



Кузьмин Дмитрий Владимирович

Организация региональной сети контроллерных терминалов

Специальность 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы
страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» МГУПС (МИИТ) на кафедре «Логистика и управление транспортными системами».

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Багинова Вера Владимировна

Официальные
оппоненты: Рахмангулов Александр Нельевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (ФГБОУ ВПО «МГТУ»), кафедра «Промышленный транспорт», профессор;
Коровяковский Евгений Константинович, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВПО ПГУПС), кафедра «Логистика и коммерческая работа», заведующий кафедрой.

Ведущая
организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВПО «РГУПС»)

Защита состоится «23» декабря 2015 г., в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 218.005.09 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» по адресу: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, ауд. 1235.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте МГУПС (МИИТ) – www.miit.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2015 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор



Козырев Валентин Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В настоящее время перед железнодорожным транспортом стоит задача повышения конкурентоспособности отрасли, увеличения диапазона рынков конкурентного присутствия и привлечения новых грузовладельцев. Решение перечисленных задач заключается не только в комплексном развитии отрасли, но и в поиске новых форм интеграции различных видов транспорта.

В условиях современного конкурентного рынка транспортных услуг потребителями диктуются повышенные требования к качеству их предоставления. Поэтому эффективная деятельность компаний-перевозчиков сегодня невозможна без клиентоориентированной политики, применения логистических методов управления транспортным процессом и использования современных технологий.

Результаты исследовательских работ, проводимых ОАО «РЖД» в последние несколько лет, подтверждают необходимость создания новых клиентоориентированных транспортных продуктов, в основе которых должна лежать интеграция железнодорожного и других видов транспорта.

Одним из перспективных высокодоходных транспортных рынков, требующих доставки грузов по принципам «от двери до двери» и «точно в срок», являются внутрирегиональные и межрегиональные перевозки. Существенная доля таких перевозок осуществляется по унимодальному принципу с участием автомобильного транспорта. Учитывая множество факторов функционирования автомобильного транспорта в России, таких как большие расстояния между основными потребителями транспортных услуг, низкое качество дорог, высокий уровень эксплуатационных затрат, длительное время прохождения таможенных процедур и т. д., можно сделать вывод о целесообразности переориентации части грузопотоков с автомобильного на железнодорожный транспорт. Мировой опыт показывает, что одной из наиболее эффективных форм комбинирования перечисленных видов транспорта являются контрейлерные перевозки, получившие широкое распространение в странах Европы и США. С 60-х годов прошлого века предпринималось множество попыток решения различных вопросов организации контрейлерных перевозок, которые до сегодняшнего дня, по причинам технического, технологического и экономического характера, не дали положительных результатов.

Исходя из вышеизложенного, актуальность данного исследования заключается в совершенствовании процессов организации контрейлерных перевозок, с целью освоения

новых высокодоходных рынков, привлечения дополнительных грузовладельцев на железнодорожный транспорт и удовлетворения потребности населения и экономики в качественных перевозках.

Степень научной разработанности темы. Различные аспекты организации контейнерных перевозок стали предметом внимания отечественных учёных ещё в начале второй половины XX века. Сформированная за годы исследования теоретическая база позволяет проследить историю развития этого вопроса. До настоящего времени проекты организации полноценного функционирования контейнерных перевозок в России так и не реализованы.

Изучению различных аспектов организации перевозок и работы транспортной инфраструктуры в части строительства, проектирования, экономики, сервисного обслуживания, технологии и моделирования работы посвящены труды множества отечественных и зарубежных учёных, в частности М.М. Алаева, В.И. Апатцева, В.В. Багиновой, М.М. Болотина, А.Я. Калиниченко, А.Г. Кирилловой, С.Н. Корнилова, О.Н. Ларина, Б.А. Лёвина, Э.А. Мамаева, Л.Н. Матюшина, Л.Б. Миротина, В.Н. Морозова, В.И. Николашина, Ю.О. Пазойского, А.Н. Рахмангулова, С.М. Резера, О.В. Снигур, Н.П. Терёшиной, Л.С. Фёдорова, А.С. Шапкина, В.А. Шарова, М.И. Шмулевича, А.В. Шобанова и др.

Весомый вклад в решение проблем организации контейнерных перевозок внесли труды Международных научно-практических конференций «Развитие контейнерных и контейнерных перевозок в России на основе терминально-логистических центров» (Москва, 26.08.13; 27.03.14) и «Развитие контейнерных и контейнерных перевозок в России и в международных сообщениях» (Москва, 09.04.2015), в рамках которых представителями научного, образовательного и транспортного сообществ обсуждались ключевые вопросы развития и организации интермодальных перевозок в целом и контейнерных перевозок, в частности.

Современный рынок контейнерных технологий достаточно широк и характеризуется множеством принципиально разных предложений, эффективность использования которых зависит от условий внешней среды и поставленной задачи. Этим обусловлена необходимость принятия рациональных управленческих решений выбора контейнерной системы на этапе организации контейнерных перевозок.

Мировая практика показывает, что организация эффективного функционирования контейнерных перевозок – это комплексная задача, зависящая от множества внешних инфраструктурных, экономических, нормативно-правовых и экологических факторов. Учитывая это, очевидно, что одной из наиболее актуальных задач является

моделирование разнообразных процессов контрейлерных перевозок на различных этапах их организации.

Вышеперечисленные проблемы обусловили цель и задачи диссертационного исследования.

Цель исследования – разработка методических основ организации региональной сети контрейлерных терминалов.

Задачи исследования, необходимые для достижения сформулированной цели:

- проанализировать зарубежный и российский опыт использования терминальных контрейлерных технологий;
- выявить проблемы организации контрейлерных перевозок в России;
- сформулировать критерии выбора контрейлерной системы и предложить на их основе алгоритм выбора;
- разработать и апробировать имитационную модель формирования региональной сети контрейлерных терминалов с учётом региональных факторов;
- разработать рекомендации по комбинированию существующих подходов имитационного моделирования при изучении функционирования контрейлерных перевозок.

Объект исследования – контрейлерные перевозки.

Предмет исследования – организация региональных сетей контрейлерных терминалов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

- выявлены и классифицированы проблемы и предпосылки развития контрейлерных перевозок в России;
- сформулированы критерии выбора контрейлерной системы. На основе метода анализа иерархий предложен алгоритм выбора контрейлерной системы;
- разработана имитационная модель региональных контрейлерных перевозок с учётом спроса на качественные перевозки, позволяющая определить условия их востребованности на региональном уровне и конфигурацию сети контрейлерных терминалов;
- обосновано комбинирование подходов имитационного моделирования при изучении функционирования контрейлерных перевозок.

Теоретическая и практическая значимость диссертации. Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в определении критериев и разработке алгоритма выбора контрейлерной системы, совершенствовании методологии

имитационного моделирования контрейлерных перевозок, а также модели формирования региональной сети контрейлерных терминалов.

Результаты, полученные в работе, имеют прикладной характер и позволят обосновывать принятие решений при выборе контрейлерной системы и организации контрейлерных перевозок в регионе. Разработанные рекомендации, алгоритм выбора и модель могут быть полезны различным органам исполнительной власти, осуществляющим государственную политику в области транспорта, при разработке стратегий регионального транспортного развития, а также транспортным компаниям, работающим в сегменте железнодорожных грузовых перевозок.

Методология и методы исследования Методологическая основа исследования включает: метод анализа иерархий, теорию массового обслуживания, теорию имитационного моделирования: системную динамику, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование.

Методической основой явились труды отечественных и зарубежных ученых, посвящённые вопросам транспорта, организации производства, экономики, статистики, менеджмента и логистики.

На основании сформулированных задач и цели исследования, **на защиту выносятся следующие положения:**

1. Выявленные предпосылки и препятствия организации и использования контрейлерных перевозок в России;
2. Теоретическое обоснование критериев и алгоритм принятия решений по выбору реализуемой контрейлерной системы;
3. Имитационная системно-динамическая модель формирования региональной сети контрейлерных терминалов;
4. Теоретическое обоснование комбинирования методов имитационного моделирования при изучении функционирования контрейлерных перевозок.

Вклад автора в проведённое исследование заключается в обосновании выбора изучаемой темы, формулировании целей и постановке задач исследования, апробации результатов; сборе и анализе данных; изучении мирового и отечественного опыта организации контрейлерных перевозок; выявлении проблем и тенденций развития контрейлерных перевозок в России; формировании иерархии критериев для осуществления выбора наиболее предпочтительного варианта контрейлерной системы; разработке и апробации имитационной модели формирования региональной сети контрейлерных терминалов.

Степень достоверности и апробация результатов исследования

обеспечивается применением научных методов исследования, корректностью их использования, надежностью информационной базы, обоснованием теоретических выводов и подтверждаются апробацией разработанных теоретических и математических решений, а также имитационной модели.

Результаты диссертационного исследования докладывались на Научно-практической конференции «Управление логистическими системами: глобальное мышление – эффективное решение», в рамках 10-го Южно-Российского логистического форума (Ростов-на-Дону, РИНХ, 2014); Международной научно-практической телеконференции «Международная логистика: наука, практика, образование» (Москва, МИИТ, 2014); 73-й Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки, техники и образования» (Магнитогорск, МГТУ им. Г.И. Носова, 2015).

Также результаты исследования прошли апробацию и были внедрены в учебный процесс Института управления и информационных технологий Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 статьи опубликованы в рецензируемых научных журналах и изданиях, включённых в перечень ВАК Российской Федерации.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объём работы составляет 152 страницы. Работа включает 26 рисунков, 13 таблиц. Список использованных источников состоит из 117 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследования, отражена практическая значимость и научная новизна диссертационной работы, личный вклад автора и выносимые на защиту положения.

В первой главе проведён анализ состояния, проблем и перспектив развития рынка контрейлерных перевозок, выявлены некоторые тенденции развития и изучен накопленный методологический опыт их организации, проведён обзор научных работ по теме исследования.

Проведённый анализ показателей функционирования рынка транспортно-логистических услуг показывает необходимость поиска и внедрения эффективных

транспортных продуктов. Доля логистических издержек в ВВП РФ превышает 20%, при среднемировом показателе в 11,4%.

Специфика современных перевозок «от двери до двери» основана на принципах интермодализма и требует участия нескольких видов транспорта с использованием стандартизированного тарооборудования. Современный рынок грузовых перевозок характеризуется интенсивным использованием железнодорожного и автомобильного транспорта, причём последний по множеству технических, экономических и инфраструктурных причин не всегда может эффективно функционировать. Несовершенство автомобильных грузовых перевозок в России негативно отражается на экономике государства и ведёт к существенным потерям (рисунок 1). Фрагментарно низкое качество сети автомобильных дорог ведёт к удорожанию автомобильной перевозки в 1,3–1,5 раза, снижению скорости и повышению износа транспортных средств.

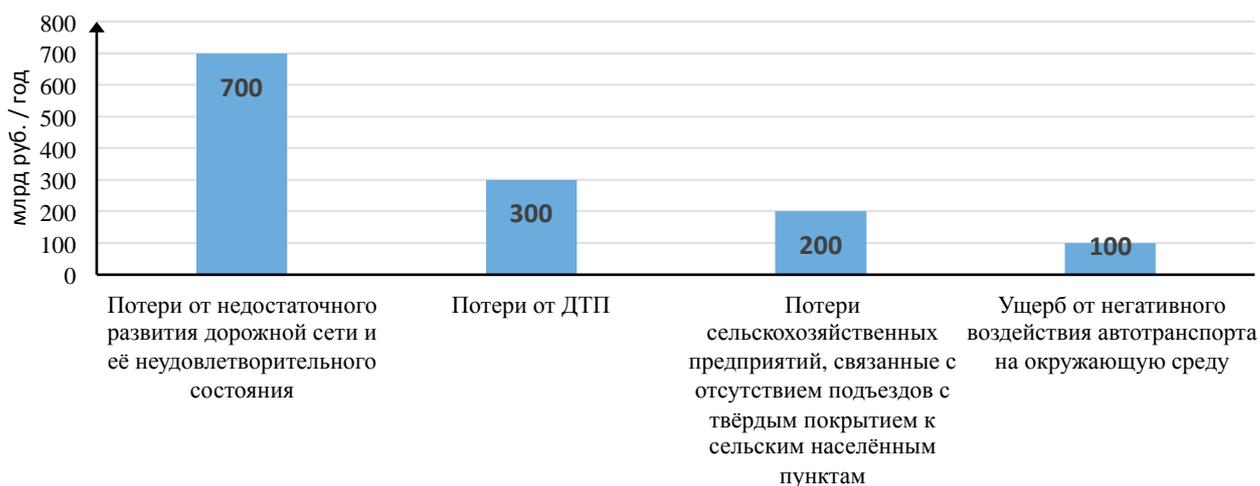


Рисунок 1 – Потери российской экономики от несовершенства работы автомобильного транспорта

Анализ опыта США и ряда стран Европы показал эффективность комбинирования автомобильного и железнодорожного транспорта с помощью контейнерных перевозок. При этом с точки зрения экономической эффективности они не являются привлекательным способом транспортировки грузов. Зарубежный опыт показывает, что для привлечения к ним внимания со стороны грузоотправителя необходимо создать ряд определённых «вынуждающих» условий, таких как ограничения осевой нагрузки и времени передвижения автомобильного транспорта, а также жёсткие экологические требования и высокие налоги.

Современный рынок технологических решений в области организации контейнерных перевозок характеризуется большим диапазоном предлагаемых

терминальных систем, из анализа которых следует вывод о существенных технологических и технических различиях между ними и, как следствие, наличии у каждой сферы эффективного использования.

Отечественный опыт насчитывает множество попыток организации контейнерных перевозок, которые в силу различных причин инфраструктурного, технологического, экономического и т. д. характера не привели к их конечной реализации и широкому использованию. Тем не менее на современном транспортном рынке России существует ряд предпосылок организации контейнерных перевозок. Проведённый анализ позволил выявить и классифицировать следующие барьеры и предпосылки их организации (таблица 1 и таблица 2).

Таблица 1 – Классификация барьеров организации контейнерных перевозок в России

Область	Барьеры
Экономическая	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие поддержки со стороны государства; – низкие финансовые показатели проекта на начальном этапе эксплуатации; – отсутствие привлекательной тарифной политики; – коммерческая сложность, связанная с реализацией эффективных механизмов привлечения грузов; – отсутствие возможности оперативного оформления перевозочных документов
Нормативно-правовая	<ul style="list-style-type: none"> – несовершенство нормативно-правовой базы контейнерных перевозок; – лояльная к автомобильному транспорту политика государства в части экологии и эксплуатации транспортной инфраструктуры
Инфраструктурная	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие соответствующей инфраструктуры на железнодорожных пунктах пограничного, транспортного и таможенного контроля; – отсутствие чёткой концепции выбора оптимальной технологии контейнерных перевозок из существующих инженерных решений на рынках Европы и США
Технологическая	<ul style="list-style-type: none"> – несовершенство технологий перевозочного процесса, повсеместно обеспечивающих высокую скорость движения грузовых поездов; – отсутствие инфраструктурных и информационных решений, обеспечивающих оперативное оформление документов на перевозку

Таблица 2 – Классификация предпосылок организации контейнерных перевозок в России

Область	Предпосылки
Законодательная	<ul style="list-style-type: none"> – реформирование таможенных процедур, обусловленное появлением Таможенного союза; – наличие сезонных ограничений, накладываемых на деятельность отдельных видов транспорта в некоторых регионах; – повышение качества контроля за соблюдением режима труда и отдыха персонала, участвующего в перевозке грузов автомобильным транспортом; – ужесточение экологических требований и ограничений в части шумов и выбросов вредных веществ, являющихся последствиями деятельности автомобильного транспорта
Экономическая	<ul style="list-style-type: none"> – интенсивный рост спроса на качественное транспортно-логистическое обслуживание; – увеличение внешнего и внутреннего товарообмена; – высокая стоимость горюче-смазочных материалов, а также обслуживания автотранспортных средств

Технологическая	<ul style="list-style-type: none"> – планы по модернизации существующей и формированию новой терминально-логистической инфраструктуры железнодорожного транспорта Российской Федерации; – наиболее благоприятные, по сравнению с Европой, условия в части габаритных ограничений
Инфраструктурная	<ul style="list-style-type: none"> – большое количество автомобилей при низкой плотности автодорожной сети. Особенно критичными представляются условия, возникающие в крупных мегаполисах и областных центрах; – низкое качество дорожного покрытия отдельных участков интенсивно используемых направлений; – низкое качество дорожного сервиса в части создания условий для отдыха персонала и обслуживания транспортных средств
Географическая	<ul style="list-style-type: none"> – большие дистанции между основными потребителями транспортных услуг, обусловленные значительным удалением областных центров друг от друга; – сложные климатические условия, неблагоприятные для эффективного использования грузового автотранспорта на больших дистанциях

Во второй главе описаны типовые технологические процессы эксплуатации контрейлерного терминала. Технологический процесс работы контрейлерного терминала включает в себя: приём заказов, бронирование, въезд и выезд, регистрацию прибывших транспортных средств, регистрацию оплаты, выдачу разрешений на въезд, накопление, погрузку и выгрузку, документальное сопровождение, перемещение между зонами терминала. Из проведенного анализа типовых процессов функционирования терминалов следует, что обслуживание и внутритерминальные перемещения грузовых транспортных средств изменяются в зависимости от типа контрейлерной перевозки. В работе сформулированы схемы внутритерминальных перемещений автопоездов с последующей заменой прицепа и отправлением без прицепа, а также перемещений тягача, прибывшего для последующего отправления из терминала с прицепом.

Из приведенного обзора контрейлерных технологий следует, что различные контрейлерные системы имеют свою сферу эффективного применения, т.е. наиболее полно отвечают специфике решаемых задач, а также требуют различных объёмов инвестиций на этапе их организации и эксплуатации. Широкий спектр технологий и потребность в дотациях диктуют необходимость принятия рациональных управленческих решений на этапе их организации. При этом данные решения должны, с одной стороны, соответствовать специфике потребления транспортных услуг в регионе, т. е. качественно, с учётом специфики решаемых задач удовлетворять спрос на перевозку, а с другой стороны – обеспечивать минимум капитальных и эксплуатационных затрат на контрейлерные перевозки в регионе.

В связи с этим в работе рассмотрена задача выбора контрейлерной системы. В рамках этой задачи на основе метода анализа иерархий сформулирован алгоритм выбора (рисунок 2) и предложен перечень критериев.

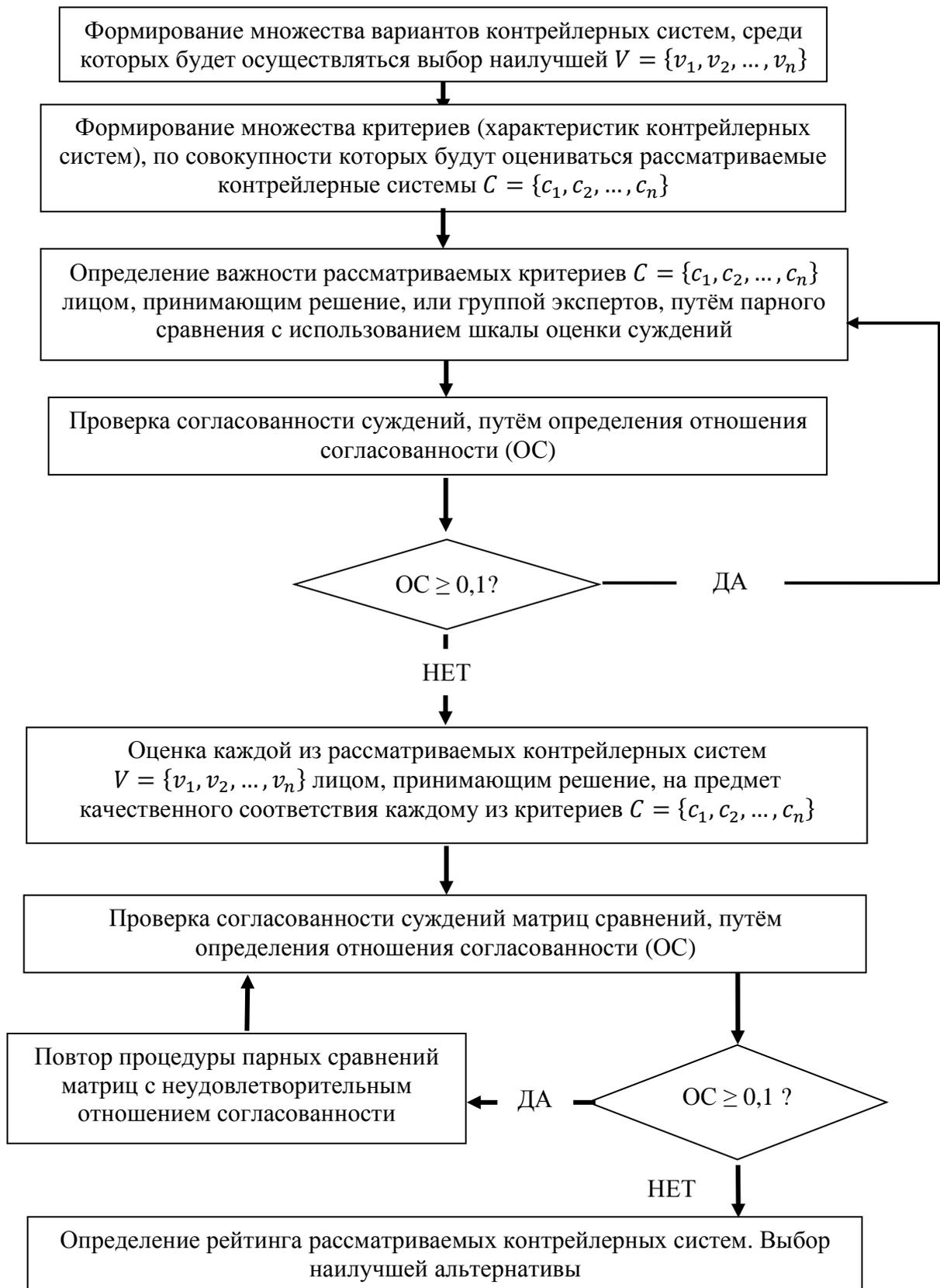


Рисунок 2 – Алгоритм выбора контррейлерной системы

Выбор контррейлерной системы предлагается осуществлять по следующим критериям: K_1 – стоимость строительства терминала; K_2 – стоимость специализированного вагона; K_3 – стоимость эксплуатации; K_4 – количество персонала,

участвующего в погрузочно-разгрузочных работах; K_5 – необходимость наличия дополнительного оборудования и техники, участвующей в погрузке и разгрузке состава; K_6 – возможность осуществления параллельной погрузки и выгрузки состава; K_7 – универсальность перевозки (способность осуществить как сопровождаемую, так и не сопровождаемую перевозку); K_8 – наличие сложных технических узлов вагонов и терминалов, чувствительных к внешним условиям и имеющих ограничения по работе в определённых климатических зонах; K_9 – необходимость строгого позиционирования состава по фронту погрузки или выгрузки; K_{10} – возможность подключения перевозимого трейлера к электропитанию вагона для обогрева двигателя или поддержания необходимой температуры в прицепе; K_{11} – допустимость перевозки транспортных контейнеров; K_{12} – выполнимость погрузочно-разгрузочных работ под контактным проводом; K_{13} – возможность автоматизированной смены колеи; K_{14} – количество вагонов в составе поезда; K_{15} – опыт эксплуатации системы (концепция, испытания, активное использование). При проведении декомпозиции задачи рассматриваемый набор критериев был условно рассортирован на четыре блока (подцели): минимизация затрат; максимизация перерабатывающей способности; универсальность; удобство эксплуатации.

В рамках решения данной задачи были рассмотрены варианты контрейлерных систем, представленных в таблице 3. Связи предложенной выше декомпозиции, а также результаты расчётов описаны с помощью иерархии (рисунок 3).

Таблица 3 – Контрейлерные системы и критерии их сравнения

Назв. / крит.	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Modalohr	3 млн €	355 000 €	0,05 €/км	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	60	АИ
CargoSpeed	2,3 млн €	120 000 €	0,06 €/км	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	55	АИ
Flexiwaggon	0 млн €	175 000 €	0,06 €/км	Вод-ль	-	+	-	+	-	+	-	+	-	56	АИ
CargoBeamer	1,2 млн €	105 000 €	0,063 €/км	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	54	АИ
13-9961	0	Ниже конкурентов	Ниже конкурентов	+	+	+/-	+	-	-	-	+	+	-	48	И

Из анализа результатов видно, что наиболее предпочтительной альтернативой, по совокупности рассматриваемых критериев, является шведская контрейлерная система Flexiwaggon. Существенным преимуществом данного варианта является отсутствие необходимости строительства специализированных контрейлерных терминалов на всём маршруте следования и, как следствие, экономия затрат при организации перевозок и обслуживании терминальной инфраструктуры. Помимо этого, система позволяет осуществлять параллельные погрузочно-разгрузочные работы силами одного водителя, не привлекая дополнительного персонала или техники.

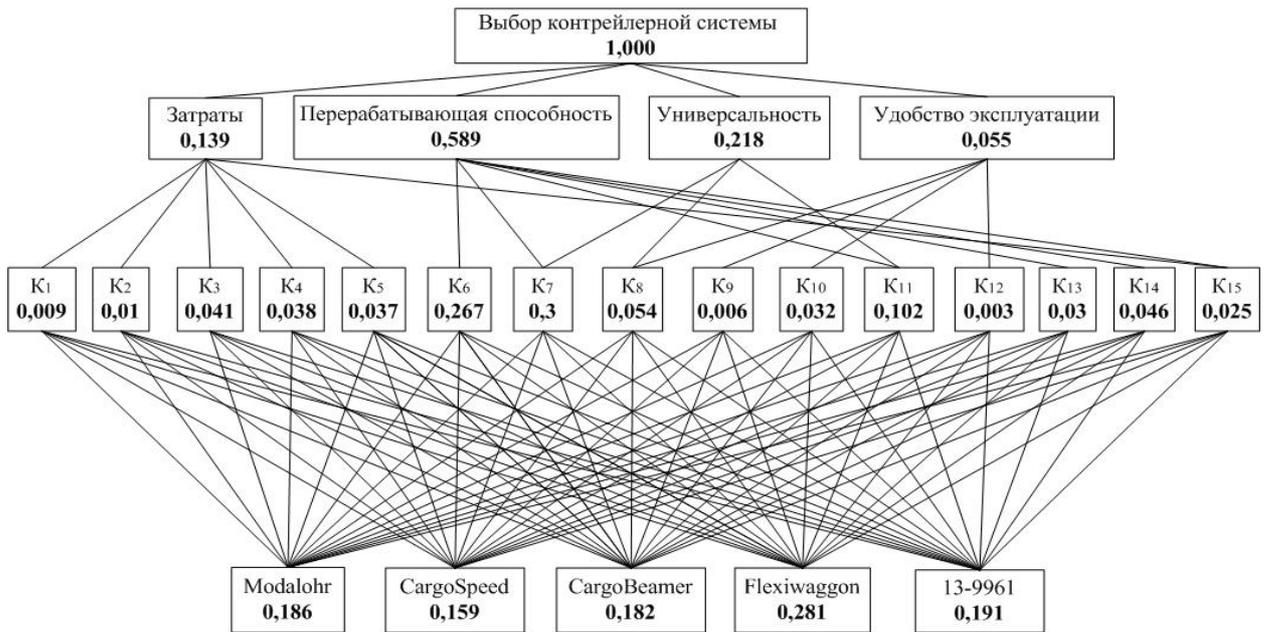


Рисунок 3 – Иерархия и результаты выбора контейнерной системы

В транспортных узлах с интенсивной грузовой и коммерческой работой, для эффективной организации работы системы, необходима организация специализированной контейнерной площадки, тогда как в промежуточных пунктах, с малыми объёмами спроса на данную услугу, достаточно небольшой модернизации принимающих железнодорожных станций. Это существенно упрощает организацию контейнерного сообщения и делает его более адаптивным, т. е. обеспечивает возможность оперативного реагирования при колебаниях спроса на услугу на внешних транспортных рынках и организации новых маршрутов или корректировки уже используемых, в соответствии с требованиями рынка. В условиях нестабильного и плохо прогнозируемого спроса на контейнерные перевозки, с точки зрения бизнес-стратегии высокая адаптивность контейнерной системы является большим преимуществом. В совокупности с высокой производительностью и низким уровнем постоянных затрат, связанных с оплатой труда специализированного персонала и обслуживанием технически сложной терминальной инфраструктуры, варианты автономных контейнерных систем являются наиболее рациональными.

В третьей главе рассмотрены некоторые аспекты моделирования контейнерных перевозок, а также предложена имитационная модель, позволяющая определять размещение региональной сети контейнерных терминалов на базе существующих железнодорожных станций региона.

В работе рассмотрен вопрос моделирования работы контейнерного терминала с помощью средств, предлагаемых теорией массового обслуживания. Пусть в терминал прибывает λ автопоездов в час, а процедура приёмки и проезда в терминал через

единственный контрольно-пропускной пункт занимает в среднем b минут. Тогда аналитическое определение среднего времени ожидания в очереди, для пуассоновского потока заявок и экспоненциального времени распределения, составит:

$$w = \frac{\lambda b^2}{1 - \lambda b}, \quad (1)$$

где λ – интенсивность входного потока автопоездов; b – среднее время обслуживания.

В действительности распределение времени приёмки автопоездов не происходит по экспоненциальному закону и выглядит более сложным. Изучение такой системы вынуждает учитывать вариации времени обслуживания прибывающих транспортных средств. В этом случае среднее время ожидания будет иметь вид:

$$w = \frac{\lambda b^2 (1 + C_b^2)}{2(1 - \lambda b)}, \quad (2)$$

где C_b – коэффициент вариации времени обслуживания автопоезда.

Представим, что каналов обслуживания (контрольно-пропускных пунктов) несколько. Такая система представляет собой многоканальную СМО, что существенно усложнит поиск решения. С учётом экспоненциально распределённого времени обслуживания и пуассоновского потока клиентов решение определяется следующим образом:

$$w = \frac{\lambda b^2}{K(1 - \rho)}, \quad (3)$$

где $\rho = \frac{\lambda b}{K}$ – коэффициент использования системы; K – число контрольно-пропускных пунктов.

Тогда вероятность занятости всех контрольно-пропускных пунктов можно представить в виде:

$$P = \frac{(K\rho)^K}{K!(1 - \rho)} P_0, \quad (4)$$

а вероятность отсутствия принимающихся на контрольно-пропускных пунктах автопоездов как:

$$P_0 = \left[\frac{(K\rho)^K}{K!(1 - \rho)} + \sum_{i=0}^{K-1} \frac{(K\rho)^i}{i!} \right]^{-1}, \quad (5)$$

где i – число требований.

Из этого следует, что любое изменение процесса или попытка его приближения к реальности будут аннулировать полученные ранее результаты, а увеличение числа

параметров, в конечном счёте, приведёт к невозможности решения задачи аналитическим способом. На практике технологические процессы, проходящие внутри контрейлерного терминала, выглядят более сложными. Следовательно, построение адекватных математических моделей контрейлерных перевозок инструментами теории массового обслуживания невозможно.

Рассмотрена проблема применения методов имитационного моделирования при исследовании функционирования контрейлерных перевозок. Выявлено, что использование конкретных подходов имитационного моделирования в большей степени обусловлено масштабами изучаемых процессов. Ввиду сложности процессов функционирования как контрейлерного терминала, так и региональных контрейлерных перевозок в целом, предлагается комбинировать системную динамику, агентное и дискретно-событийное моделирование. В работе описаны примеры многоподходного моделирования контрейлерных перевозок.

Для определения размещения региональной сети контрейлерных терминалов на базе существующих железнодорожных станций региона в работе предложена системно-динамическая модель формирования региональной сети контрейлерных терминалов, основанная на следующих основных предположениях: 1) грузовые перевозки в регионе осуществляются автомобильным и железнодорожным транспортом. Известны объёмы и средняя дальность перевозок этими видами транспорта на момент начала моделирования; 2) известна динамика совокупного спроса на грузовые перевозки в регионе, определяемая объёмом промышленного производства; 3) изменение объёма перевозок, осваиваемых определённым видом транспорта, а также возникновение потребности в контрейлерных перевозках определяются увеличением спроса на перевозки повышенного качества и изменением дальности таких перевозок; 4) спрос на перевозки повышенного качества пропорционален разнице между средними складскими затратами грузовладельцев и средними затратами на перевозку; 5) для удовлетворения потребности в перевозках повышенного качества грузовладелец выбирает вид транспорта, обеспечивающий минимальные суммарные затраты на хранение и транспортировку грузов; 6) возникновение спроса на контрейлерные перевозки в регионе удовлетворяется созданием контрейлерного терминала, месторасположение которого на региональных железнодорожных станциях определяется минимумом затрат на сооружение терминала.

Структура имитационной модели формирования региональной сети контрейлерных терминалов включает в себя следующие блоки: Блок I – формирование и удовлетворение спроса на перевозки (рисунок 4); Блок II – моделирование динамики

затрат на создание системы контрейлерных терминалов в регионе (рисунок 6); Блок III-1 – моделирование динамики эксплуатационных затрат на контрейлерные перевозки (рисунок 5); Блоки III-2 и III-3 – моделирование динамики эксплуатационных затрат, соответственно, на железнодорожные и автомобильные перевозки; Блок IV – моделирование динамики суммарных транспортно-складских затрат (рисунок 6), возникающих при удовлетворении потребностей региона в грузовых перевозках.

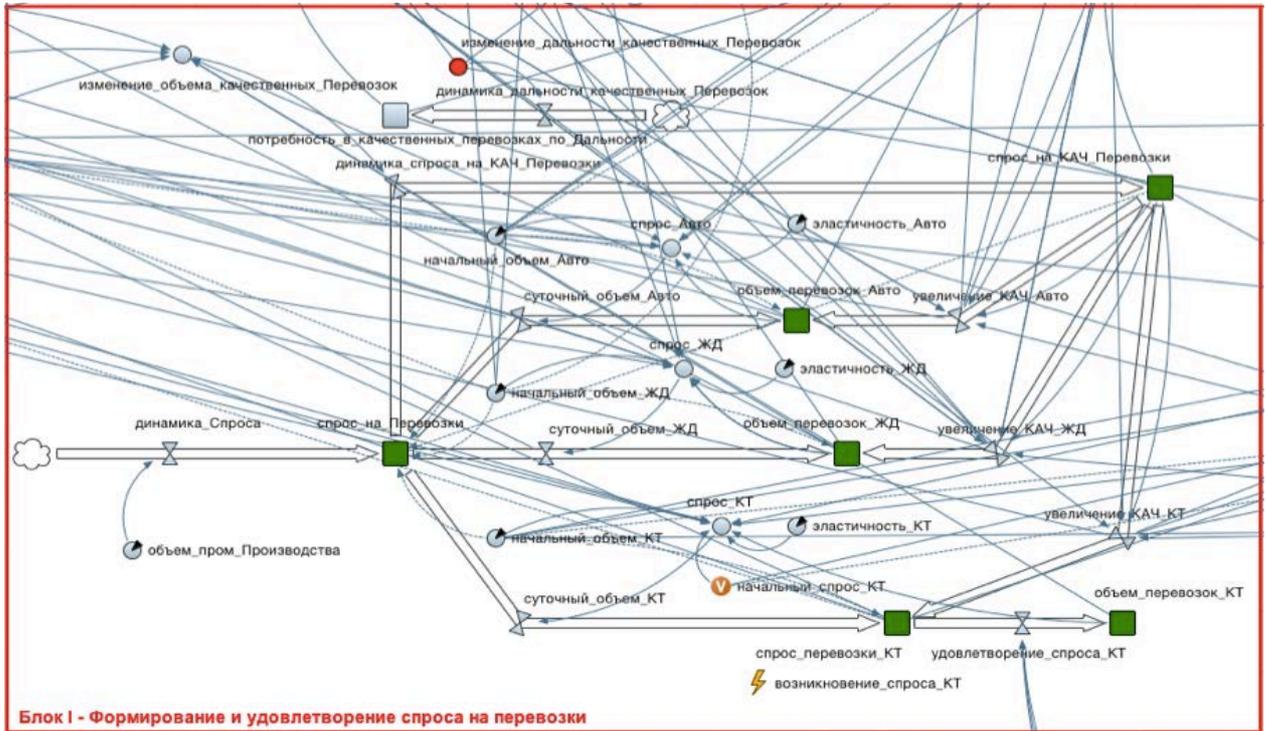


Рисунок 4 – Блок формирования и удовлетворения спроса на перевозки

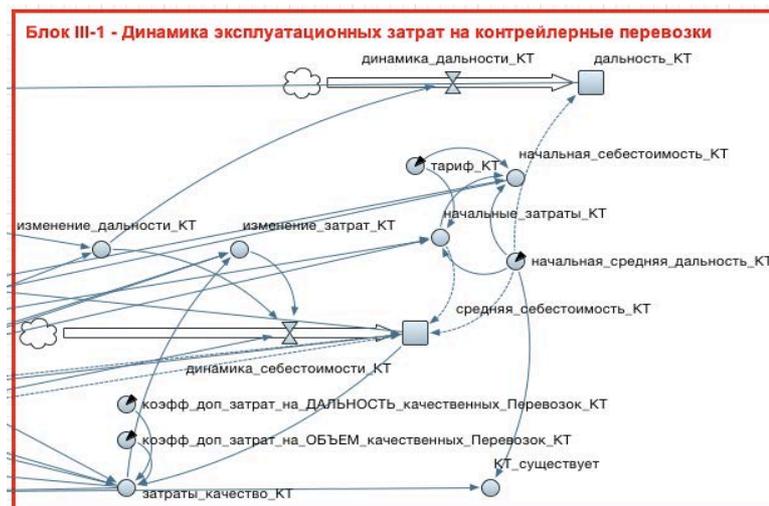


Рисунок 5 – Блок моделирования эксплуатационных затрат на контрейлерные перевозки



Рисунок 6 – Блоки формирования региональной сети контейнерных терминалов и динамики транспортно-складских затрат

В начальный момент моделирования известный годовой объём спроса на перевозки в регионе полностью удовлетворяется железнодорожным и автомобильным транспортом. Фактическое распределение региональных объёмов перевозок между этими видами транспорта определяется транспортной характеристикой и дальностью транспортировки конкретных грузов, производимых и потребляемых в регионе. В процессе моделирования суточные объёмы автомобильных, железнодорожных и контейнерных перевозок изменяются в зависимости от величины текущего спроса на соответствующие услуги Q_t , которую предлагается рассчитывать в модели по формуле:

$$Q_t = Q_0 + \frac{Q_0 K_3 \Delta C}{100}, \quad (6)$$

где Q_0 – объём перевозок в начальный момент моделирования, т; ΔC – изменение стоимости логистических услуг на доставку грузов, %; K_3 – коэффициент эластичности спроса на логистические услуги, зависящий от вида транспорта, используемого при транспортировке.

Процент изменения стоимости логистических услуг на доставку грузов – ΔC рассчитывается по формуле:

$$\Delta C = \frac{C_t - C_0}{C_0} + \frac{W_t - W_0}{W_0}, \quad (7)$$

где C_t – себестоимость транспортировки на момент моделирования t , руб/т-км; W_t – себестоимость хранения грузов на момент моделирования t , руб/т; C_0 – себестоимость транспортировки в начальный момент моделирования, руб/т-км; W_0 – себестоимость хранения грузов в начальный момент моделирования, руб/т.

В случае если складские затраты транспортных клиентов превышают затраты на транспортировку грузов, разница между этими затратами определяет потребность в перевозках повышенного качества. Величину спроса на перевозки повышенного качества предлагается рассчитывать как средневзвешенную объёмов перевозок

различными видами транспорта по разнице между складскими и транспортными затратами по формуле:

$$\Delta Q_t = \frac{Q_{A,t} \Delta Z_{A,t} + Q_{ж,t} \Delta Z_{ж,t} + Q_{K,t} \Delta Z_{K,t}}{\Delta Z_{A,t} + \Delta Z_{ж,t} + \Delta Z_{K,t}}, \text{ при } \Delta Z_{A,t}, \Delta Z_{ж,t}, \Delta Z_{K,t} > 0, \quad (8)$$

где $Q_{A,t}$, $Q_{ж,t}$, $Q_{K,t}$ – суммарный объём перевозок на момент модельного времени t , соответственно, автомобильным, железнодорожным транспортом и контейнерными поездами, т; $\Delta Z_{A,t}$, $\Delta Z_{ж,t}$, $\Delta Z_{K,t}$ – разница между складскими и транспортными затратами на момент модельного времени t , соответственно, для автомобильного, железнодорожного транспорта и контейнерных поездов, руб.

Спрос на качественные перевозки в общем случае может удовлетворяться любым видом транспорта. Условиями освоения спроса на качественные перевозки определённым видом транспорта являются минимум затрат на обеспечение качественных перевозок по сравнению с остальными видами транспорта и наличие потерь у клиентов данного вида транспорта. Дополнительные затраты на обеспечение качественных перевозок предлагается в модели рассчитывать по формуле:

$$\Delta C_q = \Delta Q_t \cdot K_Q \cdot \Delta L_t \cdot K_L \cdot C_t, \quad (9)$$

где ΔL_t – потребность в увеличении дальности перевозок повышенного качества – рассчитывается как среднее значение фактической дальности транспортировки грузов, для которых величина ΔZ_t – положительная, с учётом прогноза или потребности изменения дальности таких перевозок, км; K_Q , K_L – коэффициенты изменения затрат при увеличении, соответственно, объёмов и дальности перевозок повышенного качества.

Для удовлетворения спроса в регионе на качественные перевозки выбирается такой вид транспорта, для которого отношение ΔZ_t к ΔC_q максимально.

Если спрос на качественные перевозки эффективно удовлетворять путём организации контейнерных перевозок и (или) в регионе возникает спрос на контейнерные перевозки обычного качества, но с меньшей, по сравнению с остальными видами транспорта, стоимостью, то в регионе возникает необходимость формирования сети контейнерных терминалов.

Предполагается, что спрос на контейнерные перевозки удовлетворяется путём строительства в регионе одного или нескольких контейнерных терминалов. Выбор железнодорожных станций региона для размещения контейнерных терминалов в имитационной модели осуществляется путём использования механизма оптимизации AnyLogic. Выбор производится по критерию минимума потока денежных средств на строительство и эксплуатацию региональной системы терминалов в течение периода

моделирования, при условии полного удовлетворения потребности региона в контрейлерных перевозках. Региональная сеть контрейлерных терминалов описывается в модели набором параметров «*вариант_1*», «*вариант_2*» и т. д., каждый из которых принимает значение 0 или 1, в зависимости от того, размещён или нет контрейлерный терминал на соответствующей станции. Варианты размещения характеризуются затратами на строительство определенного терминала – «*затраты_Строительство*» и его перерабатывающей способностью – «*перерабатывающая_способность_KT*», заданными в модели массивами значений.

Затраты на обеспечение качественных контрейлерных перевозок в модели эквивалентны их эксплуатационным затратам, тогда как удовлетворение спроса на перевозки повышенного качества автомобильным и железнодорожным транспортом требует дополнительных затрат (Блок III-2 для железнодорожного транспорта и аналогичный по структуре Блок III-3 – для автомобильного). Увеличение себестоимости автомобильных и железнодорожных перевозок приводит как к снижению спроса на них (Блок I), так и к снижению спроса на качественные перевозки, поскольку в этом случае складские затраты транспортных клиентов могут стать меньше транспортных издержек (величины $\Delta Z_{A,t}$, $\Delta Z_{Ж,t}$, $\Delta Z_{К,t}$ в формуле (8) становятся отрицательными).

Увеличение себестоимости перевозок приводит к снижению объёмов промышленного производства в регионе, сокращению спроса на перевозки. Сохранение такой тенденции в перспективе способствует уменьшению транспортных тарифов, что, через определённый период моделирования, приводит к последующему росту объёмов производства и спроса на транспортные услуги.

На разработанной имитационной модели были проведены серии простых и оптимизационных экспериментов, как с учётом создания на железнодорожных станциях региона сети контрейлерных терминалов, так и при существующей ситуации, когда весь спрос на перевозки в регионе удовлетворяется только автомобильным и железнодорожным транспортом. В процессе проведения модельных экспериментов оценивался срок достижения равновесного состояния параметров модели, амплитуда колебания этих параметров, а также величина суммарных транспортно-складских затрат в течение всего периода моделирования.

Результаты оптимизационного эксперимента, целью которого является определение станций для размещения сети контрейлерных терминалов, приведены на рисунке 7. Расчёты производились для четырёх регионов, различающихся числом железнодорожных станций, на которых возможно размещение контрейлерных терминалов, а также объёмами производства, существующими объёмами

автомобильных и железнодорожных перевозок и другими параметрами. В процессе экспериментов с моделью первоначально контейнерные терминалы вводились в модель последовательно. В результате были получены графики зависимостей суммарных транспортно-складских затрат (рисунок 7), которые позволяют определить рациональное число контейнерных терминалов для каждого региона. Однако решение о последовательном увеличении числа контейнерных терминалов не позволяет определить оптимальную комбинацию модернизируемых железнодорожных станций. Для этого в разработанной модели проведен оптимизационный эксперимент.

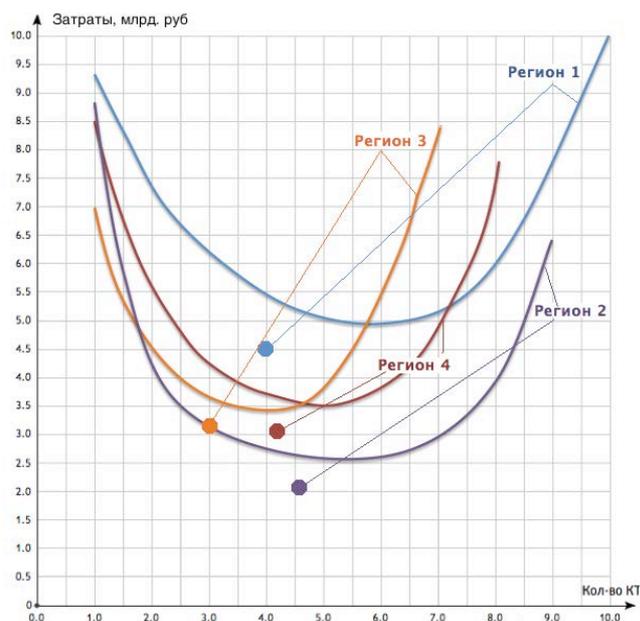


Рисунок 7– Изменение суммарных затрат различных регионов при последовательном вводе в эксплуатацию контейнерных терминалов в сравнении с результатами оптимизации



Рисунок 8 – Изменение суммарных транспортно-складских затрат

Общим выводом проведённых экспериментов с разработанной моделью, учитывающих влияние выбранного множества факторов, является наличие эффективности формирования региональных сетей контрейлерных терминалов, обеспечивающих потребность транспортных клиентов в перевозках повышенного качества с минимальными издержками. Региональные сети контрейлерных терминалов позволяют снижать отрицательное влияние колебаний рыночных факторов в цепях поставок.

Основными направлениями развития разработанной имитационной модели, реализация которых позволит использовать её для проектирования реальных региональных сетей контрейлерных терминалов, являются: переход от усредненных значений эксплуатационных транспортных затрат и складских затрат к конкретным затратам по отдельным контрейлерным терминалам, а также по отдельным грузопотокам для всех видов транспорта; учёт влияния внешних рыночных, политических и социальных факторов на параметры разработанной модели путём введения в неё блоков, реализующих известные закономерности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационном исследовании выявлены тренды развития контрейлерных перевозок в мире, а также предпосылки и барьеры их развития в России. На основе теоретической базы, математических инструментов и программно-имитационного моделирования предложены новые научно обоснованные решения по организации контрейлерных перевозок в части выбора контрейлерных систем и формирования региональных сетей контрейлерных терминалов. Выполненная работа даёт основание выделить следующие **итоги исследования**:

1. Анализ международного опыта организации и использования контрейлерных перевозок показывает, что при определённых условиях данный вид перевозок может составлять существенную конкуренцию автомобильным перевозкам. Формирование таких условий – это комплексная задача, затрагивающая техническую, технологическую, нормативно-правовую, экономическую, экологическую и социальную области.

2. Из проведенного исследования существующих условий функционирования автомобильном транспорте России следует вывод о потенциальной востребованности контрейлерных перевозок на территории России. С другой стороны, существующие

нормативно-правовые, экономические и экологические условия являются существенным препятствием для их организации и негативно отражаются на спросе.

3. Для осуществления оценки контрейлерных систем выявлено 15 критериев. Данные критерии сгруппированы в 4 блока. Предложен алгоритм выбора контрейлерной системы, с учётом специфики решаемых задач. В условиях нестабильного и плохо прогнозируемого спроса, наиболее востребованы варианты автономных контрейлерных систем с высокой адаптивностью и мультифункциональностью, которые существенно снижают риски, связанные со спросом. Это обусловлено необходимостью более оперативного реагирования при колебаниях спроса на услугу на транспортно-логистических рынках и организации новых маршрутов или корректировки уже используемых.

4. Предложена имитационная системно-динамическая модель формирования региональной сети контрейлерных терминалов. Проведена серия экспериментов:

- введение в моделируемую систему сети контрейлерных терминалов с ориентацией контрейлерных перевозок на удовлетворение потребностей транспортных клиентов в перевозках повышенного качества позволяет достичь равновесного состояния модели (состояния, при котором достигается устойчивый минимум колебаний параметров модели, таких как: транспортные тарифы, спрос на перевозки грузов, объемы регионального производства) в течение 7,5 лет, тогда как для существующих условий такое состояние достигается через 12,3 года;

- амплитуда колебаний параметров модели, таких, например, как спрос на перевозки, при формировании в регионе сети контрейлерных терминалов уменьшается на 23%;

- оптимизация размещения контрейлерных терминалов на железнодорожных станциях региона позволяет достичь равновесного состояния модели в течение 3,8 года модельного времени, при сокращении суммарных транспортно-складских издержек в системе на 21%.

Тем самым, при заданных в модели условиях, подтверждается эффективность формирования региональных сетей контрейлерных терминалов, позволяющих обеспечить потребность транспортных клиентов в перевозках повышенного качества с минимальными издержками. Из этого следует, что формирование региональной сети контрейлерных терминалов позволит снизить отрицательное влияние колебаний рыночных факторов в цепях поставок.

5. Обоснована необходимость и сформулированы рекомендации по комбинированию различных подходов при имитационном моделировании

контрейлерных перевозок. Это обусловлено тем, что моделируемые процессы характеризуются широким диапазоном решаемых транспортных задач.

Итоги выполненного исследования позволяют сформулировать следующие **рекомендации:**

1. При практическом использовании модели формирования региональной сети контрейлерных терминалов рекомендуется учитывать дополнительный набор внешних и внутренних рыночных и политических факторов, таких как инфляционные процессы, изменения таможенного законодательства и т. п.;

2. На практике, при решении задачи размещения контрейлерных терминалов на сети железнодорожных станций региона рекомендуется учитывать дополнительный набор критериев, предложенных в концепции создания терминально-логистических центров на территории Российской Федерации.

Перспективы дальнейшей разработки темы диссертационного исследования связаны с развитием методического инструментария имитационного моделирования контрейлерных перевозок и разработкой комплексного методического обеспечения организации сетей контрейлерных терминалов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Научные статьи, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Кузьмин, Д.В. Особенности организации контрейлерных перевозок с использованием средств многоподходного имитационного моделирования [Текст] / Д.В. Кузьмин // «РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция». – 2014. – № 3. – С. 39-43.

2. Кузьмин, Д.В. Имитационная модель региональных контрейлерных перевозок [Текст] / Д.В. Кузьмин // Транспорт Урала. – 2015. – № 1. – С. 114-118.

3. Кузьмин, Д.В. Развитие транспортно-логистического рынка: отношения между субъектами в современных условиях [Текст] / Л.С. Фёдоров, Д.В. Кузьмин, А.В. Багинов // «РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция». – 2015. – № 1. – С. 20-23.

4. Кузьмин, Д.В. Использование метода анализа иерархий при выборе варианта контрейлерной технологии [Текст] / Д.В. Кузьмин // Вестник ТГУ. - 2015. - С. 114-118.

Научные публикации в прочих изданиях:

5. Кузьмин, Д.В. Проблемы транспортной системы Москвы, вызванные автомобилизацией: их причины и пути решения [Текст] / Д.В. Кузьмин, В.В. Багинова // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2012. – № 2. – С. 79-82.

6. Кузьмин, Д.В. Особенности развития контейнерных перевозок в России [Текст] / Д.В. Кузьмин, В.В. Багинова // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – № 4. – С. 49-52.

7. Кузьмин, Д.В. Актуальные проблемы организации контейнерных перевозок в условиях рынка [Текст] / Д.В. Кузьмин, А.Л. Белых // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – № 4. – С. 153-156.

Публикации в материалах международных конференций:

8. Кузьмин, Д.В. Актуальные логистические проблемы развития российской экономики [Текст] / Д.В. Кузьмин // Управление логистическими системами: глобальное мышление – эффективные решения. – Материалы международного научно-практического юбилейного X Южно-Российского логистического форума. – Ростов-на-Дону: РГЭУ (РИНХ), 2014. – С. 86-89.

КУЗЬМИН ДМИТРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

ОРГАНИЗАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ КОНТРЕЙЛЕРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ

Специальность 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы

страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте

Автореферат диссертации

на соискание учёной степени кандидата технических наук

Подписано к печати

Формат 60×90 1/16

Заказ №__ Объём 1 п. л.

Тираж 80 экз.

127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, УЦП Ги МИИТ