 2369504 Российская Федерация, МПК В61J 1/10, В65G 63/00. Устройство для перемещения рельсового транспортного средства с одного рельсового пути на другой, параллельный ему путь / О. В. Москвичев, В. В. Суетин, О. В. Суетина, А. П. Кузнецов, С. К. Чатоян, А. А. Дружинин, П. В. Куренков, Е. Е. Москвичева; заявитель и патентообладатель Самарский государственный университет путей сообщения. - № 2007130263/11; заявл. 07.08.2007; опубл. 10.10.2009, Бюл. №28.

В других изданиях:

7. Москвичева Е. Е. Ноу-хау в работе с контейнером [Текст] / Е. Е. Москвичева // РЖД-Партнер. – 2007. - № 21. – С. 60-62.

8. Москвичева Е. Е. К вопросу технической модернизации инфраструктуры по переработке вагонов и контейнеров на транспорте [Текст] / О. В. Москвичев, В. В. Суетин, Е. Е. Москвичева // Контейнерный бизнес. – 2009. – № 10. - С. 36-41.

9. Москвичева Е. Е. Проблемы, пути решения и перспективы развития контейнерных перевозок в России [Текст] / О. В. Москвичев, Е. Е. Москвичева // Вестник СамГАПС: научно-технический журнал. – Вып.7. – Самара: СамГАПС, 2007. – С. 9-11.

10. Москвичева Е. Е. Перспективный подход к организации работы с контейнерами на транспорте [Текст] / Г. М. Третьяков, Е. Е. Москвичева // Вестник СамГУПС: научно-технический журнал. – Вып.1. – Самара: СамГУПС, 2009. – С. 28-32.

11. Москвичева Е. Е. К вопросу формирования инфраструктуры контейнерных перевозок, отвечающей потребностям рынка [Текст] / Е. Е. Москвичева / Труды всероссийской научно-практической конференции «Транспорт – 2007». Часть 2. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2007. – С. 77-80.

12. Москвичева Е. Е. Роль формирования единого экономического пространства евроазиатского континента в развитии перевозок внешнеторговых грузов в контейнерах [Текст] / Е. Е. Москвичева / Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта: материалы 3-й Международной научно-практической конференции. – Самара: СамГАПС, 2006. – С. 21-23.

13. Москвичева Е. Е. Транспортно-логистические центры в системе международных транспортных коридоров [Текст] / Е. Е. Москвичева / Наука, инновации, образование: актуальные проблемы развития транспортного комплекса России: материалы международной научно-технической конференции. – Екатеринбург: УРГУПС, 2006. – С. 340-341.

14. Москвичева Е. Е. Причины и проблемы низкого уровня контейнеризации в России [Текст] / Е. Е. Москвичева / Актуальные проблемы развития транспортного комплекса: материалы IV международной научно-практической конференции. – Самара: СамГУПС, 2008. – С. 63-65.

МОСКВИЧЕВА ЕЛЕНА ЕВГЕНЬЕВНА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
В ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ КОНТЕЙНЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать 10.10.2011. Формат 60×90 ¹/₁₆.
Усл. печ. л. 1,2. Тираж 100 экз. Заказ № 246.

Отпечатано в Самарском государственном университете путей сообщения.
443022, Самара, Заводское шоссе, 18.
тел.: (846) 999-01-56.