

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

На правах рукописи

Задорожний Вячеслав Михайлович

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОЖНИХ
ВАГОНПОТОКОВ ПРИПОРТОВОЙ ТРАНСПОРТНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В КОНКУРЕНТНЫХ УСЛОВИЯХ

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент Числов Олег Николаевич

Ростов-на-Дону

2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУЗОПЕРЕВОЗЧИКОВ В ПРИПОРТОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ (НА ПРИМЕРЕ ЮГА РОССИИ)	16
1.1 Анализ экспортно-импортных грузопотоков в припортовой транспортно-технологической системе	16
1.2 Международные транспортные коридоры на направлениях припортовых транспортно-технологических систем юга России	20
1.3 Инфраструктурно-технологическое взаимодействие грузоперевозчиков в припортовой транспортной системе	22
1.4 Компании – операторы подвижного состава в системе мультимодальных грузоперевозок	29
1.5 Выводы по главе	42
ГЛАВА 2. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУЗО- И ВАГОНПОТОКОВ ПРИПОРТОВЫХ ТТС В КОНКУРЕНТНЫХ УСЛОВИЯХ	45
2.1 Отечественный опыт научных исследований в распределении мультимодальных грузо- и вагонопотоков припортовых ТТС	45
2.2 Зарубежный опыт научных исследований в распределении мультимодальных грузо- и вагонопотоков	53
2.3 Модели и методы распределения грузо- и вагонопотоков в припортовой ТТС	58
2.4 Проблемы в распределении вагонных парков припортовых ТТС	61
2.5 Выводы по главе	71
ГЛАВА 3. РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВАГОНПОТОКОВ ПРИПОРТОВОЙ ТТС НА ОСНОВЕ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ	72

3.1	Метод оценки уровня транспортного производства операторских компаний на полигоне припортовой железной дороги	72
3.2	Коэффициент транспортной эффективности участков полигона припортовой железной дороги	76
3.3	Постановка задачи распределения порожних ж.-д. вагонопотоков в припортовой ТТС	80
3.4	Модель экономико-географического распределения вагонопотоков припортовой ТТС	86
3.4.1	Экономико-географическая маршрутизационная модель распределения вагонопотоков	86
3.4.2	Процедура корректировки маршрутизационной модели	99
3.4.3	Алгоритм и программный комплекс рационального распределения вагонопотоков припортовой ТТС	100
3.5	Выводы по главе	104
ГЛАВА 4. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПОРТОВЫХ ВАГОНОПОТОКОВ НА ПРИНЦИПАХ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ		
4.1	Олиго(дуо)польное рыночное взаимодействие компаний – операторов подвижного состава	107
4.2	Система распределения вагонопотоков операторской компании на принципах экономико-географической маршрутизации	110
4.2.1	На примере западной части Северо-Кавказского экономического региона в рамках деятельности АО «ФГК»	110
4.2.2	На примере южной части Северо-Кавказского экономического региона в рамках деятельности АО «ПГК»	114
4.2.3	На примере западной части Северо-Кавказского экономического региона в рамках деятельности филиала ПАО «ТрансКонтейнер» на СКЖД	124
4.2.4	На примере транспортной системы Балтийского бассейна в рамках деятельности АО «ПГК»	129

4.3	Стратегические программы развития припортовых ТТС юга России	133
4.4	Оценка экономической эффективности функционирования компании – оператора подвижного состава	138
4.5	Эффективность развития методов распределения вагонопотоков припортовой ТТС на основе экономико-географического подхода (на примере Ростовского филиала АО «ФГК», АО «ПГК» и филиала ПАО «ТрансКонтейнер» на СКЖД)	142
4.6	Выводы по главе	144
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	146
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	149
	ПРИЛОЖЕНИЯ	170
	Приложение 1	171
	Приложение 2	196
	Приложение 3	201
	Приложение 4	210
	Приложение 5	226

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Транспорт и его железнодорожный комплекс играет важную и системообразующую роль в социально-экономической жизни страны, интеграции национальной экономики в мировую, достижении внешнеполитических целей. Комплексность и последовательность развития инфраструктурной составляющей вместе с развитием транспортно-технологических процессов являются главными в решении задач, поставленных перед железнодорожным транспортом страны.

Исторически развитие транспорта во многом предопределило экономическое и пространственное развитие России, способствовало укреплению ее целостности и международного влияния. Создание российского флота и морских портов, трассы Северного морского пути, строительство Транссибирской, Байкало-Амурской железнодорожных магистралей, системы водных путей европейской части России, создание развитой национальной сети воздушных сообщений были значимыми вехами развития транспортной системы как части экономики страны.

В XXI веке значительно возросла системообразующая роль транспорта и взаимосвязь задач его развития и приоритетов социально-экономических преобразований. Транспорт в целом удовлетворяет растущий спрос на перевозки грузов и пассажиров при снижении грузоемкости экономики и роста подвижности населения. Начиная с 2000 г., в докризисный период, рост транспортных услуг в среднем в год составлял для пассажирских перевозок 6,7 %, для грузовых – 3,8 %, при ежегодном экономическом росте в среднем около 6,1 % [127].

Доля транспортных затрат в себестоимости отечественной продукции относительно высока и составляет 15–20 % против 7–8 % в странах с развитой рыночной экономикой. Наряду с такими объективными факторами, как большие расстояния перевозки и сложные природные условия, это связано с недостаточным уровнем развития системы товарооборота [132].

Железнодорожный транспорт общего пользования остается ведущим звеном транспортной системы России. В долгосрочной перспективе железнодорожные перевозки останутся самым экономически эффективным способом транспортировки значительных по объемам потоков массовых грузов, доставляемых на средние и дальние расстояния.

Российские железные дороги имеют потенциал для обеспечения значительного прироста перевозок мультимодальных экспортно-импортных и транзитных грузов. Железнодорожные перевозки, как барометр промышленного производства, демонстрируют, что, несмотря на экономический кризис и неблагоприятные прогнозы, объем грузов, который предъявляется для перевозок на общую сеть железных дорог, имеет тенденцию к постоянному росту, что требует соответствующего развития транспортной инфраструктуры и технологий [137].

Таблица 1 – Основные показатели грузовых перевозок ОАО «РЖД»

Наименование показателя	Ед. изм.	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Изм. к 2011 г.
Погрузка	млн т	1241,5	1271,9	1236,8	1226,9	1214,5	1222,3	-1,6 %
Грузооборот	млрд ткм	2704,8	2782,6	2813,1	2954,5	2954,9	2997,8	+10,8 %
без вагонов иных собственников в порожнем состоянии	млрд ткм	2127,8	2222,4	2196,2	2298,6	2304,8	2342,6	+10,1 %
вагонов иных собственников в порожнем состоянии	млрд ткм	577,0	560,2	616,9	655,9	650,1	655,2	+13,6 %
Средняя участковая скорость движения грузового поезда	км/ч	37,1	36,0	36,8	37,7	39,1	39,7	+7,0 %
Средняя техническая скорость движения грузового поезда	км/ч	46,5	45,2	45,6	45,6	46,4	46,7	+0,4 %
Среднесуточная производительность локомотива рабочего парка	тыс ткм бр.	1812	1791	1820	1965	2038	2097	+15,7 %
Среднесуточный пробег локомотива рабочего парка	км	593,6	585,4	591,3	632,6	652,5	663,4	+11,8 %
Средний вес брутто грузового поезда	т	3868	3891	3911	3929	3966	4006	+3,6 %
Среднее время оборота вагона	сут	14,4	15,49	16,92	17	16,47	15,74	+9,3 %
Средняя скорость доставки грузовых отправок в груженных вагонах	км/сут	268	242	249	327	372	381	+42,2 %
Доля отправок, доставленных в нормативный срок	%	81,6	72,5	77,5	87,1	92,9	96,1	+14,5 %

На полигоне Северо-Кавказской дороги имеются 403 станции, в том числе 4 сортировочных (Батайск, Краснодар-Сортировочный, Лихая, Тихорецкая), 10 грузопассажирских, 20 участковых, 55 грузовых, 316 промежуточных. Из 403 станций для выполнения грузовых операций открыта 281 станция, в т. ч. 49 станций производят грузовые операции с контейнерами [128].

Порядка 5 тыс. предприятий малого и среднего бизнеса, а также предприятия-гиганты, такие как ООО «Афипский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Невинномысский Азот», ОАО «Новоросцемент», ОАО «Международная зерновая компания», ООО «Руда-экспресс», ООО «ЮжТранс» и др., пользуются услугами Северо-Кавказской железной дороги (СКЖД) [62]. В ближайшем будущем возведённый через Керченский пролив мост откроет пути прямого ж.-д. сообщения на порты Крымского полуострова.

Наряду с этим железнодорожный транспорт РФ, обладая достаточно сильными позициями на рынке перевозок, испытывает ряд острых, требующих первоочередного решения инфраструктурных проблем. Протяженность «узких мест» железнодорожной сети составляет свыше 6 тыс. км, что превышает 7 % эксплуатационной длины сети железных дорог [137]. На 01.01.2011 общая протяжённость «узких мест» на сети железных дорог ОАО «РЖД» составляла 6145 км, на 01.01.2015 – 13 316 км (+7171 км по сравнению с 2011 г.). Как известно, полезная длина ж.-д. путей общего пользования составляет 86 тыс. км, на долю СКЖД – филиала ОАО «РЖД» приходится 6,3 тыс. км.

В настоящее время увеличивается количество направлений перевозок грузов, но резервы пропускных способностей, особенно на подходах к припортовым транспортно-технологическим системам (ТТС), практически исчерпаны, что при росте объемов экспорта является серьезным сдерживающим фактором его освоения.

Очевидно, что решение задачи повышения конкурентоспособности транспортной системы и реализации транзитного потенциала России требует сбалансированного развития современной эффективной транспортной инфраструктуры, обеспечивающей ускоренное товародвижение и снижение транс-

портных издержек в экономике, а также повышения качества взаимодействия всех участников транспортного бизнеса.

В настоящее время операторские компании играют важную роль на рынке транспортных услуг. Основная их услуга включает комплекс «перевозка – погрузка – выгрузка – централизованный завоз (развоз) грузов – экспедирование». Спектр деятельности операторских компаний постоянно расширяется – как в сфере услуг (доставка «от двери до двери», таможенное оформление и другие логистические услуги), так и в организационном плане (идет процесс консолидации операторских компаний как между собой – для влияния на рынке, так и с грузообразующими предприятиями – для расширения грузовой базы и стабильности перевозок). Как полноправные участники перевозочного процесса, они подвержены внешним и внутренним воздействиям. Это изменения в законодательстве Российской Федерации, указы Президента, Министерства транспорта, Федеральной антимонопольной службы (ФАС), изменения ставок тарифа ОАО «РЖД», необходимость совершенствования работы и улучшения показателей использования подвижного состава.

Как известно, более 46 % грузов (по прибытии) доставляется в порты железнодорожным транспортом [133]. В связи с этим налаженная работа портовиков и железнодорожников, а также возможности инфраструктуры являются основополагающими факторами интеграции этих видов транспорта.

Анализ показывает, что на всех морских бассейнах Российской Федерации существует острая необходимость развития как ближних, так и дальних железнодорожных подходов к морским портам. Данная проблема обостряется тем, что производители продукции уже предъявляют к перевозке значительные объемы грузов, в то время как ж.-д. перевозчик в лице ОАО «РЖД» по различным причинам не имеет необходимых средств для развития железнодорожной инфраструктуры в требуемых объемах на подходах к глубоководным портам [133].

Северо-Кавказский экономический регион (СКЭР) – это уникальное экономико-географическое и производственно-транспортное образование, на

территории которого сконцентрированы различные виды производств, многоотраслевое сельскохозяйственное производство, курортно-рекреационный комплекс, а также проходят важнейшие транспортные коридоры мультимодальных перевозок России.

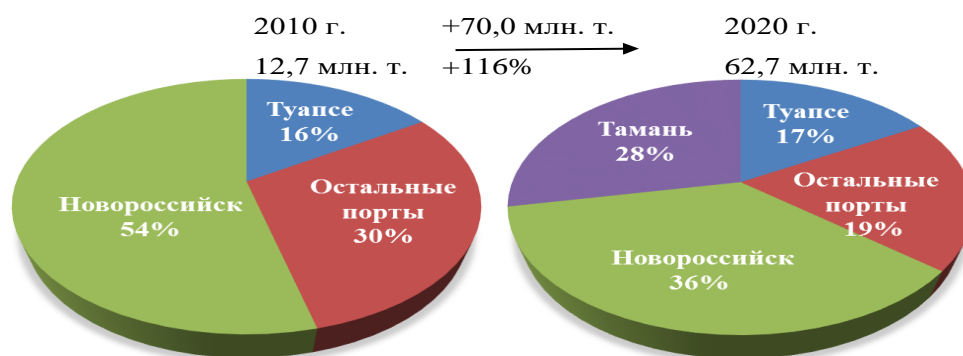


Рисунок 1 – Перспективы перевозок грузов железнодорожным транспортом в адрес южнороссийских морских портов

Обладая достаточным количеством морских портов на Азово-Черноморском, Каспийском бассейнах, развитой системой железных дорог и внутренними водными путями (ВВП), протяженной сетью автомобильных дорог, комплексом международных аэропортов, СКЭР имеет значительный транспортный потенциал, способный обеспечить национальный транзитный доход в глобальной системе международных транспортных коридоров (МТК) [65].

Необходимость современного развития железнодорожных транспортно-технологических систем в едином транспортном пространстве, разработка и внедрение эффективных систем управления перевозочным процессом требуют создания новых и корректировки существующих методов распределения припортовых грузо- и вагонопотоков. Ожидают безотлагательного и комплексного решения проблемы стыка различных видов транспорта («временно отставленные» поезда, увеличенный срок оборота вагонов, сверхнормативный простой судов в портах, нерациональная загрузка складских площадей и т. п.).

Улучшение показателей использования вагонного парка операторских компаний при перевозках грузов на направлении международных коридоров в

припортовой ТТС является стратегической целью для устойчивого развития железнодорожного транспорта в соответствии с потребностями экономики страны на основе роста конкурентоспособности отрасли, расширения инвестиционных механизмов и развития рынка железнодорожных транспортных услуг. Дальнейший рост вагонного парка на сети железных дорог в условиях ограниченности пропускных и перерабатывающих способностей инфраструктуры делает недостижимым их эффективное использование и ведет к ухудшению показателей эксплуатационной работы железных дорог (увеличение доли порожнего пробега и оборота вагона, занятие приемоотправочных путей станций отстоем вагонов, дополнительная маневровая работа на станциях).

Необходимость методического развития вышеприведенных технологий в условиях использования частного парка вагонов определяет цель, задачи и актуальность выбранной темы диссертационного исследования.

Степень разработанности темы исследования. Вопросы взаимодействия различных видов транспорта и повышения качества транспортного обслуживания в железнодорожных ТТС отражены в работах известных российских ученых: В.М. Акулиничева, В.И. Апатцева, А.С. Балалаева, А.П. Батурина, С.Ю. Елисеева, И.А. Елового, В.Н. Зубкова, П.А. Козлова, П.В. Куренкова, Б.А. Лёвина, Э.А. Мамаева, Б.Л. Миротина, В.Я. Негрея, В.М. Николашина, А.Т. Осьминина, В.А. Персианова, Н.В. Правдина, С.М. Резера, П.К. Рыбина, А.А. Смехова, О.Н. Числова и др.

Проблемы управления вагонными парками на сети железных дорог РФ, вопросы информационного обеспечения деятельности предприятий железнодорожного транспорта представлены в научных трудах В.В. Багиновой, Д.В. Железнова, В.В. Доенина, А.Ф. Бородина, С.Ю. Елисеева, А.Т. Осьминина, А.Н. Рахмангулова, Ф.И. Хусаинова, А.С. Гершвальда и др.

Широко используются результаты теоретических исследований в областях экономико-математического моделирования, теории вероятности и математической статистики, теории массового обслуживания, теории систем, теории графов, теории надежности, сетевого и информационного планирования

ученых-теоретиков: Х.Э. Крыньского, Ф. Харари, Х.А. Таха – и ученых-транспортников: Г. Поттхофа (G. Potthof), Р.Н. Зиммера (R.N. Zimmer), Ф. Хейта, С. Ванга (X. Wang), Б. Лалонда (B. LaLonde), Т.Б. Гулея (T.B. Gooley), А.Е. Робинсона (A.E. Robinson) и др.

Вместе с тем, вопросы взаимодействия участников перевозочного процесса при транспортировке грузов с использованием частных вагонов проработаны не в полной мере, что обусловлено небольшим временным периодом с момента создания отечественного конкурентного сектора частного подвижного состава, разработки адаптированных методов организации и управления вагонопотоками на полигоне припортовой железной дороги.

Целью диссертационной работы является развитие методов управления вагонопотоками в припортовой железнодорожной транспортно-технологической системе на основе учета экономико-географических факторов в распределении вагонных парков в условиях многооператорского рынка подвижного состава. Для достижения цели работы поставлены следующие **задачи:**

- анализ отечественного и зарубежного опыта организации и управления перевозочным процессом в припортовых ТТС;
- исследование тенденций организационных изменений в системе управления продажами услуг железнодорожного транспорта;
- анализ технологических схем взаимодействия субъектов транспортного рынка при оказании услуги по перевозке грузов железнодорожным транспортом;
- развитие методов распределения вагонопотоков припортовой ТТС в конкурентных условиях на основе экономико-географической модели управления подвижным составом с целью уменьшения порожнего рейса и сокращения оборота вагона;
- разработка модифицированных коэффициентов оценки степени транспортной эффективности участков железнодорожного полигона на основе метода экспертных оценок;

– определение интегральной функции оценки транспортной работы собственников подвижного состава в условиях многооператорского рынка;

– разработка алгоритма и программного комплекса оценки степени эффективности управления порожним подвижным составом в припортовой ТТС на основе использования экономико-географических факторов.

Объектом исследования является припортовая транспортно-технологическая система, включающая сеть путей сообщения, железнодорожный подвижной состав компаний-операторов, система управления вагонопотоками в припортовых транспортных узлах.

Предмет исследования – теоретико-методические подходы рационального распределения и управления вагонопотоками компаний – собственников подвижного состава в припортовых ТТС на основе учета экономико-географических факторов.

Диссертация выполнена в рамках пунктов п. 1 «Транспортные системы и сети страны, их структура, технологии работы. Оптимальная структура подвижного состава», п. 4 «Технологии перевозок различными видами транспорта, мультимодальные перевозки; международные и транзитные перевозки», п. 5 «Организация и технология транспортного производства. Управление транспортным производством. Оптимизация размещения транспортных предприятий и производств» паспорта научных специальностей ВАК 05.22.01 – «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте».

Теоретико-методологической основой исследования явились научные работы ученых в области организации и управления транспортно-технологическими системами, методы экономико-математического моделирования, теории вероятностей и математической статистики, теории графов, теории надежности, а также законодательные, нормативные и программные документы РФ по вопросам государственной транспортной политики, отчетные и статистические данные Минтранса России, ОАО «РЖД», Северо-Кавказской

железнодорожной – филиала ОАО «РЖД», исследования ученых и специалистов железнодорожного транспорта.

Положения, выносимые на защиту:

– Параметры транспортной эффективности участков полигона припортовой железной дороги на основе метода экспертных оценок и графоаналитического подхода.

– Метод распределения вагонопотоков припортовой транспортно-технологической системы, основывающийся на использовании экономико-географических факторов и модифицированной геометрической модели полигона дороги.

– Система критериев оценки степени использования вагонных парков компаний-операторов, включающая интегральную функцию оценки.

– Решения, направленные на повышение конкурентоспособности железнодорожных компаний-операторов на рынке транспортных услуг полигона припортовой железной дороги.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке и совершенствовании теоретико-методологических и практических рекомендаций эффективной организации и управления частными вагонопотоками на полигоне припортовой железной дороги, направленные на повышение качества транспортного обслуживания и обеспечения устойчивости железнодорожных перевозок грузов в условиях многооператорского рынка подвижного состава.

В диссертационном исследовании:

– развиты теоретические основы исследований в области распределения вагонопотоков в условиях многооператорского рынка подвижного состава;

– предложены критерии оценки степени использования вагонных парков компаний-операторов и параметры транспортной эффективности участков полигона припортовой железной дороги;

– сформирован метод распределения вагонопотоков на основе использования экономико-географических факторов и модифицированной геометри-

ческой евклидовой модели полигона дороги, позволяющий принимать стратегические решения управления грузоперевозками и распределения порожнего подвижного состава;

– разработаны алгоритм и программный комплекс оценки эффективности распределения подвижного состава операторской компании по станциям погрузки-выгрузки и временного размещения на инфраструктуре ОАО «РЖД».

Практическая ценность научных результатов состоит в возможности использования методологического аппарата диссертационного исследования региональными органами власти в сфере управления и регулирования транспортом, дирекциями управления движением, собственниками и операторами подвижного состава, структурными подразделениями ОАО «РЖД» при подготовке, оценке и реализации мероприятий для повышения устойчивости их организации, конкурентоспособности и увеличения спроса на услуги компании. Разработанный в диссертации метод распределения вагонопотоков, учитывающий экономико-географические факторы, и его модифицированные критерии могут быть адаптированы для ТТС других видов транспорта.

Апробация работы. Основные положения диссертационного исследования докладывались на международных научно-практических конференциях: «Транспорт-2014», «Транспорт-2015», «Транспорт-2016», «Транспорт-2017», «Транспорт-2018» (Ростов-на-Дону, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 г.); «Современные аспекты научных исследований» (Москва, 2014 г.); «Современные аспекты транспортной логистики» (Хабаровск, 2014 г.); «Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса Юга России» (Ростов-на-Дону, 2014 г.); «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах» (Санкт-Петербург, 2015 г.); «Транспортные системы: тенденции развития» (Москва, 2016 г.); «Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей» (Ростов-на-Дону, 2017, 2018 г.); «Современное развитие науки и техники» (Ростов-на-Дону, 2017 г.); «Современные проблемы проектирова-

ния, применения и безопасности информационных систем» (Ростов-на-Дону, 2017 г.), «VII International Symposium of Young Researchers – Transport Problems» (Silesian University of Technology Faculty of Transport, Katowice, Poland, 2018 г.), заседаниях кафедр «Станции и грузовая работа» ФГБОУ ВО РГУПС (г. Ростов-на-Дону), «Логистика и коммерческая работа» ФГБОУ ВО ПГУПС Императора Александра I (г. Санкт-Петербург).

Внедрение результатов работы. Результаты диссертационного исследования используются в работе СК ТЦФТО – филиала ОАО «РЖД»; в учебном процессе при разработке учебно-методических комплексов для студентов по дисциплинам: «Пути сообщения», «Взаимодействие видов транспорта», «Управление грузовой и коммерческой работой»; в научно-исследовательской работе ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения». Также результаты исследования были использованы в деятельности Ростовского филиала АО «ФГК». Имеются акты внедрения результатов исследования.

Публикации. Основное содержание диссертации и результаты исследования опубликованы в 25 научных работах общим объемом 22,29 п.л. (авторских – 8,97 п.л.), в том числе 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации, 1 публикация в издании, включенном в базу данных Web of Science и Scopus, и 1 монография в соавторстве.

Структура и объем работы определены целью и задачами, поставленными и решенными в ходе исследования. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка из 191 наименования и 5 приложений. Работа изложена на 169 страницах основного текста, содержит 44 рисунка, 34 таблицы.

Глава 1. АНАЛИЗ ИНФРАСТРУКТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУЗОПЕРЕВОЗЧИКОВ В ПРИПОРТОВОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ (НА ПРИМЕРЕ ЮГА РОССИИ)

1.1 Анализ экспортно-импортных грузопотоков в припортовой транспортно-технологической системе

Северо-Кавказская железная дорога – один из важнейших филиалов ОАО «Российские железные дороги», четвертая по величине дорога в России, пролегает по территории юга России от Азовского и Черного морей на западе до Каспийского моря на востоке. Северо-Кавказская железная дорога расположена на территории Южного федерального округа РФ и обслуживает 11 субъектов из 89: Ростовскую область, Ставропольский и Краснодарский края и республики – Адыгею, Калмыкию, Карачаево-Черкесскую, Кабардино-Балкарскую, Северную Осетию, Ингушетию, Дагестан и Чеченскую. Дорога граничит четырьмя стыковыми пунктами с соседними железными дорогами: с Юго-Восточной по станции Чертково; с Приволжской по станциям Морозовской, Котельниково, Олейниково. Дорога является одновременно и припортовой, и приграничной, осуществляет перевозки в адрес 13 российских морских портов, имеет 6 пограничных переходов с железными дорогами сопредельных государств: Донецкой (Украина) по стыкам Успенская и Красная Могила, Приднепровской (Украина); Азербайджанской (Азербайджан) по стыку Самур; Грузинской (Грузия) по стыку Весёлое; Туркменской (Туркменистан) по стыку Махачкала-Порт через паромную переправу Махачкала – Туркменбаши. Дорога взаимодействует с водным транспортом: по Черному морю (станции Новороссийск, Туапсе, Сочи); с Волгодонским речным пароходством (станции Ростов, Азов, Ейск, Усть-Донецкая, Волгодонская); с Азовским пароходством (станция Таганрог); с Каспийским пароходством (станция Махачкала), Кер-

ченская паромная переправа связывает СКЖД (станция Кавказ) с Крымом, Варной (Болгария) и др. странами. Важную роль в летний и переходный сезон играют пассажирские перевозки, осуществляемые дорогой, к таким курортам, как Сочи, Туапсе, Анапа, Кисловодск, Ейск, Горячий Ключ, полуостров Крым.

Около 5 тысяч предприятий малого и среднего бизнеса, а также предприятия-гиганты, такие как ООО «Афипский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Невинномысский Азот», ОАО «Новоросцемент», ОАО «Международная зерновая компания», ООО «Руда-экспресс», ООО «ЮжТранс», пользуются услугами Северо-Кавказской железной дороги.

В ближайшем будущем возведённый через Керченский пролив мост откроет пути прямого ж.-д. сообщения на порты Крымского полуострова.

Анализ перевалки грузов через порты Азово-Черноморского бассейна показал, что в структуре экспорта преобладают нефть и нефтепродукты, уголь, металлы, лес, строительные материалы, а в структуре импорта – зерно, сахар, машины и оборудование, трубы для трубопроводов, продукты питания. Несмотря на имеющий место кризисный спад грузоперевозок, некоторые грузы (в частности, нефтяные, черные металлы, удобрения) показывают положительную динамику в направлении портов Новороссийска, Туапсе, Кавказа, Тамани и др. (приложение 1, рисунок П1.1).

Анализ породовой погрузки, мест зарождения грузопотоков и объёмов перевозок со станций на полигоне СКЖД представлен в приложении 1, таблицы П1.1, П1.2 соответственно.

На южных направлениях МТК сохраняются устойчивые объёмы грузопотоков как для крупных, так и для малых портов региона (рисунок 1.1).

Определяющим фактором постоянства грузопотоков является наличие крупнейшего незамерзающего глубоководного российского порта – Новороссийск.

Порты Азово-Черноморского бассейна переработали в 2017 г. 95,5 млн т груза, что составило +5,5 % к уровню аналогичного периода 2016 г. (рисунок 1.2). Объёмы грузооборота припортовых станций дороги за декабрь 2017

года составили 8,7 млн т, что выше уровня аналогичного периода прошлого года на 8,71 % (рисунок 1.3).

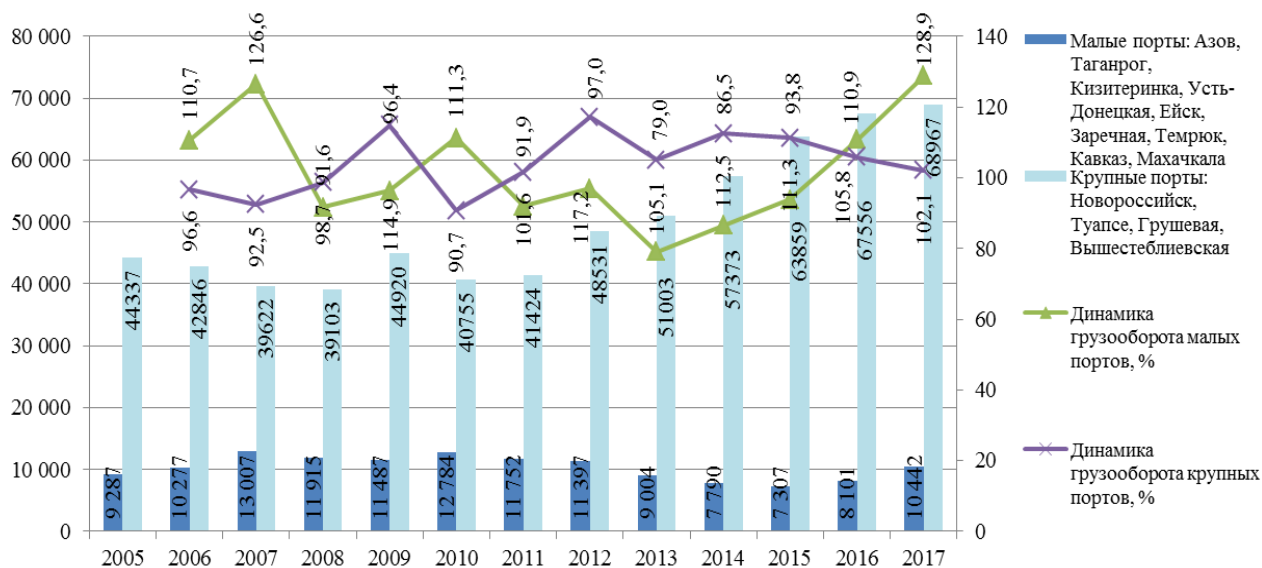


Рисунок 1.1 – Динамика грузооборота крупных и малых портов АЧБ, млн т

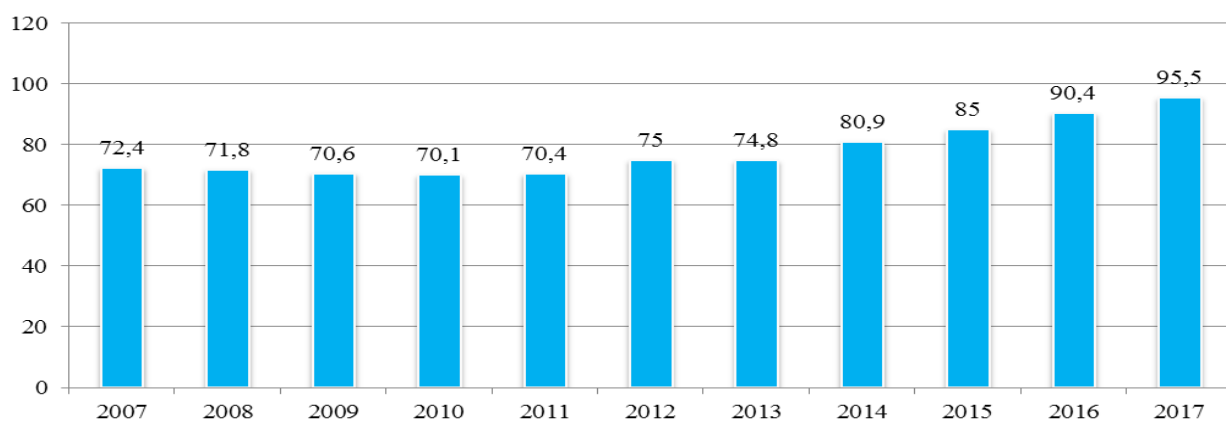


Рисунок 1.2 – Динамика грузооборота припортовых станций СКЖД, млн т

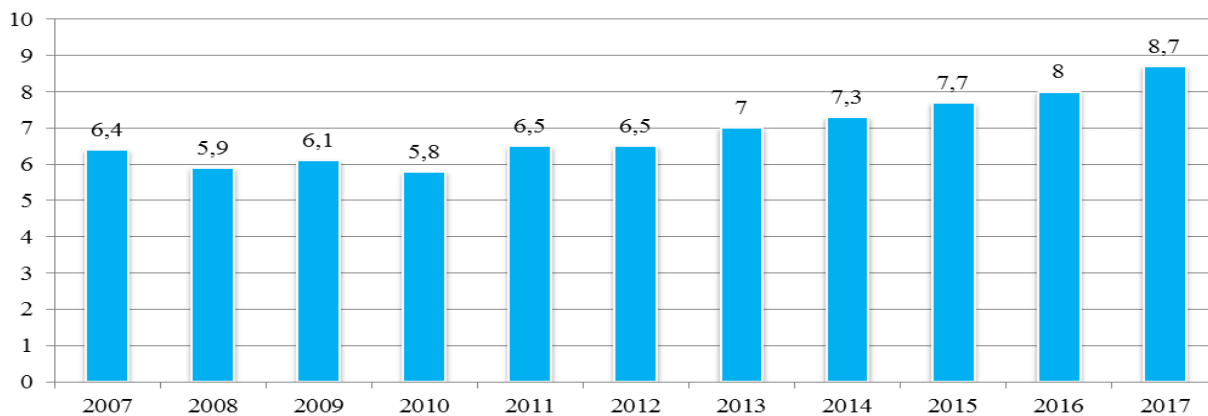


Рисунок 1.3 – Динамика среднемесячного грузооборота припортовых станций СКЖД, млн т

Выгрузка грузов на припортовых станциях дороги в 2017 г. составила 3907,2 ваг. в среднем за сутки, что +5,3 % к уровню аналогичного периода 2016 г. Выгрузка за декабрь 2017 г. составила 4134,8 ваг. в среднем за сутки, что на 275,9 ваг. в среднем за сутки больше, чем за декабрь 2016 г. (+7,1 %) (приложение 1, рисунки П1.2, П1.3).

Погрузка на припортовых станциях в 2017 г. составила 356,5 ваг. в среднем за сутки, что +21,6 % к уровню аналогичного периода 2016 г. Погрузка за декабрь 2017 г. составила 400,2 ваг. в среднем за сутки, что на 108,2 ваг. больше уровня аналогичного периода прошлого года (+37 %).

Среднесуточный грузооборот припортовых станций СКЖД и его динамика за 2016–2017 гг., объемы и доли выгрузки припортовых станций СКЖД за декабрь 2017 года (ваг/сут) (%) представлены в приложении 1, таблица П1.3 и рисунок П1.4 соответственно.

Объемы и доли выгрузки грузов по основным номенклатурам на припортовых станциях СКЖД, их динамика за 2016–2017 гг. (ваг/сут) представлены в приложении 1, рисунки П1.5–П1.8.

В последнее время выполнены значительные работы по усилению инфраструктуры Северо-Кавказской железной дороги. В частности, «Программой совершенствования работы и развития сортировочных станций на период 2016–2025 гг.» предусмотрено:

- развитие станции им. М. Горького со строительством новой сортировочной системы. Станция расположена на пересечении меридионального хода Сызрань – Саратов – Тихорецкая – Краснодар и широтного – Астрахань – Аксарайская – Лихая – Батайск. Она призвана сыграть роль тыловой сортировочной станции юга России, разгрузив станции Батайск, Лихая, Тихорецкая, Краснодар-Сортировочный, Минеральные Воды;

- строительство участковой станции Разъезд 9-й км для обслуживания портов Таманского полуострова и Крымского направления. С учетом значительной грузовой базы портов и номенклатуры перерабатываемых грузов реализуется динамический план формирования [68].

Для современной российской транспортной системы важную роль играют интермодальные перевозки через морские порты, что обусловлено интенсивным развитием экономики и её сырьевым характером, а также высоким потенциалом международных транзитных грузопотоков. Экспортные грузопотоки товаров сырьевого характера обладают массовостью, объёмностью и относительно низкой стоимостью, что и определяет при их транспортировке наибольшее применение железнодорожного и водного видов транспорта [45].

1.2 Международные транспортные коридоры на направлениях припортовых транспортно-технологических систем юга России

Классификация транспортных коридоров представлена в виде схемы на рисунке 1.4 [120].



Рисунок 1.4 – Классификация транспортных коридоров

Схема МТК в транспортной системе СКЭР представлена в приложении 1, рисунок П1.9. Приоритетными направлениями для организации мультимодальных перевозок транзитных и экспортно-импортных грузов через территорию юга России являются направления МТК «Север – Юг» и «Транссиб» (таблица 1.1).

При доставке грузов на полигоне Северо-Кавказской железной дороги по ответвлениям транспортных коридоров «Север – Юг» (NS) и «Транссиб» (TS) определены следующие маршруты и расстояния перевозки (таблица 1.2).

Таблица 1.1 – Направления МТК юга России

Наименование МТК	Основное направление	Южные ответвления			
		Транспортные пункты	Ж.-д. маршруты	Автомаршруты	ВВП
«Север – Юг» (NS)	Финляндия – Санкт-Петербург – Москва – Астрахань – Каспийское море – Иран – страны Персидского залива / Индия	Москва – Ростов-на-Дону – Новороссийск; Ростов-на-Дону – Таганрог; Ростов-на-Дону – Ставрополь – Кочубей; Ростов-на-Дону – Минеральные Воды – Нальчик – Владикавказ – Грузия;	Кочетовка – Лиски – Лихая – Ростов-на-Дону – Новороссийск; Астрахань – Махачкала – Самур (граница с Азербайджаном)	Кашира – Воронеж – Каменск-Шахтинский – Ростов-на-Дону – Краснодар – Новороссийск / Сочи; Ростов-на-Дону – Таганрог; Ростов-на-Дону – Ставрополь – Кочубей; Ростов-на-Дону (от Павловской) – Минеральные Воды – Нальчик – Владикавказ – Верхний Ларс (граница с Грузией);	Волгоград – Волго-Донской канал – Ростов-на-Дону
«Транссиб» (TS)	Германия – Польша – Белоруссия – Москва – Екатеринбург – Владивосток / Находка	Самара – Волгоград – Новороссийск; Волгоград – Ростов-на-Дону	Волгоград – Лихая; Сызрань – Саратов – Волгоград – Тихорецкая – Краснодар – Новороссийск	Саратов – Волгоград – Каменск-Шахтинский – Ростов-на-Дону – Новороссийск	

Таблица 1.2 – Расстояния доставки грузов в системе МТК на полигоне СКЖД

Транспортный коридор	Входной ж.-д. пункт (станция)	Припортовая ж.-д. станция	Расстояние, км
«Север – Юг» (NS)	Сохрановка	Таганрог	417
		Азов	365
		Ейск	497
		Новороссийск	707
		Темрюк	740
		Кавказ	806
		Тамань	762
«Транссиб»(TS)	Котельниково	Махачкала	1221
		Туапсе	627
		Грушевая	589
	Новороссийск	616	
	Морозовская	Таганрог	385
			$\Sigma = 2935^*$

* – Определено суммарное расстояние участков МТК полигона СКЖД без учета дублирующих участков.

Из 6311 км эксплуатационной сети полигона СКЖД в системе МТК задействовано 2935 км, т. е. степень участия ж.-д. инфраструктуры составляет 0,456. Между тем транзитный потенциал СКЭР используется недостаточно эффективно. В том числе серьезную конкуренцию МТК СКЭР составляют МТК «ТРАСЕКА» (Европа – Кавказ – Азия) и «Южный» (Юго-Восточная Европа – Турция – Иран), проложенные в обход России [72].

В связи с этим необходимо комплексное развитие МТК СКЭР, увеличение их транзитного потенциала, повышение эффективности грузоперевозок на новых принципах управления.

Согласно [130] перспективный грузопоток по МТК «Север – Юг» оценивается от 25 до 35–40 млн т в год. Контейнерный грузопоток может составить около 1–1,5 млн ДЭФ в год. Разноречивы оценки возможных российских доходов от использования МТК «Север – Юг» – диапазон от 1,5–2 до 5–6 млрд долл. в год [119].

Подавляющий объем перевозки грузов железнодорожным транспортом приходится на два основных меридиональных направления: западное (Миллерово – Лихая – Ростов-на-Дону – Батайск) и восточное (Котельниково – Сальск – Тихорецк). Последовательное развитие инфраструктуры восточного направления позволит переключить на него растущий грузооборот в продолжение Транссибирской магистрали и обеспечить ее соединение с портами АЧБ.

1.3 Инфраструктурно-технологическое взаимодействие грузоперевозчиков в припортовой транспортной системе

Укрупненное районирование полигона СКЖД позволило оценить общую динамику роста грузооборота по основным направлениям на припортовые станции. Преобладание погрузки в Лиховском, Белокалитвинском и Шахтинском районах обусловлено сырьевой ориентацией экономики этих районов (каменный уголь, строительные грузы и др.). Региональное распре-

деление объемов выгрузки по районам коррелирует с плотностью населения, что объясняет высокие объемы в Ростовском, Шахтинском (г. Новочеркасск, г. Шахты), Таганрогском (г. Таганрог) и Лиховском узлах.

Существующая железнодорожная инфраструктура в целом обеспечивает современные потребности населения и предприятий в перевозке грузов и пассажиров. Инфраструктуру грузовых и пассажирских перевозок формируют железнодорожные станции и участки, производственный потенциал предприятий обеспечения перевозок и текущего содержания объектов железнодорожного транспорта [118] (приложение 1, таблица П1.4).

Особенность современной работы южнопортовых транспортных систем состоит в обслуживании большей частью экспортных грузопотоков, зарождаемых преимущественно не только на территории региона, но, главным образом, в Сибири, на Урале, в Центральном и других регионах страны.

Наибольшая доля экспортных грузов приходится на железнодорожные станции Новороссийск, Грушевая и Туапсе, которые обеспечивают порядка 80 % внешнеторговых грузов, перерабатываемых всеми портами АЧБ.

Новороссийский транспортный узел является крупнейшим на юге России, имеет сложную структуру управления и взаимодействия с различными видами транспорта. Сюда стекаются поволжская, азербайджанская и казахстанская нефть, липецкие, уральские и казахстанские металлы, южнороссийские удобрения и зерно, сибирский лес, контейнеропотоки и другие виды массовых грузов. Новороссийский узел является завершающим звеном во всей сухопутной транспортной цепи доставки по российской территории, и в нём не только осуществляется взаимодействие различных видов транспорта, но и соприкасаются торговые субъекты и транспортные системы различных государств.

В составе ТТС Новороссийского узла рассматривается взаимодействие станции Батайск как сетевой предпортовой сортировочной станции, Краснодар-Сортировочный как региональной сортировочной станции, грузовой

припортовой станции Туапсе, грузовой станции Новороссийск, узловой участковой станции Крымская, грузовой станции Грушевая с нефтебазой.

Второе место по объемам перевалки занимает Туапсинский узел с портом, где ведется перевалка угля на экспорт. Компания ОАО «Туапсинский морской торговый порт» (ТМТП) работает на 14 причалах. Перспективы развития порта Туапсе связаны с ростом объемов перевалки грузов на Туапсинском балкерном (МХК «ЕвроХим») и зерновом терминалах.

Как видно из диаграммы (приложение 1, рисунок П1.1), структура отправления и прибытия грузов по их номенклатуре существенно не изменяется. Кроме того, объемы экспорта значительно превышают импорт, что неблагоприятно сказывается на эффективности использования подвижного состава. При этом в рыночных условиях функционирования владельцы подвижного состава часто не заинтересованы в обратной загрузке своих вагонов, что способствует росту порожнего пробега, либо в экономически выгодных для себя случаях грузовладельцы могут задерживать начало выгрузки груженых вагонов в порту, вследствие чего увеличивается нагрузка на транспортную инфраструктуру дороги, снижается пропускная способность и осложняется поездная работа.

Для решения задач инфраструктурно-технологического взаимодействия грузоперевозчиков на Северо-Кавказской железной дороге создан Информационно-логистический центр, силами которого организован и поддерживается электронный обмен данными между АСУ припортовых станций, АСУ портов и автоматизированной информационной системой Информационно-логистического центра.

Одной из важных функций транспортной логистики является слежение за движением грузов. Особую значимость приобретает необходимость рационального управления грузо- и вагонопотоками при возникновении форс-мажорных обстоятельств. ОАО «РЖД» совместно с Новороссийским морским торговым портом реализует дорожную информационно-логистическую систему (ДИЛС), предназначенную для повышения информационного взаи-

модействия между ними, оперативности в управлении технологическими процессами и эффективного использования ресурсов предприятий железнодорожного и морского транспорта, что будет способствовать увеличению отгрузки востребованных номенклатур грузов в адрес портов АЧБ и своевременной их выгрузке [66].

В настоящее время уделяется внимание развитию инфраструктуры СКЖД на подходах к портам и строящемуся мостовому переходу через Керченский пролив. На дороге проведены работы по удлинению путей, по обустройству пограничных пунктов перехода (ст. Гуково, ст. Успенская, ст. Марцево). Восстановлены вторые пути на перегонах Вальково – Ковылкино – Тацинская, построен третий главный путь на перегоне Лихая – Замчалово. Переоборудована в пассажирскую станция Первомайская в Западном микрорайоне г. Ростова-на-Дону, что позволило разгрузить главный железнодорожный вокзал. Строительство обхода Краснодара ведется в рамках инвестиционного проекта «Комплексная реконструкция участка им. Максима Горького – Котельниково – Тихорецкая – Крымская», в ходе реализации проекта предполагается строительство двухпутной электрифицированной железнодорожной линии протяженностью 69 км от станции Козырьки до новой станции Гречаная по территории Кореновского, Тимашевского и Калининского районов Краснодарского края. На данном участке также появятся новые станции – Кирпили и Бейсужек. Построена и введена в эксплуатацию железная дорога в обход Украины на участке Журавка – Миллерово, на новом участке магистрали построены железнодорожные станции: Зайцевка и Сергеевка в Воронежской области, Сохрановка, Кутейниково, Виноградовка, Колодези и Боченково в Ростовской области, а также мост через реку Белая Калитва.

Особенностью функционирования припортовых железнодорожных станций на полигоне СКЖД является значительное преобладание экспортного грузопотока над импортным, и грузы в основной массе передаются с железнодорожного транспорта на водный (морской). Технология взаимодей-

ствия двух видов транспорта предполагает своевременную подачу транспортных средств, готовность требуемой партии груза, занятость (работоспособность) транспортной инфраструктуры и погрузочно-выгрузочных фронтов. Традиционно принято считать, что согласованный подвод транспортных средств различных видов транспорта является наиболее экономичным способом взаимодействия транспортных систем, так как позволяет избежать затрат на дополнительные перегрузочные операции.

Для согласования работы двух видов транспорта судовую партию предварительно накапливают, как правило, либо в вагонах – «складах на колёсах», либо в местах выгрузки на складах, которые оснащены технологическими перегружающими линиями, приспособленными к работе в трудных погодных условиях.

Перегрузка по прямому варианту (при отсутствии ограничивающих факторов) требует меньшего числа перевалочных операций, а следовательно, меньших затрат на транспортировку. Однако для этого необходимо подготовить требуемое количество груза (судовую партию) во избежание непроизводительного простоя судов и перегрузочных механизмов.

Зачастую накопление груза в вагонах возлагается на железнодорожный транспорт, для чего используются станционные пути. В свою очередь это затрудняет маневровую работу и требует особой технологии организации движения, сопряженной с дополнительными затратами. По сути, снижение себестоимости перевалки по прямому варианту влечет затраты на другом элементе системы, связанные с формированием судовой партии.

«Больное» место в планировании – принятие дополнительных планов без согласования с ОАО «РЖД». Как правило, этот фактор приводит к необходимости отклонять вагонопотоки на малодеятельные направления, что приводит к увеличению эксплуатационных тонно-километров, издержек на содержание локомотивов, локомотивных бригад и другого эксплуатационного штата и, как следствие, экономическим потерям в целом [39] (рисунок 1.5).

В диссертации разработаны предложения по совершенствованию инфраструктурно-технологического взаимодействия грузовладельцев и ж.-д. перевозчиков (компаний-операторов) в припортовой ТТС, включающие технико-технологические решения (рисунок 1.6).

Проблемы инфраструктурно-технологического взаимодействия грузоперевозчиков в припортовой транспортной системе	
Технические	Недостаточная емкость путевого развития припортовых станций
	Неисправность маневровых локомотивов и подвижного состава
	Неисправность погрузочно-выгрузочных механизмов
	Нарушение технических условий погрузки и крепления грузов
	Неисправность ж.-д. инфраструктуры
	Недостаточное количество локомотивов и бригад по «подъему» «брошенных» поездов
	Отказ технических средств
	Несоответствие эксплуатируемого парка локомотивов к установленному плану
	Недостаточная мощность и техническое оснащение сортировочных систем на сортировочных станциях полигона
Технологические	Неприем поезда станции назначения по вине грузополучателя
	Неравномерная погрузка
	Невыполнение плановых норм перегрузки портом
	Ограничение пропускной способности при плановых и неплановых ремонтных «окнах»
	Технологические перерывы в использовании ж.-д. путей
	Многооператорский рынок подвижного состава
	Принятие дополнительных планов перевозок без согласования с ОАО «РЖД»
	Задержки в маневровой работе
Опоздание прибытия поездов	
Погодные	Температурные (туман, гололед)
	Атмосферные (ливни, паводки)
	Ветровые («бора», шторм)
Временные	Перепростой поездов своего формирования
	Ожидание обработки и расформирования
	Корректировка плана подвода вагонов и судов

Рисунок 1.5 – Проблемы инфраструктурно-технологического взаимодействия грузоперевозчиков в припортовой транспортной системе

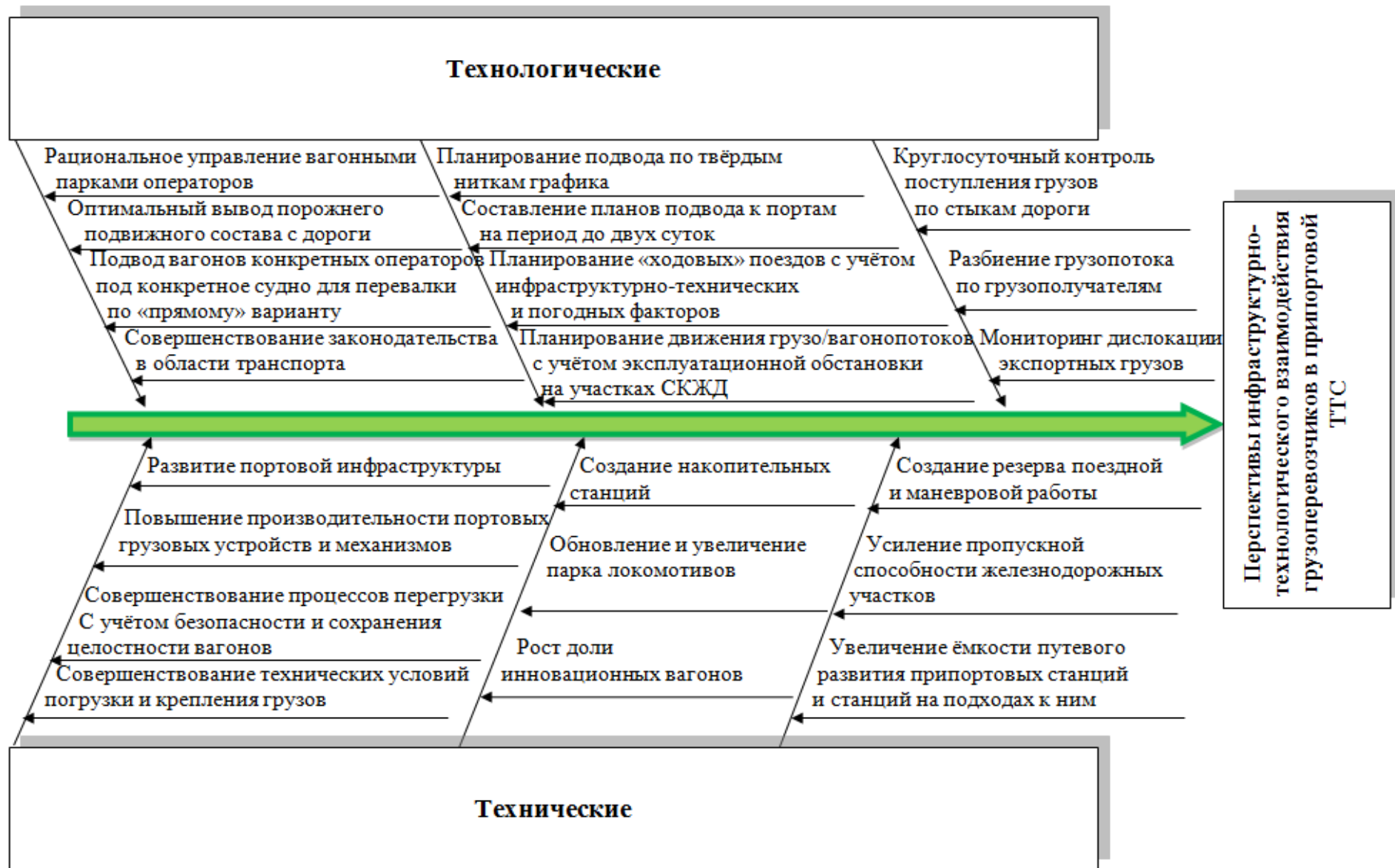


Рисунок 1.6 – Направления развития инфраструктурно-технологического взаимодействия в припортовой ТТС

1.4 Компании – операторы подвижного состава в системе мультимодальных грузоперевозок

18 мая 2001 года Правительством Российской Федерации была утверждена Программа структурной реформы на железнодорожном транспорте. Реформа предусматривала процесс создания конкурентной рыночной среды, который заключается в демонополизации отдельных сфер деятельности железнодорожного транспорта и создании условий доступности инфраструктуры железных дорог для пользователей различных форм собственности.

Важнейшим фактором развития конкурентной среды на железнодорожном транспорте является становление и развитие системы компаний – операторов подвижного состава. Ход и результаты реформы применительно к влиянию на обеспеченность и качество перевозочного процесса представлены на рисунке 1.7. Каждый из выделенных этапов характеризуется своими технологическими особенностями при организации перевозочного процесса исходя из доступности необходимых производственных ресурсов [73].

Этапы					
1	2	3	4	5	6
Грузовые вагоны в основном принадлежат МПС. В период массовых перевозок ощущается их дефицит. Технология работы ориентирована на обеспечение максимальной производительности вагона	На фоне дефицита вагонов появляются локальные дефициты пропускной способности линий, перерабатывающих способностей станций, дефицит тяги.	Падение объемов перевозок, отсутствие дефицита производственных мощностей железнодорожного транспорта, отставка в запас и консервация неиспользуемых производственных мощностей.	Рост объемов перевозок, восстановление законсервированных объектов инфраструктуры и изъятие из запаса подвижного состава, острое проявление дефицита грузовых вагонов как ресурса с наиболее коротким жизненным циклом, привлечение к перевозкам «условно годных» вагонов.	Государство решает задачу обновления вагонного парка, возложив её на частный капитал, путём резкого увеличения вагонной составляющей в стоимости перевозки. Появляются операторы грузовых вагонов, диктующие цену за вагон грузоотправителю.	Появляется профицит полувагонов и цистерн при частичном сохранении дефицита других типов грузовых вагонов.
1980 г.	2000 г.			2013 г.	

Кто диктует условия получения порожнего грузового вагона:

МПС или ОАО «РЖД»
 Грузоотправитель
 Оператор грузового вагона

Рисунок 1.7 – Ход и результаты реформы применительно к влиянию на обеспеченность и качество перевозочного процесса

По итогам третьего этапа реформирования (2006–2010 гг.) было обеспечено формирование конкурентного рынка оперирования грузовыми вагонами путем создания дочерних общесетевых (ОАО «Первая грузовая компания», ОАО «Вторая грузовая компания») и специализированных (ОАО «ТрансКонтейнер», ОАО «Рефсервис», ОАО «Русская Тройка» и др.) операторских компаний и полного вывода из ОАО «РЖД» парка грузовых вагонов посредством его передачи в капитал дочерних операторов и продажи (до 70 тыс. вагонов) иным собственникам подвижного состава (таблица 1.3).

Таблица 1.3 – Крупнейшие российские операторы вагонов на момент окончания структурной реформы железнодорожного транспорта

№ п/п	Наименование оператора*	Объем перевозок в 2010 г., млн т	Доля в общем объеме перевозок на российских железных дорогах, %	Количество вагонов в управлении на конец 2010 г., тыс. ед.
1	Первая грузовая компания	302,35	23,06	212,87
2	Globaltrans	63,8	4,87	50,65
3	«Трансойл»	59	4,50	29,82
4	Независимая транспортная компания	56,45	4,31	22,58
5	«Нефтетранссервис»	35,36	2,70	37,58
6	«Газпромтранс»	25	1,91	25,9
7	«Трансгарант»	24,56	1,87	15,6
8	«Русагротранс»	20	1,53	31,7
9	«Евросиб СПб»	17,71	1,35	10,09
10	«Запсибтранссервис»	17	1,30	5,75
11	«Металлоинвесттранс»	15,2	1,16	8,98
12	«Евразтранс»	15	1,14	4,75
13	Rail Garant	14,66	1,12	18,5
14	«Мечел-Транс»	14	1,07	4,03
15	СУЭК	14	1,07	10,1
16	«Новотранс»	12,6	0,96	17,76
17	«Евротранс»	12,53	0,96	15,23
18	«ТрансКонтейнер»	11,98	0,91	24,25
19	«ЛУКОЙЛ-Транс»	11,6	0,88	11,09

* – Названия приведены на момент создания.

За период с 2003 по 2011 г. общий парк вагонов вырос более чем на 23 %. При этом парк грузовых вагонов, не принадлежащий Холдингу «РЖД», увеличился на 300,7 тыс. единиц, а с учетом замены выбывающего подвиж-

ного состава частный бизнес обеспечил приобретение более 250 тыс. вагонов. Парк Холдинга «РЖД» снизился до 529,1 тыс. вагонов.

В настоящее время рынок железнодорожных перевозок сформировался в конкурентный сектор с многочисленными участниками. Роль операторов железнодорожного подвижного состава заметно расширяется [86]. Они создают многоотраслевые транспортные объединения, вовлекающие в свою сферу, помимо перевозчиков морского и автомобильного транспорта, мощные внешние экспедиторские компании (в т. ч. и зарубежные). Тем самым компании-операторы контролируют большие потоки грузов, обеспечивают их консолидацию для транспортных коридоров в направлении портов.

С момента активного участия операторских компаний в перевозочном процессе на сети железных дорог России появилась проблема эффективного управления приватным вагонным парком. Эта проблема остро влияет на маневренность инфраструктуры, занятие путей станций отстоем вагонов, увеличение встречного порожнего пробега и др. [51].

Важным шагом в повышении эффективности использования подвижного состава и пропускных способностей инфраструктуры стала совместная разработка ОАО «РЖД» и АО «ФГК» договора-оферты на услуги управления порожними вагонами по обезличенной технологии – «технологический аутсорсинг», а также создание консолидированного вагонного парка. В соответствии с данной технологией вагон после выгрузки технологически обезличивается и перевозчик получает возможность построения оптимальной логистики для подачи порожнего вагона под погрузку с соблюдением определенных нормативов по расходам на порожний пробег [138, 143].

Данная проблема также рассматривалась и анализировалась в трудах ученых. Например, в работе [92] предлагается реализовывать такие эффективные принципы управления порожними вагонопотоками: крупные операторы или объединения нескольких операторов должны максимально обезличить свои парки и приблизиться к регулировочным принципам работы через систему опорных станций и станции распыления, для чего необходимо кон-

солидировать парки и стремиться к взаимозаменяемости своих вагонов; мелкие операторы, не имеющие достаточного парка вагонов для организации стабильного вагонопотока, должны работать по методам адресной пономерной привязки; узкоспециализированные операторы, разместившие парк на постоянных направлениях и под конкретные грузы, должны перейти на принципы жестких полигонов курсирования своего подвижного состава.

Необходима заинтересованность владельцев подвижного состава в эффективном его использовании, сокращении оборота вагона, исключении порожнего рейса от станции выгрузки до станции накопления маршрута, оптимизации движения не только груженых вагонопотоков, но и порожних и их быстром возврате к перевозочной деятельности.

Таким образом, организованный подход к укрупнению операторских компаний и налаженная работа мелких операторов на направлениях южно-российских транспортных коридоров через южные припортовые станции будут способствовать укреплению ведущей роли и повышению конкурентоспособности железнодорожного транспорта и поступательному, сбалансированному развитию всей транспортной системы Южного региона России.

Классификационные признаки операторских компаний на полигоне СКЖД

На полигоне СКЖД работают около 1150 операторов и собственников подвижного состава [106]. Из них 10 крупных компаний-операторов (включая АО «ПГК», АО «ФГК», ООО «ТрансОйл», ООО «Газпромтранс», АО «НефтеТрансСервис», АО «Русагротранс», и др.) владеют около 77 % этого подвижного состава. В собственности 70 средних компаний находится около 17 % вагонного парка. А доля подвижного состава в собственности более тысячи мелких операторских компаний, владеющих от нескольких до ста вагонов, составляет около 6 % (таблица 1.4).

Существует много классификационных признаков операторских компаний. Наиболее значимыми из них являются:

- количество вагонного парка в управлении (малые, средние, крупные);

– род подвижного состава (специализированные, универсальные);

– характер перевозок (кэптивные – компании, владеющие и управляющие парком вагонов с целью транспортного обеспечения основного производства, некэптивные – компании, владеющие и управляющие парком вагонов с целью получения прибыли) [5, 87, 139, 147].

Основным видом деятельности операторских компаний является предоставление собственного подвижного состава для перевозок. Вместе с тем компании оказывают ряд транспортно-экспедиционных и иных услуг: оформление документов, страхование грузов, прием и сдача грузов, погрузочно-разгрузочные и складские работы, услуги по транспортировке грузов (круглосуточное диспетчерское наблюдение, экспедирование и контроль перевозок в железнодорожном и мультимодальном сообщениях).

Таблица 1.4 – Операторские компании на полигоне СКЖД

№ п/п	Наименование компании-оператора	Доля компании, %
1	ООО «ТрансОйл»	10,69
2	АО «ЛПК»	8,93
3	АО «ФГК»	6,30
4	ЗАО «Русагротранс»	4,39
5	АО «НПК»	3,21
6	ООО «Газпромтранс»	1,37
7	АО «СГ-Транс»	0,93
8	ПАО «ТрансКонтейнер»	0,51
9	ООО «Трансгарант»	0,48
10	АО «РН-Транс»	0,07
11	АО «Совфракт-Совмортранс»	0,05
12	АО «Рефсервис»	0,05
13	Прочие операторы	63,04

Большая доля вагонного парка, который находится в собственности (аренде) грузовладельцев, является специализированным, а в собственности (аренде) операторов – универсальным (приложение 1, рисунок П1.10) [63].

Доля крупных операторов по родам подвижного состава представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Доля крупных операторов по родам подвижного состава

Род подвижного состава	Доля крупных операторов, %
Полувагоны	38,1
Цистерны	82,3
Крытые	65,7
Платформы	96,1
Прочие	24,81

Из таблицы 1.5 следует, что крупные операторы управляют преимущественно универсальным парком вагонов. В сегменте перевозок грузов цистернами доля крупных операторов составляет 82,3 %, однако они используются в основном для перевозки нефтяных грузов, это подтверждает факт доминирования крупных операторских компаний в наиболее прибыльных сегментах грузовых перевозок. В структуре перевозки грузов платформами доля крупных операторов составляет 96,1 %. Самую низкую долю крупные операторы имеют в сегменте перевозки грузов полувагонами – 38,1 %. В сегменте перевозки грузов крытыми вагонами доля крупных операторов составляет 65,7 %.

Сводная характеристика крупных операторских компаний приведена в приложении 1, таблица П1.5. Также стоит выделить узкоспециализированных операторов на сети СКЖД (АО «Русагротранс», АО «Акрон», АО «Рефсервис»), которые перевозят в основном один род груза, оперируя специализированным парком вагонов (зерновозы, минераловозы, рефрижераторные и др.).

Направления продвижения вагонопотоков крупных операторских компаний на полигоне СКЖД представлены в приложении 1, таблица П1.6.

АО «Первая Грузовая Компания» (ПГК) [107] является одним из крупнейших частных операторов грузовых железнодорожных перевозок в мире. Компания входит в UCL Rail (железнодорожные активы международной транспортной группы Universal Cargo Logistics Holding (UCL Holding)). В состав группы входят также вагоноремонтное депо «Грязи», ООО «ПГК-Лизинг», АО «Стальтранс». В России функционируют 14 филиалов ПГК. За

рубежом интересы «ПГК» представляют компании «ПГК в Украине», Freight One Scandinavia (Финляндия) и ТОО «ПГК-Центральная Азия» (Казахстан). 80 % клиентского портфеля ПГК представляют крупнейшие российские промышленные и добывающие компании: «Роснефть», НЛМК, «Евраз», «Северсталь», СУЭК, «ЕВРОЦЕМЕНТгруп» и др.

АО «ПГК» предоставляет своим клиентам весь спектр услуг, связанных с железнодорожной перевозкой грузов и логистикой. По итогам 2016 г. парк в управлении АО «ПГК» не превышал 129 тыс. вагонов, в том числе 73 тыс. полувагонов, 23,7 тыс. цистерн, 17,8 тыс. крытых вагонов, 8,1 тыс. хопперов-цементовозов, 4,6 тыс. платформ, 1 тыс. хопперов-минераловозов.

На рисунке 1.8 показана динамика парка АО «ПГК» за 2008–2016 гг., с 2012 г. представлена динамика парка UCL Rail.



Рисунок 1.8 – Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности UCL Rail в 2008–2016 гг., тыс. ед.

С июля 2013 г. АО «ПГК» начало использовать собственные локомотивы. Оборот полувагона составляет менее 13 суток. С 2015 г. одним из стратегических направлений бизнеса АО «ПГК» стало обслуживание клиентов по технологии Third Party Logistics (3PL).

Показатели деятельности АО «ПГК» приведены в приложении 1, рисунок П1.11.

Ростовский филиал АО «ПГК» создан на основании решения Совета директоров Открытого акционерного общества «Первая грузовая компания»

(Протокол № 4 от 27 декабря 2007 г.) в соответствии с Гражданским кодексом РФ, Федеральным законом «Об акционерных обществах», иными нормативными правовыми актами Российской Федерации. Филиал создан без ограничения срока деятельности.

Показатели работы филиала представлен в приложении 1, таблицы П1.7–П1.8. Рабочий парк вагонов АО «ПГК» в зоне ответственности филиала составил 13 050 вагонов, что на 2366 выше установленного норматива и на 54 вагона выше уровня прошлого года. Содержание рабочего парка вагонов АО «ПГК» составило 12 393 вагона в среднем в сутки, что на 1171 вагон в сутки выше норматива и на 898 ниже уровня аналогичного периода прошлого года. Оборот грузового вагона выполнен на уровне 11,06 суток, что на 1,42 выше установленного норматива и на 1,75 выше аналогичного периода прошлого года.

АО «Федеральная грузовая компания» (АО «ФГК») [142] было создано 24 сентября 2010 г. как дочернее общество ОАО «РЖД». Компания была создана как общесетевой оператор грузового подвижного состава. Уставный капитал АО «ФГК» составил 46,4 млрд руб., он сформирован путем передачи компании 156,4 тыс. грузовых вагонов ОАО «РЖД» и денежных средств в размере 200 млн рублей.

Приоритетными грузами, перевозимыми АО «ФГК», являются черный металл, уголь, минеральные соли и удобрения, строительные грузы. В число крупных клиентов оператора входят ПАО «Мечел», АО «СУЭК», ООО «ТРАНССИБУРАЛ», ПАО «Северсталь», ПАО «Кузбасская топливная компания», ООО «УГМК-Транс», ООО «Русагро-Сахар», АО «МХК «ЕвроХим», ООО «ПРОДИМЕКС-Холдинг», АО «Минудобрения», ООО «КЗ «Ростсельмаш» и др.

На полигоне РЖД работают 7 филиалов и 9 агентств транспортного обслуживания АО «ФГК», а также представительства в Москве и Республике Казахстан.

По состоянию на 01.01.2017 парк в собственности АО «ФГК» (с учетом финансового лизинга) насчитывает 98,6 тыс. вагонов, среди которых около 72,2 тыс. полувагонов, 12,5 тыс. крытых вагонов, более 8,7 тыс. платформ и около 4,4 тыс. цистерн. В 2015–2016 гг. АО «ФГК» активно списывало вагоны с истекшим сроком эксплуатации, в результате чего за последние два года объем собственного парка компании (с учетом финансового лизинга) сократился на 34 %. В частности, в 2015 г. компания списала 39 тыс. вагонов (в 2014 г. – 19,5 тыс.). В 2016 г. АО «ФГК» списало 18,6 тыс. вагонов. В 2017 г. оператор списал более 11 тыс. вагонов.

Списанный за последние два года парк АО «ФГК» заменило арендованными вагонами. По итогам 2016 г. парк подвижного состава в управлении компании вырос на 18,9 % по отношению к показателю начала года и составил почти 154 тыс. единиц.

Динамика парка АО «ФГК» в 2010–2016 гг. представлена на рисунке 1.9 (показатели за 2015 г. приведены без учета передачи парка в управление ЦФТО).



Рисунок 1.9 – Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности компании в 2010–2016 гг., тыс. ед.

Показатели деятельности АО «ФГК» представлены в приложении 1, рисунок П1.12.

В январе 2017 г. общий объем перевозок АО «ФГК» составил более 16 млн т, что на 66 % превышает показатель января 2016 г. Положительная динамика к 2016 г. достигнута за счет роста погрузки лома черных металлов – в 5 раз, флюсов – в 3 раза, минерально-строительных грузов – в 3 раза. Также зафиксирован рост погрузки в крытых вагонах – на 14 % к аналогичному периоду 2016 г. В частности, объем перевозок химикатов и соды увеличился на 35 %, что произошло благодаря наращиванию доли оператора в перевозках полимеров и каучуков производства ПАО «СИБУР Холдинг». В феврале 2017 г. объем перевозок продолжил рост. По итогам месяца было погружено более 212 тыс. полувагонов, 15,5 тыс. цистерн, 11 тыс. крытых вагонов. Перевозки нефти и нефтепродуктов в цистернах АО «ФГК» в феврале 2017 г. увеличились в 3 раза.

В 2016 г. АО «ФГК» начало развивать услугу контрейлерных перевозок. С ноября оператор ведет переговоры с розничной сетью «Магнит». Ритейлер рассматривает возможность перевозки своих автотрейлеров из Краснодара в Сочи по железной дороге. Речь идет о перевозке примерно 50 грузовиков в сутки. В 2017 г. АО «ФГК» заявила о планах купить до 52 контрейлерных платформ.

ПАО «ТрансКонтейнер» (до декабря 2014 г. ОАО «ТрансКонтейнер») [105] учреждено в марте 2006 г., с июля 2006 г. осуществляет самостоятельную хозяйственную деятельность в качестве дочернего общества ОАО «РЖД».

Парк в управлении крупнейшего на территории ЕЭП оператора ПАО «ТрансКонтейнер» на 1 января 2017 г. составил 23,2 тыс. фитинговых платформ (в 2016 г. компания вывела из управления более 1,2 тыс. фитинговых платформ, в том числе списано было порядка 900 ед.). Доля ПАО «ТрансКонтейнер» на рынке фитинговых платформ ЕЭП по итогам 2016 г. составила 40,5 %. Согласно отчетности ПАО «ТрансКонтейнер» за 2015 г. (МСФО) убыток от выбытия железнодорожных платформ и контейнеров в 2015 г. составил 823 млн руб. (в 2014 г. 716 млн руб.). По итогам 2016 г. 80-футовыми

длиннобазными платформами было представлено более трети парка компании. Показатели деятельности ПАО «ТрансКонтейнер» представлены в приложении 1, рисунок П1.13.

Показатели оборачиваемости парка платформ поддерживаются на стабильном уровне наращивания перевозок в составе маршрутных контейнерных поездов. Средний показатель использования вместимости парка платформ за 9 месяцев 2016 г. на уровне 77,3 % по сравнению с 76,0 % за аналогичный период 2015 года.

Коэффициент порожнего пробега платформ компании в IV квартале 2016 г. увеличился до 9,5 % (в III кв. 2016 г. – 6,3 %, в IV кв. 2015 г. – 7,6 %) в связи с возникшим дисбалансом грузопотоков на Дальнем Востоке, вызванным быстрым восстановлением импорта из Китая. В целом по итогам 2016 г. показатель вырос до 7,5 %. В то же время оборот платформ и в IV квартале 2016 г. и в среднем за 2016 г. ускорился до 12,6 (на 10 %) и 13,7 сут. (на 8,1 %) соответственно. Коэффициент порожнего пробега контейнеров в IV квартале 2016 г. увеличился до 32,1 % при небольшом ускорении оборота контейнеров (на 1 % до 38 сут.). В целом в 2016 г. показатели порожнего пробега контейнеров ухудшились на фоне замедления оборота, который по итогам года увеличился на 2,8 % и составил 36,4 суток.

АО «НефтеТрансСервис» (АО «НТС») [99] – один из ведущих частных операторов железнодорожных перевозок, ориентирован на самые крупные и наиболее привлекательные сегменты рынка железнодорожных перевозок, такие как перевозка грузов в полувагонах и вагонах-цистернах.

АО «НТС» сотрудничает с крупнейшими компаниями топливно-энергетической, металлургической и горнодобывающей отраслей в России и СНГ. Среди клиентов компании в сегменте нефти и нефтепродуктов – Роснефть, Башнефть, Лукойл, Татнефть, Газпромнефть; в металлургическом и горнодобывающем секторе «Евраз», СУЭК, ПМХ, Национальная нерудная компания, «Русский уголь», УГМК, «Эн+Логистика», «Мечел», Прионежская горная компания.

К основным услугам компании относятся: предоставление подвижного состава под перевозки грузов в полувагонах и нефтебензиновых цистернах; транспортно-экспедиторское обслуживание; промышленная логистика; ремонт подвижного состава и запчастей; подготовка цистерн под налив.

Сегодня АО «НТС» является четвертым оператором подвижного состава в сегменте полувагонов и нефтебензиновых цистерн и насчитывает более 54 тыс. единиц подвижного состава. Компания охватывает 35 региональных подразделений в России и Казахстане. Это позволяет АО «НТС» ежемесячно перевозить порядка 8,5 млн т грузов по России и СНГ (приложение 1, рисунок П1.14).

АО «Новая перевозочная компания» [177] – один из крупнейших независимых транспортных предприятий на российском рынке грузовых перевозок железнодорожным транспортом. 100 % акций АО «НПК» контролирует Группа Globaltrans. Среди клиентов АО «НПК» крупнейшие промышленные предприятия России: ОАО «Северсталь», ОАО «ММК», ООО «Евраз-Холдинг», ООО «Уральская Сталь», ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «НК «Роснефть» и др. Показатели деятельности группы Globaltrans представлены в приложении 1, рисунок П1.15.

Широкая филиальная сеть позволяет оперативно решать вопросы организации перевозок, обеспечивать своевременную подачу вагонов и следить за грузом на протяжении всего пути следования.

Одним из важных показателей операционной эффективности операторской компании является отношение объема перевозок к парку подвижного состава в управлении (таблица 1.6). При этом результаты зависят не только от организации работы оператора, но и от общей ситуации на сети, специализации перевозок, структуры парка вагонов, отношений с ОАО «РЖД» и др. Наиболее высокие показатели отношения объема перевозок к парку подвижного состава в управлении характерны для компаний, специализирующихся на маршрутных перевозках, особенно использующих собственные локомоти-

вы. В частности, это АО «НефтеТрансСервис» (свыше 50 локомотивов), ООО «Трансойл» (43 локомотива) и Globaltrans (75 локомотивов).

Таблица 1.6 – Рейтинг операторов по отношению объёма перевозок к парку в управлении в 2012–2016 гг., тыс. т/ваг за год

Название компании	2012	2013	2014	2015	2016	Место на		Динамика мест
						01.01. 2016	01.01. 2017	
UCLRail-»ПГК», АО	1,13	1,22	1,27	1,12	1,27	32	28	↑ 4
UCL Rail-»НТК», ОАО	1,79							
«ФГК», АО	1,0	1,06	1,0	1,08	1,32	36	24	↑ 12
«Globaltrans Investment plc»	1,57	1,6	1,57	1,6	1,59	15	17	↓ 2
«НефтеТрансСервис», АО	1,38	1,6	1,73	1,92	1,84	5	8	↓ 3
«ТрансОйл», ООО	1,56	1,51	1,49	1,52	1,51	17	19	↓ 2
«РТК», ГК	0,71	0,61	0,75	0,75	0,95	-	47	-
«СУЭК», АО	1,3	1,52	2,13	1,77	1,63	10	16	↓ 6
«Газпромтранс», ООО	0,9	0,92	0,89	0,9	0,91	-	49	-
«Лукойл-транс», ООО	0,89	1,01	1,12	1,11	1,08	34	37	↓ 3
«ГК «Новотранс», ООО	1,27	1,07	1,09	0,92	1,29	-	26	-
«СГ-Транс», АО	0,44	0,98	1,0	1,0	1,07	42	38	↑ 4
«Первая тяжеловесная компания», АО	-	-	0,52	1,29	1,32	25	23	↑ 2
ХК «УГМК»	0,82	1,14	0,84	0,98	1,25	44	29	↑ 15
«ТФМ Оператор», ООО	-	-	-	0,51	1,52	-	18	-
«РТХ-Логистик», ЗАО	1,07	2,55	0,85	0,99	0,97	43	44	↓ 1
«Сибур-Транс», АО	0,37	0,42	0,39	0,46	0,48	-	-	-
«ТрансКонтейнер», ПАО	0,55	0,51	0,49	0,47	0,55	-	-	-
«РН-Транс», АО	0,66	0,88	0,62	0,77	0,7	-	-	-
«Совфрайт-Совмортранс», АО	2,04	1,18	1,23	1,06	1,15	38	33	↑ 5
«ИСР Транс», ООО	1,44	1,38	1,44	1,73	2,13	11	6	↑ 5
«ТГК», АО	0,52	0,7	0,7	1,17	1,05	31	40	↓ 9
«Уралкалий», ПАО	1,39	1,51	1,81	1,85	1,86	6	7	↓ 1
«Мечел-транс», ООО	1,78	1,26	1,28	1,19	1,17	29	31	↓ 2
ГК Rail Garant	1,44	1,47	1,51	1,32	1,0	24	42	↓ 18
«Евросиб СПб-ТС», ЗАО	0,9	0,95	0,87	0,82	0,76	-	-	-
«Спецэнерготранс», АО	0,95	0,91	1,04	1,38	1,41	22	22	-
«Трансгарант», ООО	1,92	1,66	1,52	1,44	1,44	18	21	↓ 3
«МХК «Еврохим», АО	0,99	0,97	1,17	1,0	1,17	41	32	↑ 9
«ФосАгро-Транс», ООО	1,68	1,55	1,84	2,25	2,15	4	5	↓ 1
«УВЗ-Логистик», ООО	3,82	1,6	1,22	1,21	1,29	28	27	↑ 1
«Уралхим-транс», ООО	0,99	0,75	0,72	0,68	0,73	-	-	-

В 2015 г. Globaltrans более интенсивно использовал собственные локомотивы, за счет чего компания сократила оборот вагона, увеличились количество груженых отправок на вагон и объем перевозок на вагон в управлении соответственно. АО «СУЭК» за счет развития сотрудничества с ОАО «РЖД»

по организации движения по твердым ниткам графика и перехода к использованию на основных экспортных направлениях инновационных полувагонов с увеличенной грузоподъемностью удалось добиться увеличения скорости доставки угля на экспортные терминалы и более высокой экономической эффективности, выраженной в расходах на доставку грузов. В результате сроки доставки груженых рейсов на основных маршрутах СУЭК сократились на 15 %.

Ускорение оборота вагонов привело к снижению потребности СУЭК в парке на 7,5 тыс. вагонов, а также увеличению доли маршрутных отправок на 24,5 %. Следует отметить, что общесетевые операторы АО «ПГК» и АО «ФГК» занимают по данному показателю соответственно 34-е и 37-е места.

Таким образом, на полигоне СКЖД основными операторскими компаниями являются АО «ПГК», АО «ФГК», АО «НефтеТрансСервис», ЗАО «Русагротранс», ПАО «ТрансКонтейнер», ООО «ТрансОйл», АО «РН-Транс» и др. Показатели деятельности наиболее значимых операторских компаний на полигоне СКЖД представлены в приложении 1, рисунки П1.16–П1.24.

Несмотря на рост объемов перевозок в адрес припортовых станций Азово-Черноморского бассейна (АЧБ), сохраняются проблемные вопросы: наличие большого количества операторов и неопределенность суточного спроса, неоптимальное управление вагонными парками, увеличение порожнего пробега и снижение эффективности использования подвижного состава, загруженность инфраструктуры, несовершенство технологии перевозочного процесса, особенно в местах взаимодействия нескольких видов транспорта, технические сбои, решению которых посвящены дальнейшие главы диссертационного исследования.

1.5 Выводы по главе

В первой главе диссертации проведен анализ экспортно-импортных грузопотоков на полигоне СКЖД. Рост грузооборота крупных портов (с 2005

г. по 2017 г. на 55,5 %) и малых (на 12,4 %) увеличивает грузонапряженность на основные направления организации движения по СКЖД, которые включены в МТК «Север-Юг» (*NS*) и «Трансиб» (*TS*). Для устойчивого обеспечения перевозочной деятельности и продвижения грузо- и вагонопотоков в порты необходимо развитие не только инфраструктуры железных дорог, но и методов управления вагонопотоками.

Решение проблемы повышения эффективности функционирования транспортного комплекса, обеспечения координации и взаимодействия в работе различных видов транспорта, развития интермодальных перевозок грузов по МТК, обеспечения реализации транзитного потенциала России в глобальной системе МТК требует применения принципиально новых подходов, в основе которых лежат принципы логистики.

Рассмотрены операторские компании, работающие на полигоне СКЖД, представлены ранжирование и классификационные признаки компаний операторов, проведен их анализ по объему перевозок, по величине парка в управлении, по структуре парка грузовых вагонов, по грузообороту, выручке.

Сформирована сводная диаграмма транспортно-технологических решений по повышению клиентоориентированности и конкурентоспособности компании-оператора (рисунок 1.10). Таким образом, наблюдается зависимость системы организации припортовой ТТС от структуры рынка операторских компаний, динамики грузовой базы и системы организации вагонопотоков.

Определены проблемные вопросы в инфраструктурно-технологическом взаимодействии грузоперевозчиков в припортовой ТТС, что подтверждает необходимость повышения эффективности управления перевозками в железнодорожной припортовой ТТС применением нового метода территориального разграничения вагонопотоков на основе развития логистических подходов к грузовой работе и построения региональной экономико-географической модели. Выполнена постановка целей и задач для дальнейшего исследования.



Рисунок 1.10 – Направления повышения клиентоориентированности и конкурентоспособности компании-оператора

Глава 2. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУЗО- И ВАГОНОПОТОКОВ ПРИПОРТОВЫХ ТТС В КОНКУРЕНТНЫХ УСЛОВИЯХ

2.1 Отечественный опыт научных исследований в распределении мультимодальных грузо- и вагонопотоков припортовых ТТС

Проблема привлечения дополнительных грузопотоков в порты в условиях плановой экономики теоретически решалась ранее как задача централизованного распределения грузопотоков между портами, обеспечивающего общесистемный (макроэкономический) эффект. Для ее решения предлагались различные экономико-математические методы и модели, прежде всего оптимизационные. Они ориентированы на разные горизонты планирования (перспективное, пятилетнее, годовое, оперативное планирование), на различные множества портов (порты нескольких бассейнов, порты одного бассейна и т. д.) вплоть до перегрузочных комплексов внутри отдельных портов с учетом взаимодействия смежных видов транспорта и т. д.

Анализ существующих решений проблемы направления грузопотоков в припортовые ТТС показывает, что необходимо исходя из уже имеющихся теоретических и методических положений, созданных для условий плановой и рыночной экономик, найти такое решение, которое сохраняло бы опыт планирования работы в долгосрочной и краткосрочной перспективах.

В современных условиях старых, испытанных методов планирования, основанных на эмпирическом опыте и детерминированных методиках расчета, оказывается уже недостаточно. Им на смену необходимо внедрять новые, научно обоснованные методы сетевого планирования, линейного и динамического программирования, теории расписаний, теории массового обслуживания, методы математического моделирования производственных процессов, методы теории системного анализа и другой современный математический аппарат.

Рассмотрим основные методы решения задач организации и управления мультимодальными грузопотоками.

Методы экономико-математического моделирования, которые используются для решения задач функционирования экономического объекта и поиска оптимальных моделей распределения грузопотоков, формализующихся соответствующими целевыми функциями минимума затрат или максимума транспортной продукции. Для решения задач рациональной деятельности применяются алгоритмы *линейного и нелинейного программирования*. Представлены в трудах отечественных [2, 15, 22, 36, 37, 93, 98, 103] и зарубежных ученых [167, 175].

Д-ром техн. наук А.Ф. Бородиным в работе [22] был сформирован единый методический подход к решению задач выбора методов обеспечения надежности и экономичности системы организации эксплуатационной работы железнодорожных направлений.

Д-ром техн. наук А.Т. Осьмининим в работе [103] был разработан общий подход к задаче выбора рациональной организации вагонопотоков в рамках действующих на железнодорожном транспорте информационных систем.

В работе [15] авторами предложена модель многофазных транспортных задач, размерность которой линейно возрастает при увеличении числа фаз в транспортной задаче.

В работах [36, 37] авторы рассматривают методы многокритериального управления вагонами на железнодорожном транспорте. Эти методы основаны на способах решения транспортной задачи линейного программирования (на методе потенциалов), а также на методе решения транспортной задачи по критерию времени с нелинейной целевой функцией.

Методы теории системного анализа, позволяющие выявить возможные направления исследований сложных, многообразных систем (транспортно-технологических, социально-экономических и др.), обеспечивающих работу железнодорожного транспорта и его связи с внешними микро- и макро-

системами [24, 80, 161, 164]. Системный подход для выявления связей и установления их влияния на поведение всей системы в целом применяется в работах [74, 103, 108, 122] и др.

В работе [164] приводится системное исследование процессов управления транспортным комплексом Краснодарского края как многоуровневой иерархической структуры с целью построения рациональной логистической схемы. Описываются целевые функции системы и обобщенная модель управления транспортным комплексом в условиях взаимодействия различных видов транспорта.

Д-ром техн. наук А.Н. Рахмангуловым [122] впервые с системных позиций рассматривается проблема эффективной организации функционирования железнодорожных транспортно-технологических систем, играющих определяющую роль в обеспечении качества непосредственного транспортного обслуживания грузовладельцев.

Методы теории вероятности и математической статистики, используемые при анализе событий из технологии работы станций (прибытие поезда, свобода пути, наличие бригад локомотивов, обеспеченность машинами и механизмами, занятость сортировочных и грузовых устройств и т. п.) и проведении экспериментов с конечным числом взаимно исключающих возможных исходов. Значительный вклад в развитие теории комплексного применения математической статистики и теории вероятности при решении транспортно-технологических задач внесли д-ра техн. наук В.А. Персианов, А.А. Смехов, Н.В. Правдин, В.Я. Негрей, С.В. Сизый, Рахмангулов А.Н., Э.А. Мамаев, М.Б. Петров, В.В. Багинова и др. [7, 93, 94, 109, 110, 115, 122, 129, 185].

Аналитические методы моделирования, позволяющие сочетать пространственное расположение объекта с математическими параметрами при достаточной точности расчетов [17, 29, 33, 38].

Так, в работе [38] отмечается, что в настоящее время практическая реализация логистических технологий в транспортных системах предполагает обязательный учет динамики в принятии решения.

Методы теории массового обслуживания, позволяющие формализовать сложные транспортные системы, имеющие каналы обслуживания грузо- и вагонопотоков. По данной теории железнодорожную станцию можно рассматривать как многоканальную систему. Все каналы или часть их могут выполнять один и тот же или разные виды обслуживания, характеризующиеся интенсивностями прохождения заявок (составы, локомотивы, отдельные вагоны, документация), интенсивностью обслуживания, временем обслуживания, временем нахождения в очереди, длиной очереди [1, 28, 81, 91, 117].

В работе [28] авторы представляют работу грузового фронта в виде имитационной модели с использованием теории массового обслуживания, которая позволяет оценить его перерабатывающую способность в условиях обслуживания четырех видов заявок, предназначенной для визуализации, анализа и поиска устойчивых параметров функционирования системы.

В работе [81] авторами процесс продвижения транзитных грузовых поездов через условный железнодорожный узел рассматривается как система массового обслуживания.

В работе [117] для общей схемы моделирования грузопотоков предлагается использование теории управляемых сетей, которая способствует решению задачи рациональной организации интермодальных перевозок.

Методы теории графов, в представлении полигона железной дороги, где вершины графа соответствуют станциям (припортовым, грузовым, сортировочным и т. д.), а ребра – соединяющим их железнодорожным путям, формализуют составлением матриц инциденций [27, 145, 176].

Методы имитационного моделирования могут применяться для исследования технологических процессов железнодорожного транспорта в соответствии со сложностью этих процессов в условиях неопределенности окружающей среды [3, 95]. Развитию имитационного моделирования на железнодорожном транспорте посвящены труды В.А. Персианова, Н.С. Ускова, К.Ю. Скалова [109], В.М. Акулиничева, А.М. Жидкова, П.А. Козлова, Е.А. Сотникова.

В трудах д-ра техн. наук П.А. Козлова выполнены актуальные научные разработки технологических процессов в транспортных узлах с применением аппарата имитационного моделирования [77], микро- и макро моделирования [75, 78].

Научные разработки в области взаимодействия железнодорожного и водного транспорта при продвижении мультимодального грузопотока выполнены в работах [9, 10] на основе методов имитационного моделирования.

Динамическое программирование представляет собой математический метод оптимизации решений, специально приспособленный к многошаговым (или многоэтапным) операциям. В динамическом программировании целесообразно оптимизировать операцию в целом, не разбивая ее на этапы, подлежащие пошаговому решению [4, 46, 76, 96].

Например, в работе [96] авторами представлены оригинальные решения актуальной проблемы управления нерегулярными вагонопотоками сложной структуры в транспортных узлах и в промышленных транспортных системах, основанные на сочетании современного логистического подхода с методами имитационного и математического моделирования.

Моделирование операций по схеме марковских случайных процессов, при этом многие операции, которые приходится анализировать в контексте выбора оптимального решения, развиваются как случайные процессы, ход и исход которых зависят от ряда случайных факторов, сопровождающих эти операции [91, 97].

Регрессионный анализ. Создание регрессионной модели представляет собой итерационный процесс, направленный на поиск эффективных независимых переменных, чтобы объяснить зависимые переменные, которые необходимо смоделировать или понять, посредством запуска инструмента регрессии, чтобы определить, какие величины являются эффективными предсказателями. Процесс построения регрессионной модели должен учитывать теоретические аспекты, мнение экспертов в этой области и здравый смысл [134, 162].

Разработано большое число методов для проведения регрессионного анализа такие как линейная и обычная регрессии по методу наименьших квадратов, которые являются параметрическими. Целевая функция метода имеет вид:

$$\sum_{k=1}^M (Y_k - \hat{Y}_k)^2 \rightarrow \min$$
, где M – объем выборки; Y_k – случайные величины с заданным совместным распределением вероятностей; \hat{Y}_k – оценка случайной величины с заданным совместным распределением вероятностей.

Методика оптимального управления грузопотоками в железнодорожном транспортном узле с применением метода линейного программирования была исследована А.А. Леоновым [88].

В последнее время, в связи с усилением конкуренции на транспортном рынке и технологическими изменениями, вызвавшими реструктуризацию во всех отраслях экономики, особое место занимает определение оптимальных вариантов взаимодействия операторских компаний с предприятиями – отправителями и получателями грузов.

Для целей моделирования технологического взаимодействия может использоваться теория сетей, элементы которых представляют собой совокупность производственных единиц, чья деятельность координируется рыночными механизмами [125, 126, 129].

Разновидностью сетевых структур управления служат так называемые плоские иерархии, к которым относятся ОАО «РЖД», АО «ПГК», АО «ФГК», другие операторы, представляющие собой горизонтальные компании. Плоские иерархические структуры представляются в пространственном изображении в виде многослойных моделей, состоящих из нескольких функциональных плоскостей. Такие модели принято называть сэндвич-моделями (согласно работам д-ра техн. наук, проф. В.М. Сая [34, 125, 126]) (приложение 2, рисунок П2.1).

В целях моделирования транспортно-технологического процесса (ТТП) взаимодействия операторских компаний и региональных субъектов исполь-

зуются многокритериальная игровая модель [34], постановка которой приведена в приложении 2.

В работе [21] рассматривается влияние размещения вагонного парка на эксплуатационную работу полигонов сети. Авторами проведена оценка возможности отстоя частных вагонов на станциях сети, разработана принципиальная схема определения технических и технологических возможностей станций сети по размещению вагонного парка, не задействованного в перевозочном процессе.

В работе [104] рассмотрены направления повышения эффективности перевозок на основе перехода на полигонную систему управления перевозочным процессом, раскрыты основные факторы и условия, требующие перехода на такую систему управления.

Работа [23] посвящена проблеме повышения эффективности управления парком грузовых вагонов в условиях возрастания доли частного подвижного состава.

В [67] проблема регулировки избыточного частного вагонного парка операторов рассматривается с учетом изменений в законодательстве. ОАО «РЖД» был разработан Единый сетевой технологический процесс (ЕСТП), согласно которому в управлении вагонным парком следует перейти к нормальному ритму его перемещения. Однако существенных изменений в продвижении порожних вагонов и разгрузке инфраструктуры не последовало, возможно, в силу рекомендательного характера ЕСТП, отсутствия синхронизации участников перевозочного процесса, недостаточного информационного взаимодействия и др. Работа железнодорожной отрасли по схеме «технологического аутсорсинга» также не достигла ожидаемой ранее эффективности из-за осложнения экономической ситуации в стране в целом и на рынке оперирования в частности [141].

Проблемы организации мультимодальных грузо- и вагонопотоков поднимались в работах П.В. Куренкова, А.С. Балалаева, К.Р. Рахимова, П.К. Рыбина, С.Ю. Елисеева и др. [11, 12, 13, 41, 42, 43, 44, 82, 83, 121, 124, 144].

Например, в работе [144] авторы указывают, что увеличение затрат грузовладельцев из-за роста вагонной составляющей провозной платы, вызываемое замедлением оборота грузового вагона, определяется в целом по сети ОАО «РЖД» исходя из повышения уровня ставки предоставления вагонов грузовладельцам операторами подвижного состава.

В работе [121] приводятся наиболее значимые проблемы управления порожними вагонопотоками, которые, в частности, были исследованы в [69]. Автором предлагается способ консолидации парка как выход из сложившихся обстоятельств и использование цикла непрерывного совершенствования Шухарта – Деминга [188] для улучшения обеспечения погрузочными ресурсами грузовладельцев и организации перевозочного процесса.

В совместных трудах д-ра экон. наук П.В. Куренкова и д-ра техн. наук А.С. Балалаева [11, 13] проанализированы обстоятельства, влияющие на качество взаимодействия железнодорожного и морского транспорта, а также основные причины и факторы, обуславливающие задержку поездов с экспортными грузами на подходах к морским портам. Авторами предложены мероприятия, позволяющие улучшить качество взаимодействия железнодорожного и морского транспорта при мультимодальных перевозках. Указывается, что задача создания рациональной, экономически целесообразной и взаимовыгодной для всех участников перевозки структуры управления мультимодальными грузопотоками, в первую очередь в международном сообщении, должна решаться в направлении создания системы логистического управления перевозками на основе согласованного автоматизированного плана подвода грузов в порты.

В работе [124] рассмотрена возможность использования методов экономического прогнозирования для корректировки объемов вагонопотоков, поступающих в адрес морского порта, в условиях неустойчивой экономической ситуации. На основе этого уточняется прогноз объемов работы предпортовых и портовых железнодорожных станций в определенный временной период.

В трудах [25, 113] проанализированы проблемы и особенности организации перевозок в смешанном железнодорожно-водном сообщении и предложена форма взаимодействия участников перевозочного процесса на основе создания управляющего транспортно-логистического центра.

В работах [147, 148] д-ра экон. наук Ф.И. Хусаинова большое значение придается проблемам эффективного управления вагонными парками, реформированию системы железнодорожных тарифов. Особое внимание уделено теории естественной монополии, методам и способам воздействия на монополию в сфере железнодорожного транспорта, альтернативным государственно-му регулированию.

В [149, 150] рассмотрено развитие системы операторских компаний в условиях демонополизации железных дорог. Вопросам перспективного планирования потребности в парке грузовых вагонов железнодорожных компаний посвящена работа [163]. Методика оценки организационной структуры оперативного управления вагонопотоками, а также модель рынков грузовых вагонов по оптимизации их величины и структуры предложены в [8, 89, 165].

Таким образом, значительное количество научных работ в данном направлении свидетельствует не только о большой важности проблем, но и о необходимости продолжения поиска многофакторных решений научных проблем по рациональному распределению грузо- и вагонопотоков в ТТС с учетом взаимодействующих подсистем видов транспорта и рыночных условий эксплуатации.

2.2 Зарубежный опыт научных исследований в распределении мультимодальных грузо- и вагонопотоков

В настоящее время многооператорские модели управления подвижным составом на железнодорожном транспорте разрабатываются в ведущих транспортных державах (США, Китай, Япония, Германия и др. страны ЕС). Созда-

ются интеллектуальные системы управления продвижением мультимодальных грузопотоков в адрес припортовых станций [84, 100, 101, 102].

Проводимая в странах Европейского Союза реформа железнодорожного транспорта направлена на отделение эксплуатационной деятельности от владения инфраструктурой, развитие конкуренции для улучшения качества обслуживания, с одной стороны, и на приведение национальных железных дорог к единому стандарту для эксплуатационной совместимости – с другой. Последний момент получил отражение в концепции европейской системы управления движением ETCS [172].

В организации мультимодальных перевозок контейнерных грузов эффективен опыт США по переключению перевозок контейнеров на напряженных маршрутах с автомобильного транспорта на железнодорожный с использованием методов смешанных перевозок [49].

Но реализация поставленных задач сопряжена с большими трудностями, вызванными коммерческими интересами конкурирующих между собой видов транспорта и транспортных предприятий в пределах каждого из них. Резко возросшая концентрация потоков контейнеров через ограниченное число перевалочных баз на морских побережьях и во внутренних индустриальных районах обнаружила недостаточную пропускную способность транспортных узлов.

Для решения данных проблем стал использоваться интегрированный подход путем внедрения смешанной технологии перевозки – *multimodal transport*, при которой груз с момента начала перевозки (склад грузоотправителя) до момента её завершения (склад грузополучателя) находится полностью под контролем оператора смешанной перевозки.

Теорию транспортных потоков и вопросы теории очередей исследовал Ф. Хейт, который отмечал: «...*Теория транспортных потоков разрабатывалась исследователями, представляющими различные направления: математиками, физиками, инженерами-транспортниками, экономистами, а в последние годы – специалистами по исследованию операций. Поэтому не следу-*

ет удивляться тому, что эта область знаний расплывчата, не имеет четких границ и во многих отношениях весьма запутанна... Почти совсем не согласована методология, нет единого мнения и в вопросе о том, какие величины считать основными и в каких единицах их измерять» [146].

Проф. Г. Поттгофф переложил на язык теории вероятностей целый ряд транспортных задач [114], преимущественно из области эксплуатации железных дорог. Сочетал теорию вероятностей с графиком движения поездов как организующим началом.

Вопросам управления интермодальными грузопотоками значительное внимание уделяют зарубежные авторы [173, 180, 181, 184]. Их исследования направлены на оптимизацию переработки грузопотока, поступающего и отправляемого через американские порты и продвигаемого от приграничной зоны вглубь территории страны и в обратном направлении.

Основная особенность зарубежной теории состоит в использовании внутренних, или «сухих», портов (*inland port*), которые являются частью интермодальной системы и выполняют логистическое обслуживание грузопотоков, поступающих через морские порты.

Термин «внутренние (сухие) порты» впервые начал употребляться в распределительных цепях поставок в начале 1990-х годов. Под определением «внутренние порты» понимается скопление (концентрация) распределительных и логистических центров, расположенных на транспортных коридорах [6].

В этот же период была создана первая группа американских «внутренних (сухих) портов», главным образом, для обслуживания растущего объема авиаперевозок, что составляло основной режим их работы.

Изменения, связанные с переходом от авиагрузовых воздушных портов к внутренним портам, произошли под влиянием импорта контейнеров из Азии. Возможности для экономического развития через создание внутренних портов расширились к 1995 г. Внутренние порты были созданы в Сан-Антонио, Техасе, Колумбии, Огайо (авиационная база Rickenbacker) и др.

Вопросами выбора оптимального места расположения внутренних портов и распределения припортовых грузопотоков занимались американские

ученые-транспортники, такие как Т. Гулей (Т.В. Gooley) [178], Г. Ричардсон (H. L. Richardson) [186], А. Робинсон (A.E. Robinson) [187] и др.

Например, в работе [178] Т. Гулей выделяет основные факторы, которые необходимо учитывать при выборе эффективного месторасположения внутренних портов: это инфраструктура, близость поставщиков и покупателей, политические и налоговые соображения, условия международной торговли.

Г. Ричардсон в своей статье [186] выделяет основные критерии создания припортовой грузораспределительной системы. А. Робинсон [187] составил список преимуществ от создания внутренних грузораспределительных портов.

Вопросам описания (идентификации) внутренних портов как хабов (ступиц) в интермодальной системе транспортировки свои исследования посвятили Б. Лалонд (B. LaLonde) [168], Р. Гаррисон (R. Harrison) [179].

Р. Гаррисон [179] рассматривает роль внутренних портов в международных транспортных коридорах и предлагает способы их успешной реализации на трансконтинентальных канадских железнодорожных маршрутах.

Между тем в странах Азии «сухие порты» используются, в основном, для увеличения перерабатывающей способности морских портов, а не для развития внутренних регионов [182].

Работа [171] направлена на предложение набора показателей и соответствующих критериев пространственного анализа для «сухого» порта. Как правило, потенциал притяжения определенного транспортного узла оценивается по его индексам пространственной доступности, учитывая как территориальные особенности местоположения, обеспечиваемые путями сообщений, которые соединяются с этим узлом, так и его экономический потенциал, определяющий уровень транспортных потоков в зависимости от экономических центров региона.

В статье [191] описывается проект размещения двух железнодорожных терминалов, расположенных вблизи морских портов.

Геометрическая модель для вероятностных внутренних районов порта на основе интермодальной сети совместно с использованием анализа дискрет-

ного выбора и географической информации грузоотправителя разработана в статье [189].

В работе [166] авторы исследовали показатели, определяющие конкуренцию на рынке железнодорожных перевозок, такие как объем перевозок, показатели дорожного движения и количество вагонов частных железнодорожных операторов в сравнении с национальными операторами.

В работе [190] предлагается метод управления грузоперевозками, учитывающий приоритет грузоотправителей и ограничения пропускной способности. В качестве основных параметров выбираются время транзита грузов, транспортные расходы, удобство, безопасность и надежность. Результаты работы показывают, что предложенный метод может решить проблему транспортировки для рациональных грузоотправителей; однако этот метод ограничен для нерациональных грузоотправителей, которые выбирают транспортную перевозку случайным образом.

В [183] представлена модель сетевой передачи грузопотока (NTM). Модель, основанная на границах сети и использующая макроскопическую или основную схему сети (NFD). В качестве критериев и мер контроля используются повторная маршрутизация и управление границами сети.

Аналитическая модель маршрутизации грузопотоков, представляющая собой упрощенную микроэкономическую модель, основанную на принципах теории запасов, и объясняющая, как для данного грузопотока организация грузовых перевозок тесно связана с характеристиками отношений отправителя и получателя, и эмпирическая оценка этой модели представлены в работе [174].

Таким образом, зарубежная наука и практика распределения грузо- и вагонопотоков припортовых ТТС находится на ступени полнофункционального развития, имеет успешные решения отдельных задач, но комплексные общесистемные подходы из-за многовариантности и сложности по-прежнему находятся в разработке. Это требует дальнейшего развития методов распределения вагонопотоков с учетом конкурентных преимуществ видов транспорта.

2.3 Модели и методы распределения грузо- и вагонопотоков в припортовой ТТС

Формулировки задач, моделей, их обобщенное описание, используемые в определении эффективных способов накопления и распределения припортовых грузопотоков, сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристика задач и моделей распределения грузо- и вагонопотоков в припортовой ТТС

Задачи	Модели и методы	Примечания
1	2	3
1) Определение величин грузо- и вагонопотоков	1.1) Модели и методы прогнозирования (гармонических весов, эвристический, экспоненциального сглаживания, экстраполяции по логистической кривой, поз. 1.1.1, 1.1.2; методы экспертных оценок: метод Дельфи, программного и эвристического прогнозирования, поз. 1.1.3) [16, 30, 93, 112]	1.1.1) Размеры грузо- и вагонопотоков положительны. 1.1.2) Чем длиннее динамический ряд данных грузо- и вагонопотоков, тем выше точность прогноза. 1.1.3) Мера согласованности мнений экспертов оценивается коэффициентом конкордации по Кендаллу
2) Определение транспортных расходов на перевозку	2.1) Модели определения кратчайших путей на сети (методы теории графов, поз. 2.1.1) [27, 80, 145, 176]. 2.2) Транспортная задача в матричной (сетевой) форме (методы экономико-математического моделирования, поз. 2.2.1) [7, 22, 36, 93]	2.1.1) Топологический граф вида $G = \{X, U\}$, где X – множество вершин графа, $X \in \{X_1, X_2, X_3 \dots X_n\}$; U – множество ребер графа, соединяющих вершины, $U \subseteq X \times X$. Граф представляется квадратной <i>матрицей смежности</i> $A = [a_{ij}]$ порядка $n \times n$, где n – количество вершин графа. Элементы матрицы a_{ij} принимают значения: $a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если имеется дуга, соединяющая вершины } i \text{ и } j; \\ 0, & \text{если вершины } i \text{ и } j \text{ несмежные.} \end{cases}$ Для анализа графа по входам и выходам дуг относительно вершин, составляется <i>матрица инциденций</i> $S = [s_{ij}]$ порядка $n \times m$, где m – количество дуг графа. Элементы матрицы s_{ij} столбца принимают значения: $s_{ij} = \begin{cases} +1, & \text{если дуга } u_j \text{ исходит из } x_i; \\ -1, & \text{если дуга } u_j \text{ заходит в } x_i; \\ 0, & \text{если дуга } u_j \text{ не инцидентна } x_i. \end{cases}$

1	2	3
		<p>2.2.1) Обобщенная формула</p> $\Pi = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min,$ <p>при ограничениях:</p> <p>– все грузы должны быть перевезены</p> $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i; \quad i = 1, 2, \dots, m;$ <p>– все потребности должны быть удовлетворены</p> $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j; \quad j = 1, 2, \dots, n;$ <p>– запланированное количество груза $x_{ij} \geq 0$. При решении транспортной задачи применяют способ северо-западного угла (диагональный), способ наименьшего значения критерия, способ двойного предпочтения, метод аппроксимации Фогеля, случай вырождения, метод потенциалов, сетевые и матричные способы и др. решения</p>
<p>3) Определе-ние технико-технологиче-ских парамет-ров грузо- и вагонопото-ков, пропуск-ных и провоз-ных способ-ностей транспорта</p>	<p>3.1) Методы определения плана формирования поездов (модели и методы прогнозирования, поз. 3.1.1; методы теории вероятности и математической статистики, поз. 3.1.2 и 3.1.3; методы теории массового обслуживания, поз. 3.1.4) [1, 9, 91, 130].</p> <p>3.2) Методы маршрутизации ж.-д. перевозок (комбинаторные методы оптимизации, поз. 3.2.1) [2, 34].</p> <p>3.3) Задача распределительного типа (задача формирования заказов и планирования подвоза грузов, поз. 3.3.1) [41, 97, 161, 164, 159].</p> <p>3.4) Методы теории вероятностей и математической статистики, методы теории массового обслуживания, поз. 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4 [1, 47, 73].</p>	<p>3.1.1) См. поз. 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3.</p> <p>3.1.2) Вероятность появления событий (заявок) N в заданный интервал времени t выражается <i>распределением Пуассона</i>. Этому распределению следует количество поездов или подач, прибывающих за временной интервал в ГТС:</p> $P_N(t) = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^N}{N!},$ <p>где $P_N(t)$ – вероятность того, что за время t появится $N = 1, 2, \dots, \infty$ заявок; λ – интенсивность потока заявок за интервал времени t; λt – среднее прибытие заявок за время t.</p> <p>3.1.3) Количество интервалов группирования статистических наблюдений K, а также размер интервала d в зависимости от размеров выборки определяется по <i>формуле Г. Стреджерса</i> [91] $K = 1 + 3,322 \lg n$, откуда следует</p> $d = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{K},$ <p>где X_{\max}, X_{\min} – размах вариации (наибольшее и наименьшее значение случайной величины); n – количество статистических наблюдений; K – количество интервалов группирования наблюдений.</p>

1	2	3
		<p>3.1.4) Необходимо описание входящего потока требований; описание способа обслуживания; описание дисциплины очереди. Входящий поток требований считается пуассоновским, характеризуется интенсивностью λ, вероятность появления одного требования в интервале от t до $t + \Delta t$ равна $\lambda \Delta t$ и не зависит от t.</p> <p>3.2.1) Игровые модели для конфликтных ситуаций [34].</p> <p>3.3.1) Разрабатывается план подвода вагонов операторов [9, 41, 44] с конкретным грузом от станций погрузки в адрес порта в объёме судовой партии во временной интервал загрузки конкретного судна, прибывающего в конкретное время при условии удовлетворения технико-технологических параметров припортовой транспортной системы</p>
<p>4) Определение местоположения инфраструктурных объектов ж.-д. транспорта, обеспечивающих накопление и распределение грузо- и вагонопотоков в припортовой ТТС</p>	<p>4.1) Задачи размещения ж.-д. станций и станционных устройств (методы имитационного моделирования, поз. 4.1.1; метод двойного предпочтения с модификацией значения критерия, метод вариантных расчетов по сплошному перебору, метод «относительного размещения производственных объектов», многокритериальные модели, поз. 4.1.2; численные методы парето-оптимальных решений, поз. 4.1.3) [3, 10, 28, 78, 111, 154], авторские разработки гл. 3 диссертации.</p>	<p>4.1.1) Транспортная система представляется в виде элементов. Выделяются бункерные элементы, формируется таблица взаимосвязи технологических операций, расписание работы подсистем, приоритеты, логические элементы (промежуточные, базисные и параллельные) [3, 10, 154].</p> <p>4.1.2) Рассмотрены в работах [36, 103, 122].</p> <p>4.1.3) Формируется вектор концепции развития ж.-д. станции $\lambda = (\lambda^i)$, имеющий вид [111]</p> $W(X, \lambda) = \max_i \lambda^i \left(\frac{f_i(x) - f_{i0}}{f_i(x)} \right),$ <p>где X, λ – показатели и вектор концепции схемы станции; f_{i0} – набор показателей схемы-рекордиста; $f_i(x)$ – набор показателей i-й схемы станции.</p> <p>Ограничения:</p> $\lambda^i \geq 0; i = \overline{1, m}; \sum_{i=1}^m \lambda^i = 1.$ <p>Для $W(X, \lambda) \rightarrow \min_{\lambda}$, находятся варианты, содержащие все точки множества Парето</p>

2.4 Проблемы в распределении вагонных парков припортовых ТТС

Система организации вагонопотоков составляет основу перевозочного процесса на железнодорожном транспорте и ориентирована на:

- устойчивое развитие железнодорожного транспорта в условиях его реформирования;
- сохранение технологической целостности перевозочного процесса во взаимодействии ОАО «РЖД», грузовладельцев, операторов подвижного состава и иных участников перевозочного процесса;
- безусловное выполнение принятых планов перевозок грузов;
- снижение расходов, связанных с продвижением груженных вагонопотоков и подводом порожнего подвижного состава в пункты погрузки, сокращение переработки и простоев вагонов на станциях выполнения грузовых и технических операций;
- своевременную доставку грузов;
- обеспечение безопасной перевозки негабаритных и опасных грузов.

Организацию вагонопотоков в поезда на сети железных дорог выполняют технические (сортировочные и участковые) станции, грузовые и иные станции, на которых формируются поезда, включая станции примыкания путей необщего пользования [40].

До недавнего времени использовался балансовый метод регулировки вагонопотоков, что приводило к нерациональному перемещению и размещению порожних вагонов. В результате был разработан ЕСПП, который реализует адаптивный план формирования груженных и порожних вагонопотоков на основе месячного планирования и с учетом схем работы операторов (приложение 2, рисунок П2.2).

В настоящее время существует проблема дальнейшего развития теоретических основ управления узловыми портовыми грузо- и вагонопотоками и

методов распределения грузопотоков между видами транспорта в условиях конкуренции.

Как ранее отмечалось, на полигоне СКЖД работают около 1150 операторов и собственников подвижного состава [106]. Распределение операторских компаний на рынке предоставления подвижного состава полигона СКЖД представлено на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Распределение операторских компаний на рынке предоставления подвижного состава

Степень использования на полигоне СКЖД видов подвижного состава операторскими компаниями рассмотрим на примере *ABC*-анализа [26]. Известно, что группу *A* составляют примерно 20 % компаний при выполнении 80 % объема работ, группу *B* – 20 % компаний, доля работ которых составляет до 80 %. В группу *C* включают оставшиеся компании.

Из *ABC*-анализа (рисунок 2.2) видно, что в сегменте «цистерны» 75 % парка принадлежит семи компаниям, также стоит выделить наличие большого количества мелких операторов. Это показывает высокую степень конкуренции в перевозках данным видом подвижного состава.

В сегменте перевозок крытыми вагонами большую долю занимает АО «ФГК» – 48,6 %. Номенклатуру грузовых перевозок составляют строительные грузы, удобрения, лесные грузы, руды всякие. Сезонный характер носят перевозки лука, сахарной свеклы и зерна, в этот период необходимо полное

обеспечение крытыми вагонами сахарных заводов, расположенных на полигоне СКЖД.

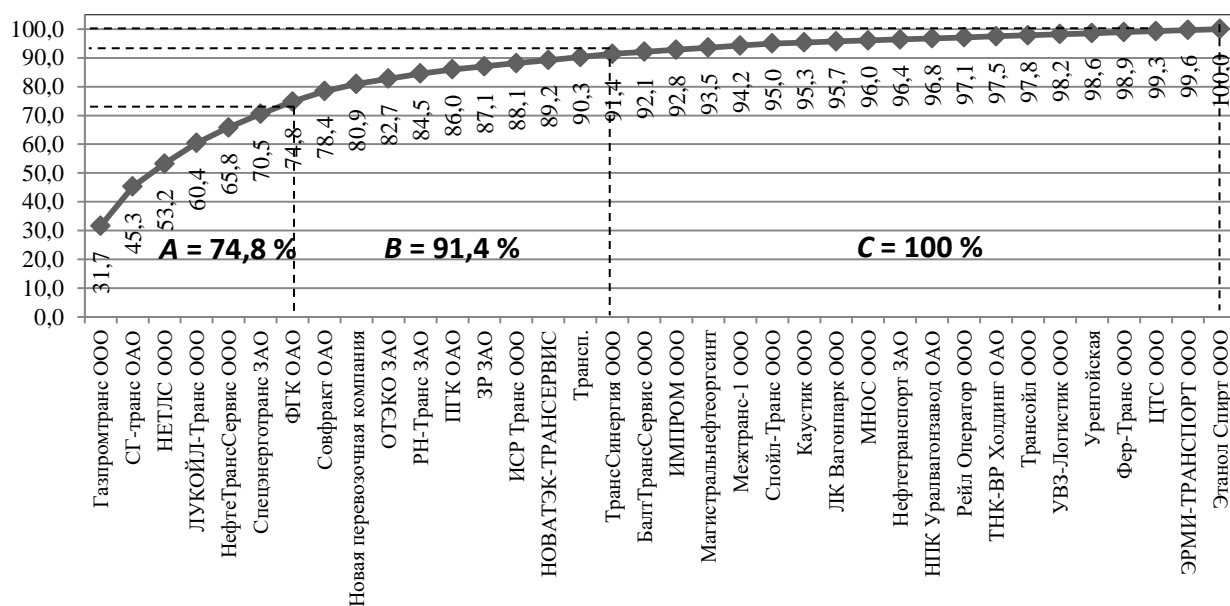


Рисунок 2.2 – ABC-анализ операторских компаний по цистернам

Из ABC-анализа (рисунок 2.3) следует снижение доли перевозок в крытых вагонах АО «ППК» (25 % от общего потока перевезенных грузов в 2013 г.). Это связано с завершением строительства олимпийских объектов.

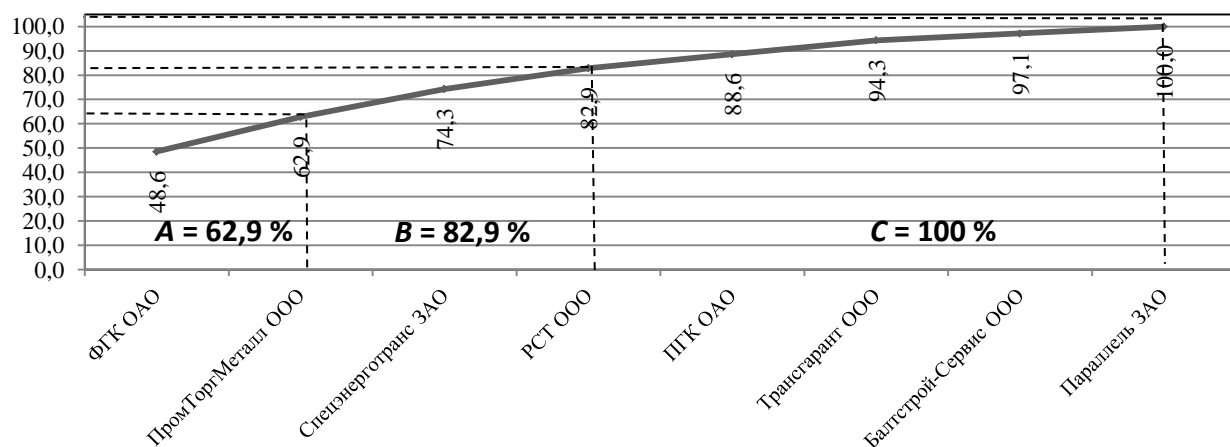


Рисунок 2.3 – ABC-анализ операторских компаний по крытому подвижному составу

Значительной долей полувагонов владеют такие крупные операторы, как ОАО «Новая перевозочная компания» (100 % акций которой принадле-

жит Globaltrans Investment PLC), АО «ПГК» и АО «ФГК» (рисунок 2.4). На перевозки в этом сегменте существенно повлияло строительство спортивных объектов зимних Олимпийских игр 2014 года, а также перевозки железобетонных изделий и инертно-строительных материалов для строительства трассы «Формула-1». В сегменте платформ для перевозки контейнеров монополистом на полигоне СКЖД является АО «ФГК» [61].

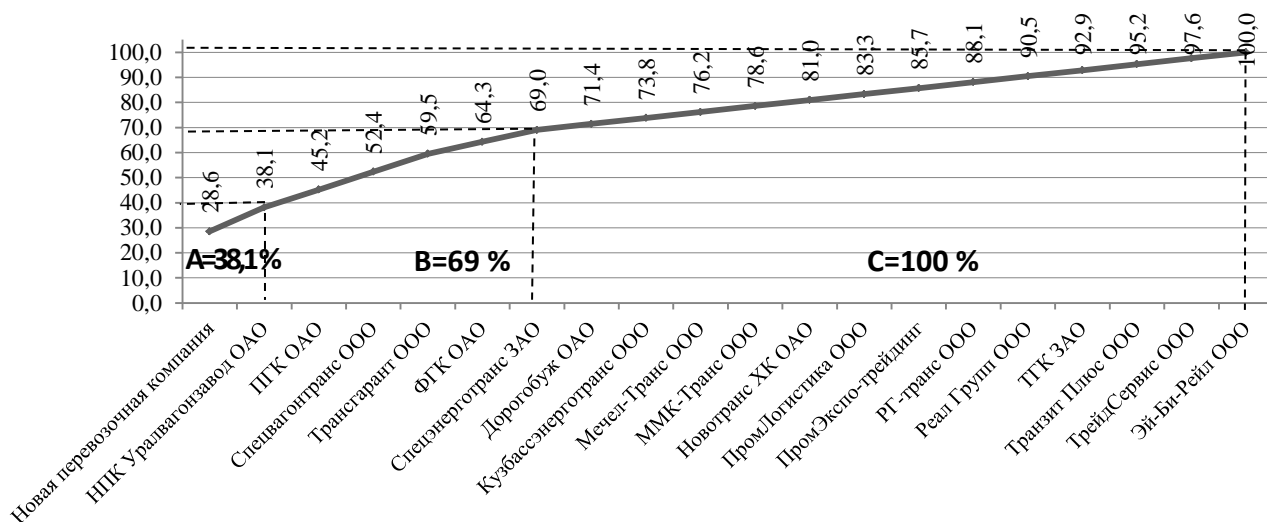


Рисунок 2.4 – ABC-анализ операторских компаний по роду подвижного состава – полувагоны

Существующие показатели оценки качества использования подвижного состава на полигоне СКЖД приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Система показателей качества использования подвижного состава на полигоне СКЖД

№ п/п	Наименование показателей	Формулы расчета показателя
1	2	3
1	Погрузка, ваг	$U_n = U_{n1} + U_{n2} + \dots + U_{ni},$ где U_{n1}, \dots, U_{ni} – количество погруженных вагонов всеми станциями, ваг.
2	Выгрузка, ваг	$U_e = U_{e1} + U_{e2} + \dots + U_{ei},$ где U_{e1}, \dots, U_{ei} – количество выгруженных вагонов всеми станциями, ваг.

1	2	3
3	Средний оборот вагона, сут.	$\theta_B = \frac{1}{24} \left(\frac{l}{v_{\text{уч}}} + \frac{l}{L_{\text{техн}}} \cdot t_{\text{техн}} + k_M \cdot t_{\text{гр}} \right),$ <p>где l – полный рейс вагона, равный $l = l_{\text{гр}} \cdot (1 + \alpha)$, км; $l_{\text{гр}}$ – груженный рейс вагона, км; α – коэффициент порожнего пробега; $v_{\text{уч}}$ – участковая скорость, км/ч; $L_{\text{техн}}$ – вагонное плечо, т. е. среднее расстояние между техническими станциями, км; $t_{\text{техн}}$ – средний простой вагона на одной технической станции, ч; $t_{\text{гр}}$ – средний простой вагонов на одну грузовую операцию, ч; k_M – коэффициент местной работы, который определяет долю вагонного парка, участвующую в грузовых операциях</p>
4	Рабочий парк, ваг.	$n = U \cdot \vartheta = \frac{\sum Pl_{\text{н}}}{W_B},$ <p>где ϑ – оборот вагона, сут.; U – работа отделения дороги</p>
5	Средняя дальность перевозки, км	$l_{\text{д}} = \frac{Pl_{\text{грф}}}{P},$ <p>где $Pl_{\text{грф}}$ – тарифные т-км пробега; P – количество перевезенного груза, т</p>
6	Время простоя под грузовыми операциями, ч	$t_{\text{гр}} = \frac{\sum n_M t_M}{U_{\text{п}} + U_{\text{в}}},$ <p>где $\sum n_M t_M$ – количество вагоно-ч простоя местных вагонов на станциях назначения; $U_{\text{п}} + U_{\text{в}}$ – количество грузовых операций</p>
7	Коэффициент порожнего пробега, %	$\alpha = \frac{\sum n_{\text{пор}} l_{\text{пор}}}{\sum nl} = \frac{\sum n_{\text{пор}} S_{\text{в.пор}}}{\sum n S_{\text{в}}},$ <p>где $\sum n_{\text{пор}} l_{\text{пор}}$ – пробег порожних вагонов, км; $\sum nl$ – общий пробег всех вагонов, км</p>

Так как полигон СКЖД обслуживает порты Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов, проблема вывода порожних вагонов, освободившихся из-под выгрузки в портах, – одна из важнейших для эффективного управления перевозочным процессом. В силу вступивших с 01.04.2015 изменений в Федеральный закон «Устав железнодорожного транспорта РФ» возрастает ответственность всех сторон, задействованных в перевозочном процессе, в том числе финансовая. Таким образом, нормированию времени оборота порожнего вагона следует уделять особое внимание, так как этот критерий влияет на использование основных средств и является одним из основных пока-

зателей, характеризующих использование вагонного парка и загрузку ж.-д. инфраструктуры.

Оборот порожнего вагона определяется по формуле [70]:

$$\theta_{\text{пор}} = \frac{1}{24} \left(\frac{l_{\text{пор}}}{v_{\text{уч}}} + \frac{l_{\text{пор}}}{L_{\text{техн}}} \cdot t_{\text{техн}} + k_{\text{м}}'' \cdot t_{\text{гр}} \cdot \gamma \right), \quad (2.1)$$

где $l_{\text{пор}}$ – среднее расстояние пробега порожнего вагона; γ – доля времени нахождения вагона в порожнем состоянии под одной грузовой операцией; $k_{\text{м}}''$ – коэффициент местной работы порожних вагонов, определяемый делением суммы погрузки и выгрузки на работу порожних вагонов.

Технология распределения порожних вагонопотоков операторской компании представлена в приложении 2, рисунок П2.2.

Технология организации порожних вагонопотоков включает организацию отправления – осуществляется суточное планирование отправления порожних вагонов в соответствии с их адресным распределением; организацию продвижения – производится Дирекцией по управлению движением (ДУД) согласно адресным назначениям вагонов в соответствии с планом формирования и графиком движения поездов (ГДП); организацию прибытия – по факту прибытия порожних вагонов на станции назначения производятся операции, установленные порядком технологии работы станции.

На станциях, где не предусмотрено формирование отдельных маршрутов из порожних вагонов, эти вагоны включаются в грузовые поезда по плану формирования с учетом станций назначения, указанных операторами железнодорожного подвижного состава в перевозочных документах, и установленного для порожних вагонов региона курсирования.

Возврат в порожнем состоянии вагонов, принадлежащих железнодорожным администрациям других государств, производится в поездах, формируемых по международному плану формирования, через межгосударственные стыковые пункты в соответствии с таблицами привязки, установленными межгосударственным планом формирования грузовых поездов. При

следовании грузевого вагонопотока по измененным направлениям возврат порожних вагонов осуществляется по межгосударственным стыковым пунктам, по которым вагоны следовали в грузе.

В целях обеспечения рациональной технологии направления грузёных и порожних вагонов к станциям назначения в плане формирования поездов предусматриваются назначения отправительских маршрутов.

При организации отправительских маршрутов из порожних вагонов со станций выгрузки маршрутов, они могут формироваться длиной состава, прибывшего при соблюдении установленного веса в грузе.

Для оптимизации загрузки инфраструктуры и снижения сортировочной работы грузевого и порожнего вагонопотоки, не охваченные отправительской маршрутизацией, могут организовываться в технические маршруты в направлении морских портов, пограничных переходов и крупных промышленных предприятий при наличии технических и технологических возможностей инфраструктуры и достаточной мощности вагонопотока с подборкой по роду груза и грузополучателям на основе технико-экономических расчетов.

В ходе анализа на полигоне СКЖД были выявлены направления порожнего вагонопотока с припортовых станций полигона (рисунок 2.5) [35, 69, 99, 105, 107, 123, 128, 142, 177]. По станции Азов основными станциями заадресовки порожних вагонов являются станции: Терентьевская – 10,1 % от общего числа порожних вагонов, отправляемых с данной станции; Несветай – 12,9 %; Тырган – 14,6 %. По станции Вышестеблиевская станциями назначения вывода порожняка являются станции Тихорецкая (7,9 %), Тобольск (8,1 %), Кигаш-эсп. (22,7 %). По станции Грушевая, в силу характера работы, станциями заадресовки порожнего подвижного состава являются станции Тихорецкая (16,4 %), Татьяна (25,8 %), Афипская (40,9 %). По станции Ейск – Кигаш-эсп. (5,9 %), Забойщик (25,9 %). По станции Заречная – Несветай (15,6 %), Тырган (20,9 %), Забойщик (22,8 %). По станции Кавказ – Сызрань-1 (10,9 %), Татьяна (13,1 %), Аксарайская-2 (31,6 %). Со станции Махачкала порожние вагоны преимущественно отправляются на станции Благодарное (12,3 %), Стойлен-

ская (12,5 %), Котел (17,6 %). Со станции Новороссийск – Новоліпецк (4,9 %) Татьяна (9,2 %), Стойленская (15,8 %). Со станции Таганрог – Татьяна (10,3 %), Тьрган (16,6 %), Ерунаково (17,3 %). Со станции Темрюк – Новокуйбышевск (14 %), Тьрган (20,6 %). Со станции Туапсе-Сортировочная – Тьрган (4,2 %), Краснодар-Сортировочный (8,9 %). Со станции Усть-Донецкая – Загородняя (19,1 %), Химзаводская (24,7 %), Бензин (28,1 %).

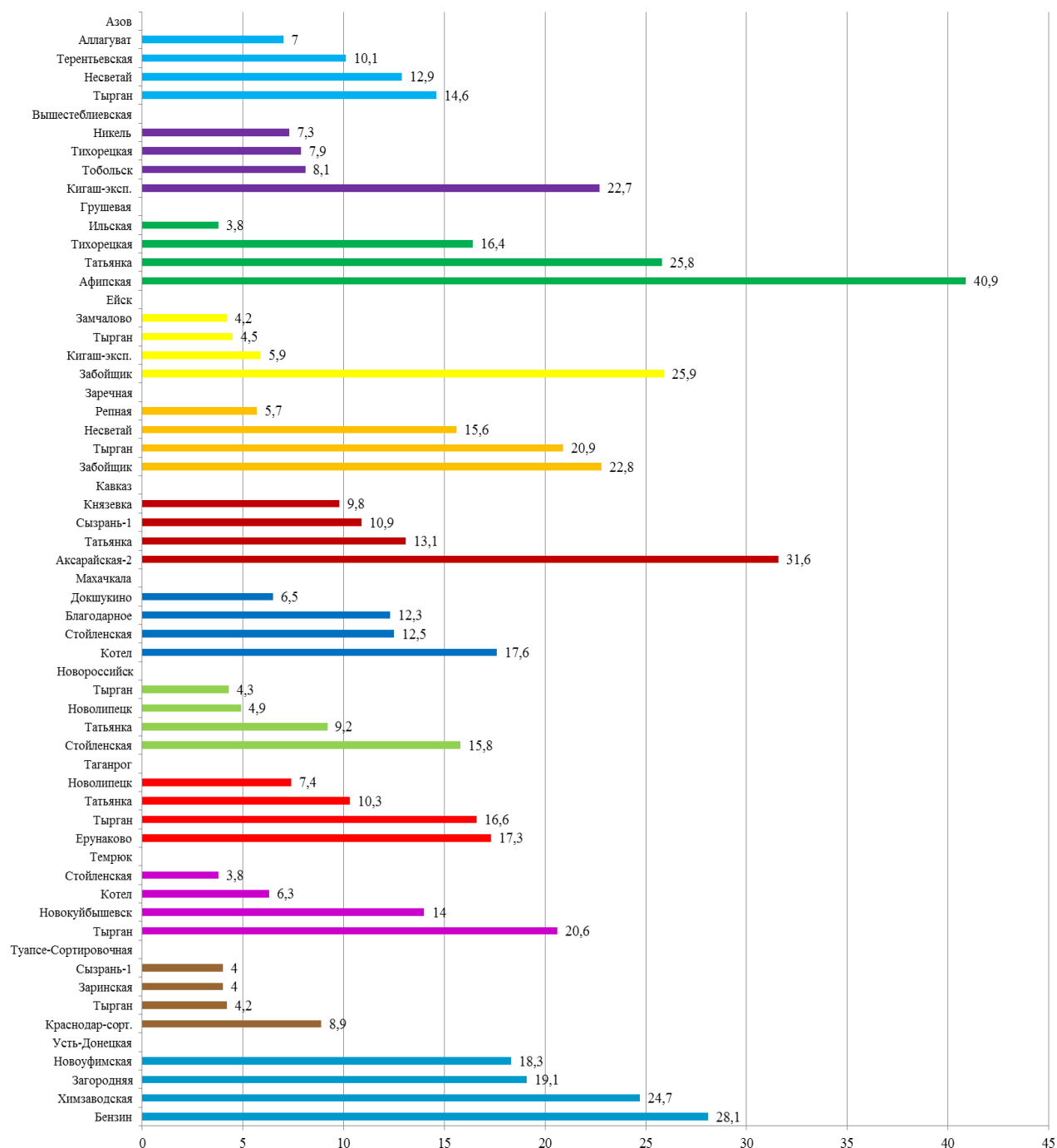


Рисунок 2.5 – Направления порожних вагонопотоков с припортовых станций СКЖД, %

В настоящее время к основным проблемам в работе с подвижным составом операторских компаний относятся списание неисправного подвижного состава, падение темпов транспортного производства и, как следствие, сокращение объемов грузоперевозок, кризисные явления, уменьшение доли транзитных перевозок на территории страны и Таможенного союза, экономические санкции и т. п. Все эти факторы влекут усложнение взаимодействия участников перевозочной деятельности, а дефицит подвижного состава и снижение грузовой базы – рост тарифов на перевозки грузов.

Выполнены значительные работы по усилению транспортных магистралей Северо-Кавказского экономического региона. Однако, несмотря на активное развитие железнодорожной инфраструктуры, возникают ситуации, когда происходит резкое снижение пропускной способности порта, что вызывает перебои в погрузке и выгрузке судов, а также дополнительную нагрузку на инфраструктуру. Это приводит к заполнению портовых складов, накоплению поездов на подходах к портам, экономическим потерям операторских компаний и всей сети в целом, появляются «брошенные поезда».

К основным причинам отставления от движения поездов назначением на припортовые станции СКЖД относятся: наиболее значимые (А) – несоответствие эксплуатируемого парка локомотивов установленному плану; неприем поезда станции назначения по вине грузополучателя; неравномерная погрузка; невыполнение плановых норм перегрузки портом; промежуточные (В) – форс-мажорные обстоятельства (шторм, ветер, обледенение причалов); недостаточная емкость путевого развития портовых станций; ограничение пропускной способности при плановых и неплановых ремонтных «окнах»; наименее влиятельные (С) – недостаточное количество локомотивов и бригад по «подъему» и вывозу «брошенных» поездов; отказ технических средств и др. факторы [50] (рисунок 2.6).

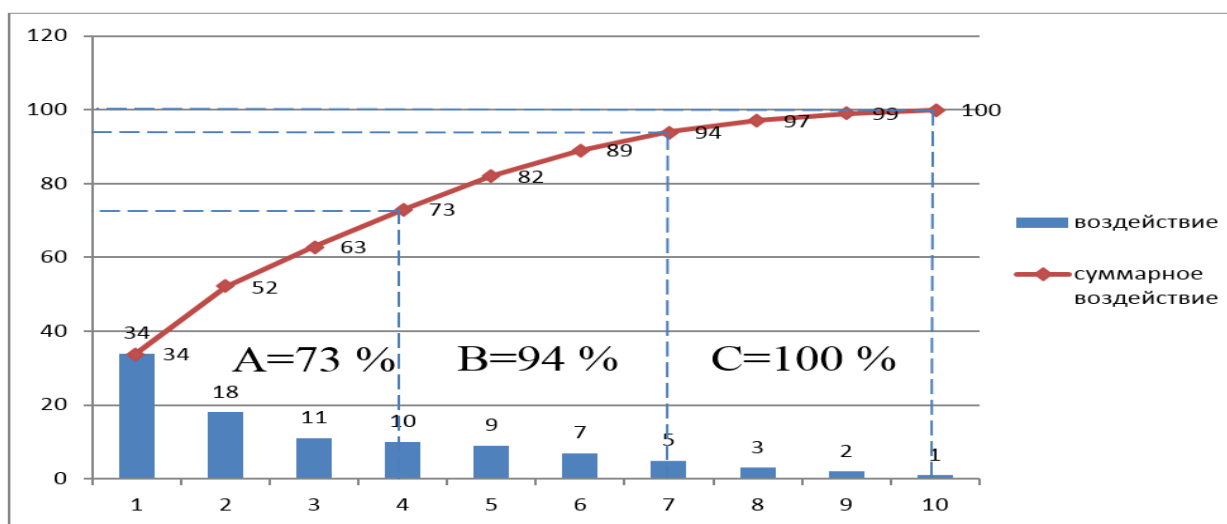


Рисунок 2.6 – ABC-анализ факторов отставления от движения поездов

Переход от отлаженной централизованной системы управления вагонным парком к самостоятельному построению частными операторами логистических схем привел к резкому увеличению нагрузки на инфраструктуру железных дорог, особенно в «узких» местах сети, а также созданию искусственного дефицита провозных мощностей. Создание специализированных для массового отстоя и подготовки вагонов станций (т. н. «станций-отелей») – один из возможных путей повышения качества эксплуатационной работы полигонов в условиях обращения избыточного парка и ограничений пропускной способности [47, 48].

Компания ОАО «РЖД» постоянно ставит вопрос об оптимизации логистики вагонных парков. В частности, в 2014 г. компанией был разработан договор на услуги по оптимизации движения порожних вагонов с созданием обезличенного парка.

Важным шагом по повышению эффективности использования подвижного состава и пропускных способностей инфраструктуры стала разработка ОАО «РЖД» договора-оферты на услуги управления порожними вагонами по обезличенной технологии – «технологический аутсорсинг», а также создание консолидированного вагонного парка [138].

Таким образом, организованный подход к укрупнению операторских компаний и налаженная работа мелких операторов на направлениях южно-

российских транспортных коридоров через южные припортовые станции будут способствовать укреплению ведущей роли железнодорожного транспорта, повышению его конкурентоспособности и поступательному, сбалансированному развитию всей транспортной системы Южного региона России.

2.5 Выводы по главе

Во второй главе проведен анализ результатов отечественного и зарубежного опыта распределения вагонопотоков припортовых ТТС. Выделены и обозначены насущные проблемы в регулировании вагонных парков и организации мультимодальных перевозок. Применяемые на сегодняшний день методы рационального распределения подвижного состава в условиях множественности операторов требуют развития на основе новых моделей с учетом передовых зарубежных разработок. Следует рассматривать вопросы оптимизации не только грузевого, но и порожнего рейса вагонов.

Анализ существующих методов распределения грузо- и вагонопотоков показал, что наиболее часто используются экономико-математическое моделирование, теория вероятностей и массового обслуживания, статистический анализ, теория графов и сетей, методы системного анализа, экспертных оценок, имитационное моделирование.

В управлении и регулировании вагонных парков эффективны методы экономико-математического моделирования, теории вероятностей, массового обслуживания, теория графов и сетей, экспертных оценок и др.

В разрабатываемой методике распределения вагонопотоков припортовой ТТС в качестве перспективных выбраны методы и модели, объединяющие конфигурацию транспортной сети с ее пропускными и перерабатывающими способностями, экономические (рыночные) механизмы регулировки показателей работы операторских компаний, модели учитывающие конкуренцию в теории принятия управленческих решений.

Глава 3. РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВАГОНПОТОКОВ ПРИПОРТОВОЙ ТТС НА ОСНОВЕ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМ СОСТАВОМ

3.1 Метод оценки уровня транспортного производства операторских компаний на полигоне припортовой железной дороги

Оценку рыночного уровня транспортного производства предлагается производить по факторам, принятым в работе компаний-операторов:

- 1) количество вагонного парка в управлении, $n_{\text{ваг.}}$, ваг.;
- 2) количество вагонного парка в собственности, $n_{\text{соб.}}$, ваг.;
- 3) производительность на 1 вагон рабочего парка, $W_{\text{ваг.}}$, т-км/ваг.;
- 4) возраст подвижного состава, $y_{\text{ваг.}}$, год;
- 5) объем погрузки, $Q_{\text{погр.}}$, т;
- 6) доход на 1 вагон, $D_{\text{ваг.}}$, руб.

Основным видом деятельности и получения доходов операторских компаний является предоставление собственного подвижного состава для перевозок. Вместе с тем компании оказывают ряд транспортно-экспедиционных и иных платных услуг: оформление документов, страхование грузов, прием и сдача грузов, погрузочно-разгрузочные и складские работы, логистические услуги по транспортировке грузов (круглосуточное информирование и диспетчерское наблюдение, экспедирование, контроль перевозок и др.) [32, 52, 53, 54, 55, 56].

На примере операторской компании АО «ФГК» в таблице 3.1 представлено среднесуточное распределение подвижного состава на дороге и определена доля каждого рода подвижного состава.

Таблица 3.1 – Ведомость распределения подвижного состава операторской компании АО «ФГК»

Среднесуточное количество вагонов операторской компании на дороге (всего), шт.	Род подвижного состава	Среднесуточное количество рода подвижного состава, шт.	Доля подвижного состава оператора, %
105	цистерны	12	11,43
	платформы	74	70,47
	полувагоны	2	1,91
	крытые	17	16,19
			$\Sigma = 100$

Для оценки уровня транспортного производства операторской компании построены диаграммы-«пауки» (рисунок 3.1), определены площади областей на основе формулы Герона (приложение 3, таблица ПЗ.1) и рассчитан коэффициент эффективности (таблица 3.2) по формуле:

$$k_{\text{КО}} = \frac{S_{\text{КО}i}}{S_{\text{КО-р}}}, \quad (3.1)$$

где $S_{\text{КО}i}$ – площадь области рыночной эффективности i -й компании-оператора, ед.²; $S_{\text{КО-р}}$ – площадь области рыночной эффективности компании-оператора – рекордиста (определяется по наилучшим показателям), ед.²

Таблица 3.2 – Площади фигур диаграмм и ранг компаний-операторов

Предприятие	Площадь фигуры, ед·10 ⁴	Ранг предприятия	Коэффициент эффективности компании-оператора, $k_{\text{КО}}$
АО «НефтеТрансСервис»	5,39	2	0,33
АО «ФГК»	5,65	2	0,35
UCL Rail	7,43	1	0,46
ГК Rail Garant	6,26	1	0,39
ООО «ТрансОйл»	2,99	3	0,18
ПАО «Globaltrans»	6,66	1	0,41

На основании полученных значений предлагается ранжировать компании-операторы: первый – предприятия, площадь фигуры на диаграмме которых больше $6 \cdot 10^4$ ед.; второй – предприятия, площадь фигуры на диаграмме которых от $3 \cdot 10^4$ до $6 \cdot 10^4$ ед., третий – предприятия, площадь фигуры на диаграмме которых меньше $3 \cdot 10^4$ ед.

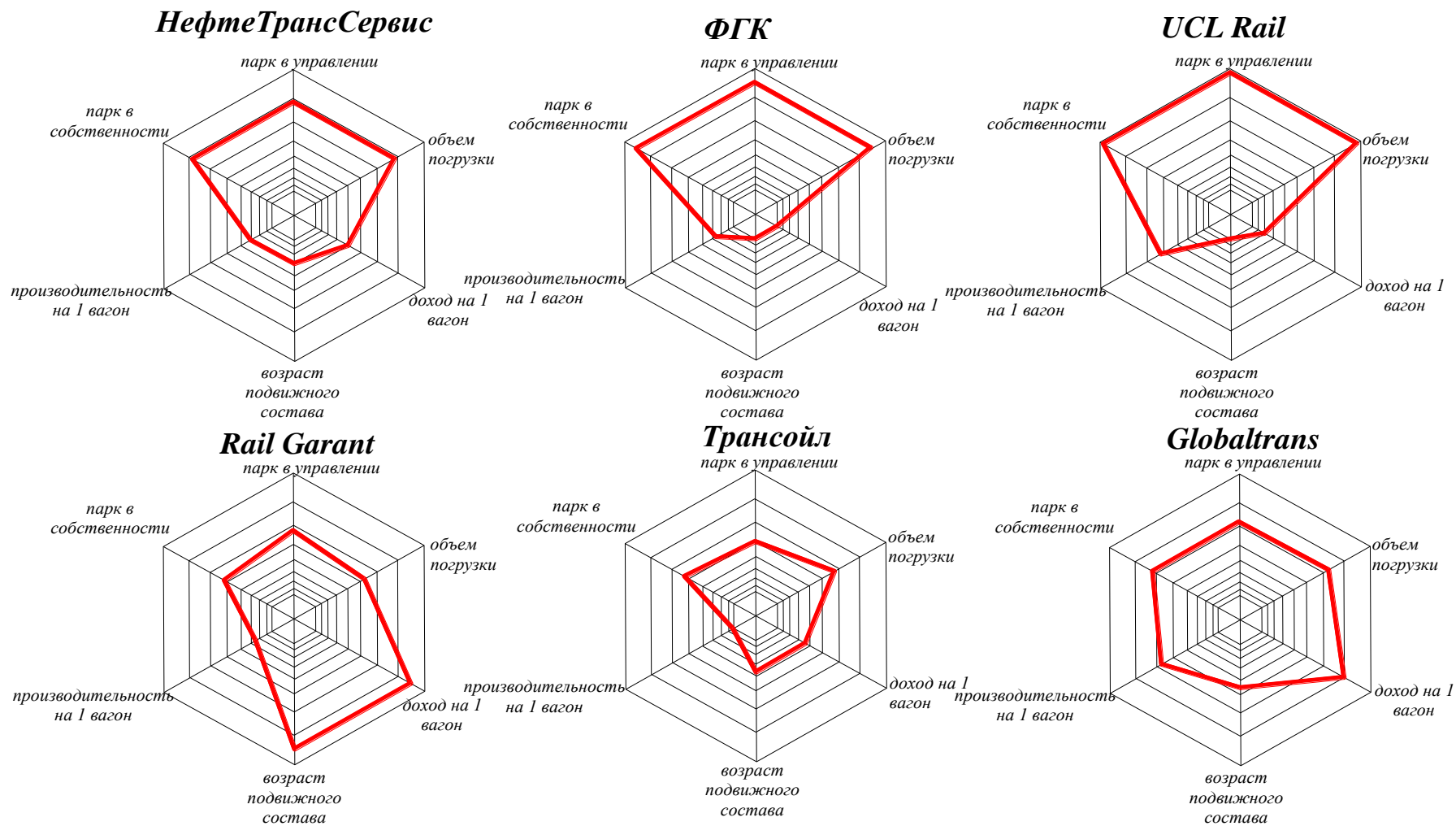


Рисунок 3.1 – Диаграммы показателей работы крупных операторских компаний

Общую эффективность основных показателей компаний-операторов можно оценивать модифицированной интегральной функцией вида [136]:

$$W_{\text{КО}-i} = \alpha_1 \cdot R_{1i}^* + \alpha_2 \cdot R_{2i}^* + \alpha_3 \cdot R_{3i}^* + \alpha_4 \cdot R_{4i}^* + \alpha_5 \cdot R_{5i}^* + \alpha_6 \cdot R_{6i}^*, \quad (3.2)$$

при условиях $\sum_i^N \alpha_i = 1$; $R_i^* = R_i^{\text{проект}} / R_i^{\text{существ}}$, где i – номер варианта показателя работы; $i = 1, 2, \dots, N$ – количество параметров; α_i – коэффициент относительной важности i -го параметра (в зависимости от параметра может быть положительный или отрицательный); $R_i^{\text{проект}}, R_i^{\text{существ}}$ – значения безразмерных i -параметров показателей для проектного и существующего (начального) вариантов работы компании-оператора.

$$W_{\text{КО}}^{\text{HTC}} = 0,166 \cdot 0,774 + 0,166 \cdot 0,774 + 0,166 \cdot 0,413 - 0,166 \cdot 0,33 + 0,166 \times \\ \times 0,334 + 0,166 \cdot 0,775 = 0,457;$$

$$W_{\text{КО}}^{\text{ФГК}} = 0,166 \cdot 0,904 + 0,166 \cdot 0,893 + 0,166 \cdot 0,16 - 0,166 \cdot 0,167 + 0,166 \times \\ \times 0,304 + 0,166 \cdot 0,911 = 0,502;$$

$$W_{\text{КО}}^{\text{UCL Rail}} = 0,166 \cdot 0,971 + 0,166 \cdot 0,969 + 0,166 \cdot 0,259 - 0,166 \cdot 0,167 + \\ + 0,166 \cdot 0,537 + 0,166 \cdot 0,973 = 0,59;$$

$$W_{\text{КО}}^{\text{Rail Garant}} = 0,166 \cdot 0,602 + 0,166 \cdot 0,54 + 0,166 \cdot 0,89 - 0,166 \cdot 0,893 + \\ + 0,166 \cdot 0,294 + 0,166 \cdot 0,532 = 0,328;$$

$$W_{\text{КО}}^{\text{Трансойл}} = 0,166 \cdot 0,509 + 0,166 \cdot 0,605 + 0,166 \cdot 0,379 - 0,166 \cdot 0,386 + \\ + 0,166 \cdot 0,175 + 0,166 \cdot 0,544 = 0,304;$$

$$W_{\text{КО}}^{\text{Globaltrans}} = 0,166 \cdot 0,668 + 0,166 \cdot 0,68 + 0,166 \cdot 0,795 - 0,166 \cdot 0,465 + \\ + 0,166 \cdot 0,604 + 0,166 \cdot 0,67 = 0,492.$$

Согласно [87, 147] можно сказать, что на полигоне СКЖД работают компании-операторы, имеющие сетевой характер перевозки. Исключение составляют несколько операторов, осуществляющих перевозки в пределах одной дороги с формой собственности – самостоятельное юридическое лицо, не входящих в состав грузообразующего предприятия с формированием доходности от тарифа, имеющих один вид подвижного состава и перевозящих различные роды груза.

3.2 Коэффициент транспортной эффективности участков полигона припортовой железной дороги

Для оценки транспортной эффективности участков полигона припортовой железной дороги предлагается использовать коэффициент транспортной эффективности («КТЭ-ж.-д. участка»). Рассмотрим модель полигона припортовой железной дороги, осуществляющей транспортное обслуживание на направлениях транспортных коридоров АЧБ юга России (рисунок 3.2).

Для определения коэффициента транспортной эффективности участков полигона припортовой железной дороги используем метод экспертных оценок, в частности метод Дельфи и эвристического прогнозирования [112]. Разработана анкета оценки рейтинга участков полигона СКЖД работниками аппарата управления компании-оператора (приложение 3, таблица ПЗ.2).

Качество эмпирического подхода и меру согласованности мнений W по оценке рейтинга припортовых ж.-д. участков можно оценить *коэффициентом конкордации по Кендаллу* [16] в методе экспертных оценок

$$W = \frac{12 \cdot S}{n^2(m^3 - m)}, \quad (3.2)$$

где S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого фактора от среднего арифметического рангов; n – количество экспертов (обычно от 7 до 15–20 [112]); m – количество рассматриваемых факторов.

В зависимости от степени согласованности мнений экспертов коэффициент конкордации может принимать значение от 0 до 1 (от отсутствия согласованности до полного единодушия).

В приложении 3 (таблица ПЗ.3) представлены экспертные оценки рейтинга ж.-д. участков полигона СКЖД работниками аппарата управления компании-оператора и коэффициенты конкордации, W по каждому участку полигона припортовой ж. д. В таблице ПЗ.4 приложения 3 приведены показатели работы участков полигона припортовой ж. д.

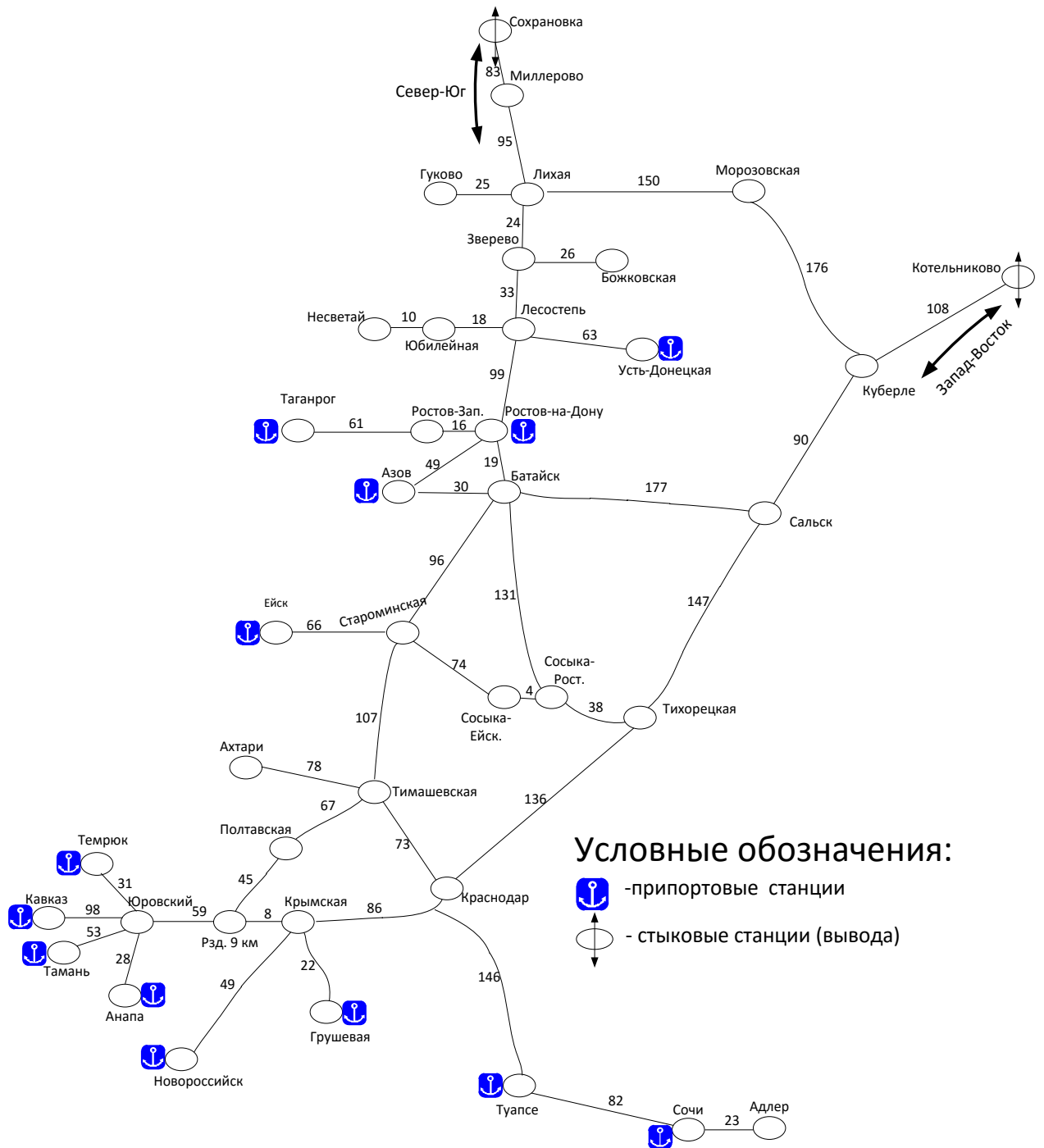


Рисунок 3.2 –Полигон припортовой железной дороги в системе МТК Север – Юг (*NS*) и Запад – Восток (*TS*)

В соответствии с этими данными рассчитываем коэффициент эффективности участка, по формуле:

$$K_{эф}^{ij} = \sum_{r=1}^n k_r^{ij} \cdot \beta_r^{ij}, \quad (3.3)$$

где k_r^{ij} – коэффициент показателя работы ij -участка;

β_r^{ij} – вес r -показателя в соответствии с экспертными оценками по ij -участкам полигона припортовой ж. д. ($\sum_{r=1}^m \beta_r^{ij} = 1$).

$$k_r^{ij} = \frac{p_r^{ij}}{p_{\max}^r}, \quad (3.4)$$

Где $p_{\max}^r = \max p_r^{ij}, i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ – «предельный» показатель работы r -показателя на полигоне дороги;

p_r^{ij} – показатель работы ij -участка.

$$\beta_r^{ij} = \frac{\sigma_r^{ij}}{R^{ij}}, \quad (3.5)$$

где $\sigma_r^{ij} = \sum_{s=1}^n x_{s,r}^{ij}$ – ранг показателя (сумма оценок r -показателя по всем экспертам);

$x_{s,r}^{ij}$ – оценка, выставленная s -экспертом по r -показателю ($s=1, \dots, n, r=1, \dots, m$);

$R^{ij} = \sum_{r=1}^m \sigma_r^{ij}$ – сумма рангов всех показателей;

Приведем расчет коэффициента эффективности участка полигона припортовой ж.-д. Разъезд 9-й км – Новороссийск:

$$\beta_1 = \frac{25}{262} = 0,09; \beta_2 = \frac{47}{262} = 0,18; \beta_3 = \frac{26}{262} = 0,10; \beta_4 = \frac{44}{262} = 0,16;$$

$$\beta_5 = \frac{27}{262} = 0,09; \beta_6 = \frac{47}{262} = 0,18; \beta_7 = \frac{46}{262} = 0,18;$$

$$k_1 = \frac{57}{169} = 0,34; k_2 = \frac{160}{160} = 1; k_3 = \frac{1,84}{5,45} = 0,34; k_4 = \frac{45}{45} + \frac{16}{30} = 1,53;$$

$$k_5 = \frac{15}{45} + \frac{30}{30} = 1,33; k_6 = \frac{3355,8}{8087,8} = 0,41; k_7 = \frac{2952,6}{8087,8} = 0,36;$$

$$K_{\text{эф}}^{9\text{-й км-НВРС}} = 0,34 \cdot 0,09 + 1 \cdot 0,18 + 0,34 \cdot 0,10 + 1,53 \cdot 0,16 + 1,33 \cdot 0,09 + 0,41 \cdot 0,18 + 0,36 \cdot 0,18 = 0,776.$$

Данные расчета остальных участков сведены в таблицу 3.3. Значения $K_{\text{эф}}$ составили: $K_{\text{эф}} = 0,39$ – $0,59$ для однопутных участков, $K_{\text{эф}} = 0,6$ – $0,79$ для двухпутных участков, $K_{\text{эф}} = 0,8$ – $0,98$ для двухпутных и многопутных участков со значительными размерами движения.

Таблица 3.3 – Ведомость расчета коэффициента эффективности участков полигона припортовой ж. д.

№ п/п	Участок полигона		Расстояние, км		Расчетная пропускная способность		Время хода (t _х) поезда на участке, ч		Обработка поезда, мин				Емкость путевого развития, ваг				Коэффициент эффективности участка, K _{эф}
	(i)	(j)	k ₁	β ₁ ·k ₁	k ₂	β ₂ ·k ₂	k ₃	β ₃ ·k ₃	k ₄	β ₄ ·k ₄	k ₅	β ₅ ·k ₅	k ₆	β ₆ ·k ₆	k ₇	β ₇ ·k ₇	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Коридор «Север-Юг»																	
1	Сохрановка	Лихая	0,95	0,048	1,00	0,190	0,95	0,114	1,53	0,138	1,33	0,120	0,11	0,026	0,57	0,131	0,767
2	Лихая	Ростов	0,97	0,049	1,00	0,190	0,97	0,116	1,33	0,120	1,53	0,138	0,57	0,131	0,24	0,056	0,800
3	Ростов	Батайск	0,06	0,003	1,00	0,190	0,06	0,007	1,53	0,138	1,33	0,120	0,24	0,056	1,00	0,230	0,744
4		Таганрог	0,42	0,021	1,00	0,190	0,42	0,050	1,53	0,138	1,53	0,138	0,24	0,056	0,12	0,028	0,621
5	Батайск	Староминская	0,57	0,028	1,00	0,190	0,57	0,068	1,33	0,120	1,53	0,138	1,00	0,230	0,10	0,023	0,798
6		Азов	0,18	0,009	0,41	0,078	0,18	0,021	1,33	0,120	1,53	0,138	1,00	0,230	0,06	0,014	0,610
7		Тихорецкая	1,00	0,050	1,00	0,190	1,00	0,120	1,33	0,120	1,53	0,138	1,00	0,230	0,45	0,104	0,952
8	Староминская	Тимашевская	0,63	0,032	1,00	0,190	0,63	0,076	1,53	0,138	1,53	0,138	0,10	0,023	0,14	0,032	0,629
9		Ейск	0,39	0,020	0,41	0,078	0,39	0,047	1,53	0,138	1,53	0,138	0,10	0,023	0,05	0,011	0,455
10	Тимашевская	Разъезд 9 км	0,66	0,033	1,00	0,190	0,66	0,080	1,53	0,138	1,53	0,138	0,14	0,032	0,41	0,095	0,706
11		Краснодар	0,43	0,022	1,00	0,190	0,43	0,052	1,53	0,138	1,33	0,120	0,14	0,032	0,17	0,038	0,591
12	Краснодар	Туапсе	0,86	0,043	0,41	0,078	0,86	0,104	1,33	0,120	1,53	0,138	0,17	0,038	0,19	0,044	0,565
13	Разъезд 9 км	Новороссийск	0,34	0,030	1,00	0,190	0,34	0,040	1,53	0,245	1,33	0,120	0,41	0,079	0,37	0,069	0,776
14		Юровский	0,35	0,017	1,00	0,190	0,35	0,042	1,53	0,138	1,53	0,138	0,41	0,095	0,02	0,006	0,626
15		Крымская	0,05	0,002	1,00	0,190	0,05	0,006	1,53	0,138	1,53	0,138	0,41	0,095	0,15	0,035	0,605
16	Юровский	Темрюк	0,18	0,009	0,41	0,078	0,18	0,022	1,53	0,138	1,53	0,138	0,02	0,006	0,02	0,005	0,396
17		Кавказ	0,57	0,029	0,41	0,078	0,57	0,069	1,53	0,138	1,53	0,138	0,02	0,006	0,04	0,009	0,467
18		Тамань	0,31	0,016	0,41	0,078	0,31	0,038	1,53	0,138	1,53	0,138	0,02	0,006	0,03	0,006	0,420
19		Анапа	0,17	0,008	0,41	0,078	0,17	0,020	1,53	0,138	1,53	0,138	0,02	0,006	0,05	0,012	0,400
Коридор «Трансиб»																	
1	Котельниково	Сальск	1,00	0,050	0,41	0,078	1,00	0,120	1,53	0,138	1,53	0,138	0,31	0,071	0,36	0,082	0,677
2	Сальск	Тихорецкая	0,74	0,037	0,41	0,078	0,74	0,089	1,53	0,138	1,33	0,120	0,36	0,082	0,79	0,181	0,726
3	Тихорецкая	Краснодар	0,69	0,034	0,41	0,078	0,69	0,082	1,33	0,120	1,33	0,120	0,79	0,181	0,29	0,067	0,683
4	Краснодар	Крымская	0,43	0,022	0,41	0,078	0,43	0,052	1,33	0,120	1,53	0,138	0,29	0,067	0,27	0,062	0,539
5	Крымская	Новороссийск	0,25	0,012	1,00	0,190	0,25	0,030	1,53	0,138	1,33	0,120	0,27	0,062	0,64	0,147	0,699
6		Грушевая	0,11	0,006	0,41	0,078	0,11	0,013	1,53	0,138	1,53	0,138	0,27	0,062	0,07	0,016	0,451
7	Морозовская	Лихая	0,76	0,038	1,00	0,190	0,76	0,091	1,53	0,138	1,33	0,120	0,27	0,062	1,00	0,230	0,869

3.3 Постановка задачи распределения порожних ж.-д. вагонопотоков в припортовой ТТС

Методика распределения порожних вагонопотоков в припортовой транспортно-технологической системе позволяет целенаправленно оптимизировать процесс возвращения вагонов к станциям накопления или стыковым станциям.

Задача состоит в выборе маршрутов возврата порожних вагонопотоков в припортовой транспортно-технологической системе таким образом, чтобы общее время порожнего пробега вагонов было минимальным, при известных пропускных способностях ж.-д. линий полигона и размерах встречных груженых вагонопотоков.

$$F(\Theta_{\text{гр}}, L_{\text{гр}}, \Theta_{\text{пор}}, L_{\text{пор}}) \rightarrow \min. \quad (3.6)$$

В качестве экономико-математической модели предложено использовать транспортную задачу открытого типа с вводом модифицированных критериев оценки работы операторской компании и коэффициентов оценки маршрута перевозки [151, 156].

Исследование соответствующей целевой функции проводится в среде системы аналитических вычислений. Приведенные расчеты могут быть развиты, дополнены и уточнены в количественном и качественном отношении с вводом коэффициентов влияния внешних факторов. При реализации предлагаемой методики расчетов и получении статистических данных далее можно выполнить соответствующую оценку полигона вероятностными методами.

Для постановки задачи изложим предлагаемый алгоритм решения с точки зрения какой-либо функционирующей в данной ТТС грузовой компании-оператора. В качестве переменных x_{ij} (со стандартными ограничениями $x_{ij} \geq 0$), являющихся элементами матрицы перевозок $X = (x_{ij})$, будем рассматривать число порожних вагонов данной компании-оператора, находящихся

на i -й ($i = 1, 2, \dots, m$) припортовой станции выгрузки, которые могут быть перевезены на j -ю ($j = 1, 2, \dots, n$) стыковую станцию либо станцию накопления. Эти переменные должны удовлетворять системе из $m + n$ линейных уравнений:

$$\begin{cases} x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{in} = a_i, & i = 1, 2, \dots, m; \\ x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{mj} = b_j, & j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (3.7)$$

Здесь a_i – число всех порожних вагонов компании, находящихся на i -й станции выгрузки; b_j – число порожних вагонов компании, которые (в результате перевозок, произведенных со всех станций выгрузки) должны оказаться на j -й стыковой станции либо станции накопления.

Заметим, что предполагаемые фиксированными в классической постановке транспортной задачи параметры a_i и b_j ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) в изучаемых здесь вопросах могут выступать как функции времени. Естественно, это относится и к переменным x_{ij} . Указанный динамичный аспект в исследовании перевозочного процесса заслуживает, на наш взгляд, отдельного рассмотрения.

При общем подходе к обсуждаемому кругу проблем естественно обратиться к транспортной задаче открытого типа. Однако существо исследуемых в настоящей работе вопросов автоматически предполагает вписывание каждой реальной ситуации в рамки сбалансированной модели. Действительно, введение в рассмотрение, например, каких-либо фиктивных станций накопления означало бы отставление в «запас» части порожних вагонов на станциях выгрузки (или на пути их обратного следования). Но целью разрабатываемых оптимизационных схем является как раз минимизация такого рода осложнений в перевозочном процессе.

Обозначим $a = \sum_{i=1}^m a_i$ количество всех принадлежащих данной грузовой

компании порожних вагонов, находящихся в некоторый промежуток времени

на всех рассматриваемых станциях выгрузки в сформированных поездах, которые готовы к отправлению в сторону стыковых станций.

Для каждой пары индексов i и j введём величину $\theta_{\text{пор}}^{ij}$, которую назовём коэффициентом порожнего оборота вагонов с i -й станции на j -ю станцию. Ниже разрабатывается методика расчетов для нахождения $\theta_{\text{пор}}^{ij}$ на основании известной величины $\theta_{\text{пор}}$ – оборота порожних вагонов дороги (или совокупности тех её элементов, которые связывают рассматриваемые припотовые станции со станциями накопления или стыковыми станциями).

Нахождение величин $\theta_{\text{пор}}^{ij}$ ($i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$) осуществляется в два этапа. Для того чтобы по возможности учесть специфику перевозочной инфраструктуры участка дороги между i -й станцией выгрузки и j -й стыковой станцией либо станцией накопления, вводятся соответствующие КТЭ участков полигона дороги, k_{ij} . Затем по найденным значениям k_{ij} находятся соответствующие приведенные коэффициенты порожнего рейса участков полигона λ_{ij} по формуле:

$$\lambda_{ij} = \frac{\gamma}{k_{ij}}, \quad (3.8)$$

где $\gamma = \frac{m \cdot n}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{1}{k_{ij}}}$ – среднее гармоническое коэффициентов k_{ij} .

Интересующие нас коэффициенты порожнего оборота равны:

$$\theta_{\text{пор}}^{ij} = \lambda_{ij} \cdot \theta_{\text{пор}}. \quad (3.9)$$

Матрицу тарифов α_{ij} транспортной задачи запишем в виде:

$$A = (\alpha_{ij}) = \left(\frac{\theta_{\text{пор}}^{ij}}{a} \right). \quad (3.10)$$

В качестве целевой функции будем рассматривать значение порожних пробегов вагонов на соответствующих участках полигона дороги:

$$z = \frac{1}{a} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \theta_{\text{нор}}^{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (3.11)$$

Решение задачи линейного программирования $z \rightarrow \min$ для целевой функции (3.11) при ограничениях (3.7) находится посредством соответствующего специализированного пакета системы аналитических вычислений.

Рассмотрим постановочный пример расчетов, относящихся к некоторой условной компании-оператору, порожние вагоны которой в некоторый промежуток времени находятся на станциях выгрузки Новороссийск, Туапсе, Таганрог, Азов, Темрюк и Ейск в сформированных поездах соответственно в условных количествах: 1500, 750, 150, 110, 100 и 90. Пропускные способности стыковых станций Сохрановка и Котельниково относятся как 2:1.оборот порожних вагонов $\theta_{\text{нор}}$ для совокупности Ростовского и Краснодарского регионов принимается равным пяти суткам. Задача состоит в нахождении оптимального плана перевозок, при котором значение порожних пробегов вагонов на соответствующих участках полигона дороги окажется наименьшим.

Итак, общее число a принадлежащих оператору порожних вагонов, находящихся в некоторый промежуток времени на всех указанных станциях выгрузки, равно 2700. Ввиду сбалансированности рассматриваемой транспортной задачи и с учетом отношения пропускных способностей стыковых станций числа b_1 и b_2 полагаются соответственно равными 1800 и 900.

В результате анализа специфики перевозочной инфраструктуры участков дороги, составляющих кратчайшие маршруты, связывающие рассматриваемые станции выгрузки и стыковые станции, определяются инфраструктурные показатели участков сети (таблица 3.4). Уточненный инфраструктурный показатель каждого участка получается путем умножения этих показателей на коэффициенты β_r^{ij} , где β_r^{ij} – вес отдельного инфраструктурного показателя (таблица 3.5). Путем суммирования уточненных инфраструктурных показателей участка вычисляется коэффициент его эффективности $K_{\text{эф}}$ (см.

таблицу 3.3). Исходя из величины последнего вычисляются соответствующие КТЭ участков полигона дороги, k_{ij} (таблица 3.6).

Таблица 3.4 – Инфраструктурные показатели полигона припортовой ж.-д.

№ пп	Станция (i)	Станция (j)	Расст., км	Расчетная пропуск. способность	Время хода поезда на участке, ч	Обработка поезда, мин				Емкость путевого развития, ваг			
						$t_{пр}$	$t_{об}$	$t_{от/п}$	$t_{от}$	i	j		
						i	j	i	j				
Коридор «Север – Юг»													
1	Сохрановка	Лихая	16	160	5,19	5	45	15	16	30	2	917,3	4613,5
2	Лихая	Ростов	16	160	5,29	5	15	45	30	16	2	4613,	1977,4
3	Ростов	Батайск	10	160	0,32	5	45	15	16	30	2	1977,	8087,8
4		Таганрог	71	160	2,29	5	45	45	16	16	2	1977,	968,6
5	Батайск	Староминская	96	160	3,10	5	15	45	30	16	2	8087,	816,2
6		Азов	30	66	0,97	5	15	45	30	16	2	8087,	481,7
7		Тихорецкая	16	160	5,45	5	15	45	30	16	2	8087,	3640,6
8	Староминская	Тимашевская	10	160	3,45	5	45	45	16	16	2	816,2	1120,2
9		Ейск	66	66	2,13	5	45	45	16	16	2	816,2	399
10	Тимашевская	Рзд 9 км	11	160	3,61	5	45	45	16	16	2	1120,	3355,8
11		Краснодар	73	160	2,35	5	45	15	16	30	2	1120,	1338,2
12	Краснодар	Туапсе	14	66	4,71	5	15	45	30	16	2	1338,	1547,4
13	Рзд 9-й км	Новороссийск	57	160	1,84	5	45	15	16	30	2	3355,	2952,6
14		Юровский	59	160	1,90	5	45	45	16	16	2	3355,	193,7
15		Крымская	8	160	0,26	5	45	45	16	16	2	3355,	1237,7
16	Юровский	Темрюк	31	66	1,00	5	45	45	16	16	2	193,7	178,8
17		Кавказ	97	66	3,13	5	45	45	16	16	2	193,7	320,9
18		Тамань	53	66	1,71	5	45	45	16	16	2	193,7	228,2
19		Анапа	28	66	0,90	5	45	45	16	16	2	193,7	435,5
Коридор «Транссиб»													
1	Сальск	Тихорецкая	14	66	4,74	5	45	15	16	30	2	1640,	3640,6
2	Тихорецкая	Краснодар	13	66	4,39	5	15	15	30	30	2	3640,	1338,2
3	Краснодар	Крымская	86	66	2,77	5	15	45	30	16	2	1338,	1237,7
4	Крымская	Новороссийск	49	160	1,58	5	45	15	16	30	2	1237,	2952,6
5		Грушевая	22	66	0,71	5	45	45	16	16	2	1237,	325,7
6	Морозовская	Лихая	15	160	4,84	5	45	15	16	30	2	1249,	4613,5
7	Лихая	Ростов	16	160	5,29	5	15	45	30	16	2	4613,	1977,4

Таблица 3.5 – Вес инфраструктурных показателей участков полигона ж. д.

Коэффициент	Вес коэффициента
β_1	0,09
β_2	0,18
β_3	0,10
β_4	0,16
β_5	0,09
β_6	0,18
β_7	0,18

Таблица 3.6 – Значения КТЭ – участков полигона дороги

Станции выгрузки	КТЭ участков полигона дороги, k_{ij} для стыковых станций	
	Сохрановка	Котельниково
Новороссийск	5,235	3,502
Туапсе	4,737	2,739
Таганрог	2,189	3,741
Азов	2,922	2,986
Темрюк	5,467	4,374
Ейск	3,565	3,629

Далее на основании коэффициентов k_{ij} по формуле (3.8) вычисляются соответствующие приведенные коэффициенты порожнего рейса участков полигона, λ_{ij} . В результате (см. (3.9) и (3.10)) получаем матрицу тарифов A . Отметим, что выбор тарифов производится в соответствии с [116], либо по данным компаний-операторов.

В рассматриваемой ситуации посредством системы аналитических вычислений получается следующий результат (приводится строка вывода программы):

$$A := \begin{bmatrix} 0.00124061290017962278 & 0.00185454269908939644 \\ 0.00137103832237021408 & 0.00237116047193903190 \\ 0.00296692943532523560 & 0.00173606215831546818 \\ 0.00222265863569281325 & 0.00217501960269687488 \\ 0.00118796570958057446 & 0.00148482133812095540 \\ 0.00182176957433436869 & 0.00178964137070130930 \end{bmatrix}$$

Округленные значения полученных тарифов α_{ij} приведены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Значения тарифов α_{ij}

Станции выгрузки	Тарифы α_{ij} для стыковых станций	
	Сохрановка	Котельниково
Новороссийск	0,00124	0,00185
Туапсе	0,00137	0,00237
Таганрог	0,00297	0,00174
Азов	0,00222	0,00218
Темрюк	0,00119	0,00148
Ейск	0,00182	0,00179

Соответствующее выражение целевой функции (3.11), введенной в систему аналитических вычислений, имеет вид:

$$z := 0.00124x_{11} + 0.00185x_{12} + 0.00137x_{21} + 0.00237x_{22} + 0.00297x_{31} + 0.00174x_{32} + 0.00222x_{41} + 0.00218x_{42} + 0.00119x_{51} + 0.00148x_{52} + 0.00182x_{61} + 0.00179x_{62}$$

Использование специализированного пакета системы с учетом ограничений (3.7) дает оптимальный план возвращения порожних вагонов на стыковые станции, обеспечивающий наименьшее значение порожнего пробега вагонов:

$$\{x_{11} = 1050, x_{12} = 450, x_{21} = 750, x_{22} = 0, x_{31} = 0, x_{32} = 150, x_{41} = 0, x_{42} = 110, x_{51} = 0, x_{52} = 100, x_{61} = 0, x_{62} = 90\}$$

Соответствующее значение порожнего пробега вагонов равно

$$3.971, \text{ сут.}$$

Найденное теоретическое наименьшее значение порожнего пробега вагона составляет четверо суток и тем самым оказывается меньше планового значения для рассматриваемых регионов на одни сутки. Получаемые в результате рекомендации могут быть использованы как в интересах какого-либо из отдельных субъектов перевозочного процесса, так и для более рациональной эксплуатации всей транспортной инфраструктуры региона.

3.4 Модель экономико-географического распределения вагонопотоков припортовой ТТС

3.4.1 Экономико-географическая маршрутизационная модель распределения вагонопотоков

В данном разделе диссертации представлено развитие методов распределения вагонопотоков припортовой ТТС на основе экономико-географической модели. В основе авторских исследований лежит развитие и модификация экономического метода разделения рынка сбыта продукции предприятиями [20] при условии выполнения сходных производственных функций.

Постановка задачи. На заданном полигоне припортовой железной дороги (рисунок 3.3), при известных количестве железнодорожных станций погрузки (накопления вагонов) в адрес портов, расстояниях между станциями и портами назначения (L , км), стоимости перевозок грузов ($c(l) = p + q \cdot l$, тыс. руб.), необходимо найти такой вариант рационального накопления и распределения вагонопотоков от станций погрузки до портов (станций выгрузки), при котором расходы на транспортировку грузов и порожний пробег вагонов будут минимальными.

$$\Pi(L) = \left[\sum_{k=1}^n (p_k^{zp} + q_k^{zp} \cdot L_{ГЕМ}^*) + \sum_{j=1}^m q_j^{nop} \cdot L_{ГММ\min}^* \right] \rightarrow \min, \quad (3.12)$$

где p_k^{zp} – затраты на начально-конечные грузовые операции в аналитическом выражении стоимости перевозки; q_k^{zp} – расходы на движущие операции в грузе; q_j^{nop} – расходы на движущие операции в порожнем рейсе; $L_{ГЕМ}^*$ – длина участка полигона дороги; $L_{ГММ\min}^*$ – геометрическая маршрутизационная модель полигона дороги.

$$k = 1 \dots n; j = 1 \dots m; L_{ГЕМ}^* = \varphi(L).$$

При ограничениях: $0 \leq L_{ГЕМ}^* \leq L_{ГММ\min}^*$; $p_k > 0$; $q_k > 0$; $q_j > 0$; ($k_1 \neq k_2$).

Введем на плоской географической карте полигона припортовой железной дороги декартову систему координат (рисунок 3.4), так чтобы станции A и B оказались расположенными на оси абсцисс в точках, симметричных относительно начала. Получим геометрическую евклидову модель полигона

– ГЕМ. Если за единицу длины принять 1 км, то получим: $A\left(-\frac{L}{2}, 0\right)$,

$B\left(\frac{L}{2}, 0\right)$. Рассмотрим станцию (порт) назначения, находящуюся в произвольной точке $M(x, y)$ полигона.

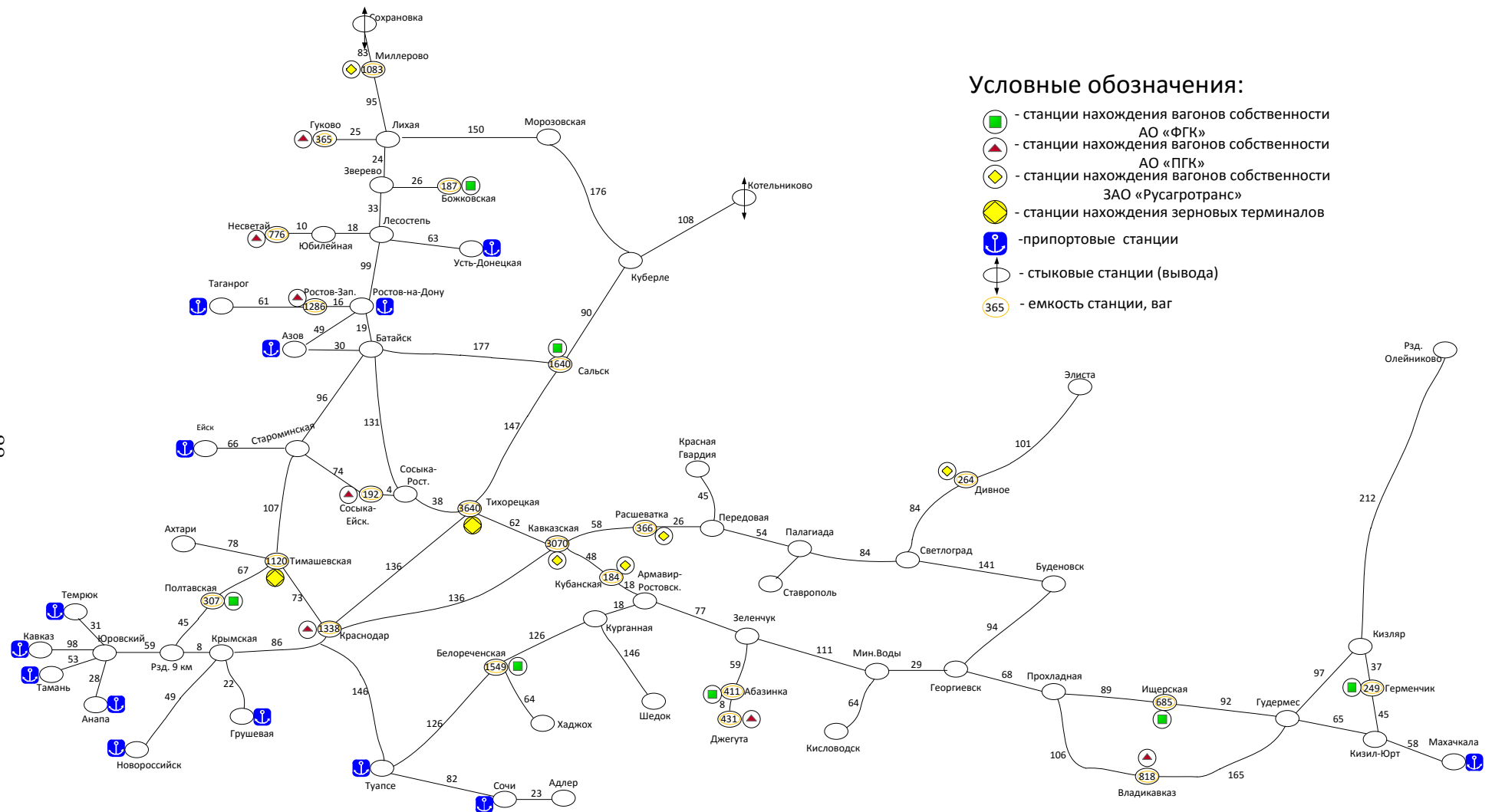


Рисунок 3.3 – Схема полигона припортовой железной дороги с учетом дислокации подвижного состава собственников

Транспортные расходы на перевозку груза из A или B в M соответственно составят $c_1(l_1) = p_1 + q_1 \cdot l_1$, тыс. руб. или $c_2(l_2) = p_2 + q_2 \cdot l_2$, тыс. руб., где

$$l_1 = \sqrt{\left(x + \frac{L}{2}\right)^2 + y^2} \quad \text{и} \quad l_2 = \sqrt{\left(x - \frac{L}{2}\right)^2 + y^2}$$

– расстояния от M до A и B .

Расходы на транспортировку окажутся одинаковыми в точках, для которых выполняется равенство:

$$q_1 \sqrt{\left(x + \frac{L}{2}\right)^2 + y^2} = p + q_2 \sqrt{\left(x - \frac{L}{2}\right)^2 + y^2}, \quad (3.13)$$

При этом $p = p_2 - p_1 \geq 0$.

В результате стандартных преобразований (3.13) приходим к уравнению

$$\begin{aligned} p q_2 \sqrt{4x^2 - 4Lx + 4y^2 + L^2} = \\ = q_1^2 x^2 + q_1^2 Lx + \frac{q_1^2 L^2}{4} + q_1^2 y^2 - p^2 - q_2^2 x^2 + q_2^2 Lx - \frac{q_2^2 L^2}{4} - q_2^2 y^2. \end{aligned} \quad (3.14)$$

Обозначим s_1 правую часть уравнения (3.14) и заметим, что при дальнейших преобразованиях мы будем переходить к уравнениям, эквивалентным (3.13), если потребовать выполнения неравенства $s_1 \geq 0$.

Приведём преобразования уравнения (3.14), выполненные в среде Maple [31].

```
> eq3:=q2*(4*x^2-4*x*L+L^2+4*y^2)^(1/2)*p =
q1^2*x^2+q1^2*x*L+1/4*q1^2*L^2+q1^2*y^2-p^2-
q2^2*x^2+q2^2*x*L-1/4*q2^2*L^2-q2^2*y^2;
```

$$\begin{aligned} eq3 := q_2 \sqrt{4x^2 - 4xL + L^2 + 4y^2} p = \\ = q_1^2 x^2 + q_1^2 xL + \frac{q_1^2 L^2}{4} + q_1^2 y^2 - p^2 - q_2^2 x^2 + q_2^2 xL - \frac{q_2^2 L^2}{4} - q_2^2 y^2. \end{aligned}$$

```
> s1:=collect(rhs(eq3),{x,y},distributed);
```

$$s1 := -p^2 + \frac{q_1^2 L^2}{4} - \frac{q_2^2 L^2}{4} + (q_1^2 L + q_2^2 L)x + (q_1^2 - q_2^2)x^2 + (q_1^2 - q_2^2)y^2.$$

Далее будем иметь:

> eq4:=lhs(eq3)^2-rhs(eq3)^2=0;

$$eq4 := q2^2(4x^2 - 4xL + L^2 + 4y^2)p^2 - \left(q1^2x^2 + q1^2xL + \frac{q1^2L^2}{4} + q1^2y^2 - p^2 - q2^2x^2 + q2^2xL - \frac{q2^2L^2}{4} - q2^2y^2 \right)^2 = 0.$$

> eq5:=collect(eq4, {x, y}, distributed);

$$eq5 := -(q1^2 - q2^2)^2 x^4 - 2(q1^2L + q2^2L)(q1^2 - q2^2)x^3 - 2(q1^2 - q2^2)^2 x^2 y^2 + \left(4q2^2 p^2 - 2 \left(-p^2 + \frac{q1^2 L^2}{4} - \frac{q2^2 L^2}{4} \right) (q1^2 - q2^2) - (q1^2 L + q2^2 L)^2 \right) x^2 - 2(q1^2 L + q2^2 L)(q1^2 - q2^2)xy^2 + \left(-4q2^2 L p^2 - 2 \left(-p^2 + \frac{q1^2 L^2}{4} - \frac{q2^2 L^2}{4} \right) (q1^2 L + q2^2 L) \right) x - (q1^2 - q2^2)^2 y^4 + \left(4q2^2 p^2 - 2 \left(-p^2 + \frac{q1^2 L^2}{4} - \frac{q2^2 L^2}{4} \right) (q1^2 - q2^2) \right) y^2 + q2^2 p^2 L^2 - \left(-p^2 + \frac{q1^2 L^2}{4} - \frac{q2^2 L^2}{4} \right)^2 = 0.$$

Таким образом, множество точек географической модели полигона припортовой дороги, в которых транспортные расходы на доставку грузов в порт (станцию) выгрузки от станций A или B оказываются одинаковыми, есть часть линии при условии выполнения неравенства $s_1 \geq 0$, задаваемой уравнением

$$\begin{aligned} & (q_1^2 - q_2^2)^2 x^4 + 2(q_1^2 L + q_2^2 L)(q_1^2 - q_2^2)x^3 + 2(q_1^2 - q_2^2)^2 x^2 y^2 - \\ & - 2 \left(2q_2^2 p^2 - \left(\frac{q_1^2 L^2}{4} - \frac{q_2^2 L^2}{4} - p^2 \right) (q_1^2 - q_2^2) - (q_1^2 L + q_2^2 L)^2 \right) x^2 + \\ & + 2(q_1^2 L + q_2^2 L)(q_1^2 - q_2^2)xy^2 + \\ & + 2 \left(2q_2^2 L p^2 + \left(\frac{q_1^2 L^2}{4} - \frac{q_2^2 L^2}{4} - p^2 \right) (q_1^2 L + q_2^2 L) \right) x + (q_1^2 - q_2^2)^2 y^4 - \\ & - 2 \left(2q_2^2 p^2 - \left(\frac{q_1^2 L^2}{4} - \frac{q_2^2 L^2}{4} - p^2 \right) (q_1^2 - q_2^2) \right) y^2 - q_2^2 p^2 L^2 + \\ & + \left(\frac{q_1^2 L^2}{4} - \frac{q_2^2 L^2}{4} - p^2 \right)^2 = 0. \end{aligned} \quad (3.15)$$

Линия (3.15) является алгебраической линией 4-го порядка. Выделим несколько характерных частных случаев, упрощающих расчет для географической модели полигона дороги.

Вариант 1. Пусть $p = 0$ (но при этом возможно, что $q_1 \neq q_2$). Тогда уравнение (3.15) приводится к виду

> eq6:=subs(p=0,eq5);

$$\begin{aligned} eq6 := & -(q1^2 - q2^2)^2 x^4 - 2(q1^2 L + q2^2 L)(q1^2 - q2^2)x^3 - 2(q1^2 - q2^2)^2 x^2 y^2 + \\ & + \left(-2 \left(\frac{1}{4} q1^2 L^2 - \frac{1}{4} q2^2 L^2 \right) (q1^2 - q2^2) - (q1^2 L + q2^2 L)^2 \right) x^2 - \\ & - 2(q1^2 L + q2^2 L)(q1^2 - q2^2)xy^2 - 2 \left(\frac{1}{4} q1^2 L^2 - \frac{1}{4} q2^2 L^2 \right) (q1^2 L + q2^2 L)x - \\ & - (q1^2 - q2^2)^2 y^4 - 2 \left(\frac{1}{4} q1^2 L^2 - \frac{1}{4} q2^2 L^2 \right) (q1^2 - q2^2)y^2 - \left(\frac{1}{4} q1^2 L^2 - \frac{1}{4} q2^2 L^2 \right)^2 = 0. \end{aligned}$$

> factor(-lhs(eq6));

$$\frac{(-4 q2^2 x^2 - 4 q2^2 y^2 + 4 q2^2 xL - q2^2 L^2 + 4 q1^2 x^2 + 4 q1^2 y^2 + 4 q1^2 xL + q1^2 L^2)^2}{16}$$

> eq7:=collect(-4*q2^2*x^2+4*q2^2*x*L-q2^2*L^2-4*q2^2*y^2+4*q1^2*x^2+4*q1^2*x*L+q1^2*L^2+4*q1^2*y^2=0,{x,y},distributed);

eq7:=

$$-q2^2 L^2 + q1^2 L^2 + (-4 q2^2 + 4 q1^2)y^2 + (4 q2^2 L + 4 q1^2 L)x + (-4 q2^2 + 4 q1^2)x^2 = 0.$$

> eq8:=collect(eq7/(-4*q2^2+4*q1^2),{x,y},distributed);

$$eq8 := x^2 + \frac{(4 q2^2 L + 4 q1^2 L)x}{-4 q2^2 + 4 q1^2} + y^2 + \frac{-q2^2 L^2 + q1^2 L^2}{-4 q2^2 + 4 q1^2} = 0.$$

> c1:=simplify(coeff(lhs(eq8),x));

$$c1 := \frac{L(q2^2 + q1^2)}{-q2^2 + q1^2}.$$

> c2:=simplify(1/(-4*q2^2+4*q1^2)*(-q2^2*L^2+q1^2*L^2));

$$c2 := \frac{L^2}{4}.$$

> eq9:=x^2+c1*x+y^2+c2 = 0;

$$eq9 := x^2 + \frac{L(q2^2 + q1^2)x}{-q2^2 + q1^2} + y^2 + \frac{L^2}{4} = 0.$$

> eq10 := taylor(lhs(eq9), x = -c1/2) = 0;

$$eq10 := \left(-\frac{L^2(q2^2 + q1^2)^2}{4(-q2^2 + q1^2)^2} + y^2 + \frac{L^2}{4} \right) + \left(x + \frac{L(q2^2 + q1^2)}{2(-q2^2 + q1^2)} \right)^2 = 0.$$

> r := 1/4*L^2*(q2^2+q1^2)^2/(q1^2-q2^2)^2-1/4*L^2;

$$r := \frac{L^2(q2^2 + q1^2)^2}{4(q1^2 - q2^2)^2} - \frac{L^2}{4}.$$

> simplify(r);

$$\frac{q1^2 L^2 q2^2}{(q1^2 - q2^2)^2}.$$

Получаем уравнение

$$\left(x - \frac{L(q_2^2 + q_1^2)}{2(q_2^2 - q_1^2)} \right)^2 + y^2 = \frac{q_1^2 q_2^2 L^2}{(q_1^2 - q_2^2)^2}. \quad (3.16)$$

Таким образом, алгебраическая линия 4-го порядка (3.15) в рассматриваемом случае вырождается, и область транспортного рынка охвата перевозками i -й станцией оказывается разделённой окружностью (3.16). При $p = 0$ и $q_1 \neq q_2$, неравенство $s_1 \geq 0$ выполняется для всех точек полигона.

Вариант 2. Пусть $q_1 = q_2$, а $p > 0$. В этом случае линия (3.15) вырождается и является либо правой ветвью гиперболы $\frac{4q_2^2 x^2}{p^2} - \frac{4q_2^2 y^2}{q_2^2 L^2 - p^2} = 1$ (если $p < Lq_2$), либо лучом $y = 0, x \geq \frac{L}{2}$ (если $p = Lq_2$). Если $p > Lq_2$, то линия оказывается пустым множеством и весь полигон является рынком охвата перевозками станции A (этот результат вполне очевиден). Проиллюстрируем сказанное соответствующими изображениями при $q_1 = q_2 = 1$ и $L = 2$. На рисунке 3.5 изображены случаи, когда соответственно $p = 1,9$ (рисунок 3.5, а), $p = 1,99$ (рисунок 3.5, б) $p = 2$ (рисунок 3.5, в).

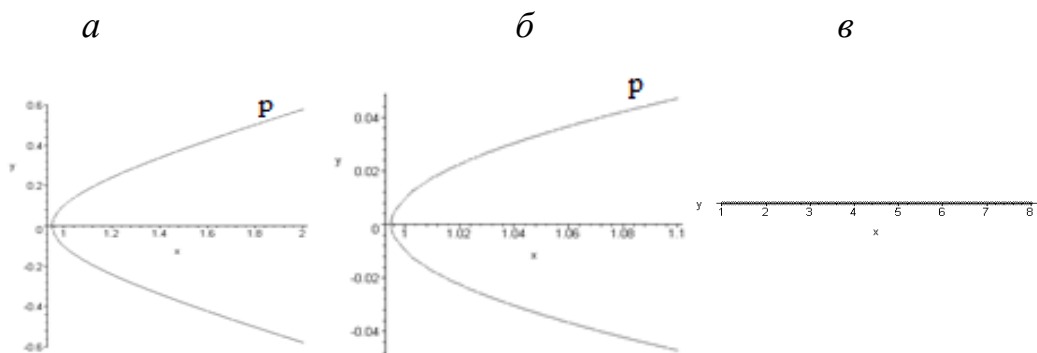


Рисунок 3.5 – Случай охвата i -й станцией области рынка грузовых перевозок

Вариант 3. Пусть $p > 0$ и $q_1 \neq q_2$. Например, $L = 2, p = 1, q_1 = 1$.

3.1 При $q_2 = 0$ получим вполне очевидное решение в виде окружности (рисунок 3.6) (ср. с вариантом 1):

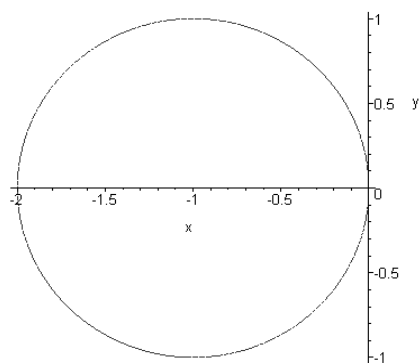


Рисунок 3.6 – Случай монопольного разделения рынка грузовых перевозок

3.2 При $q_2 = 0,1$ (рисунок 3.7, а), $q_2 = 0,7$ (рисунок 3.7, б) $q_2 = 0,99$ (рисунок 3.7, в) будем получать линии 4-го порядка, по форме близкие к окружности.

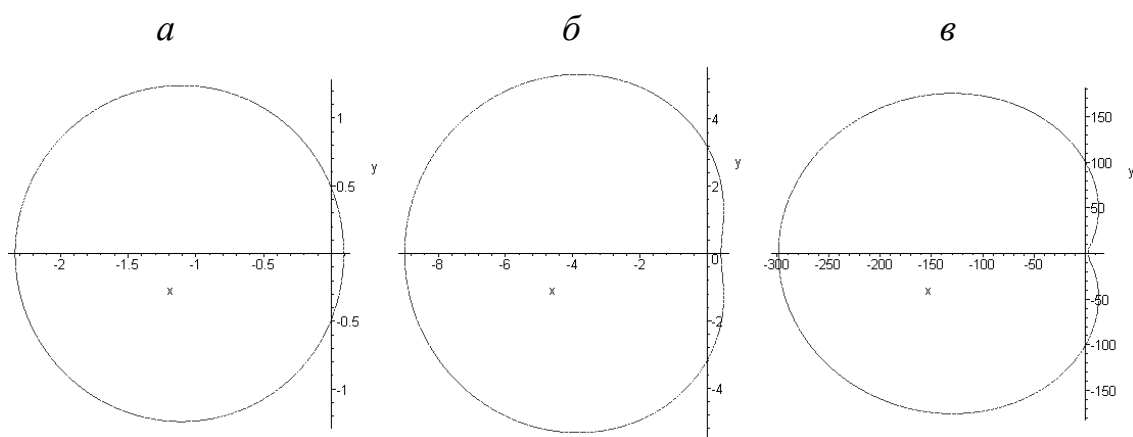


Рисунок 3.7 – Варианты монопольного разделения рынка грузовых перевозок

3.3 При переходе к значению $q_2 = 1$ происходит принципиальный скачок – рассматриваемая линия оказывается правой ветвью гиперболы $12x^2 - 4y^2 = 3$ (рисунок 3.8) (ср. с вариантом 2). Действительно,

```
> with(plots):
> implicitplot(sqrt((x+1)^2+y^2)=1+sqrt((x-1)^2+y^2), x=0..200, y=-300..300);
```

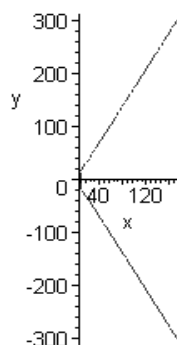


Рисунок 3.8 – Вариант разделения рынка грузовых перевозок

3.4 При переходе к значениям $q_2 > 1$ также наблюдается метаморфоза принципиального характера. Теперь становятся ограниченными возможности для сбыта продукции станцией В. Полагая последовательно $q_2 = 1,01$ (рисунок 3.9, а), $q_2 = 1,4$ (рисунок 3.9, б) $q_2 = 10$ (рисунок 3.9, в), будем получать следующие линии 4-го порядка.

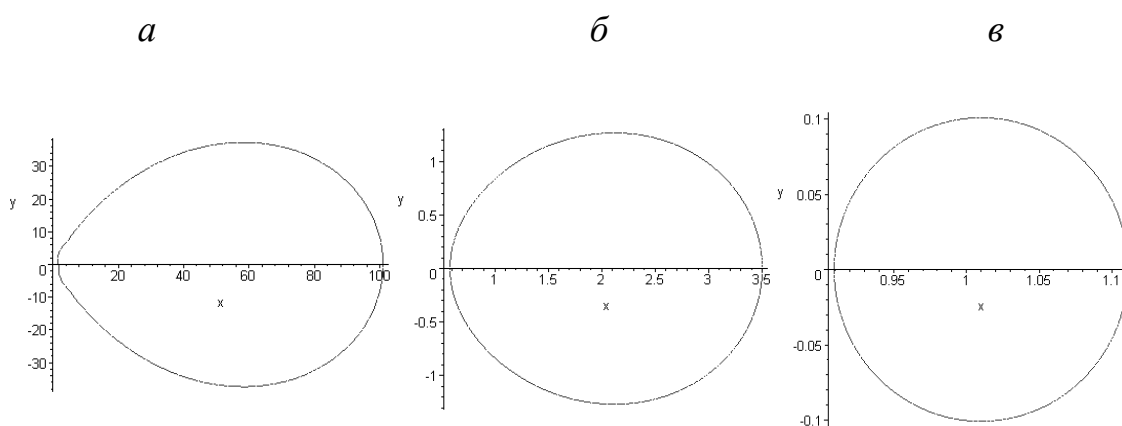


Рисунок 3.9 – Варианты областей охвата рынка грузовых перевозок

Таблица 3.8 – Ведомость стоимостей грузовых перевозок

Компания оператор	Род груза	Род подвижного состава	Станция погрузки	Порт (станция назначения)							
				Т		Н		...		Р	
				<i>L</i> , км	<i>C</i> , руб.	<i>L</i> , км	<i>C</i> , руб.	<i>L</i> , км	<i>C</i> , руб.	<i>L</i> , км	<i>C</i> , руб.
			ст. А	L_{A-T}	C_{A-T}	L_{A-H}	C_{A-H}	...	...	L_{A-P}	C_{A-P}
			ст. Б	L_{B-T}	C_{B-T}	L_{B-H}	C_{B-H}	...	...	L_{B-P}	C_{B-P}
			ст. В	L_{B-T}	C_{B-T}	L_{B-H}	C_{B-H}	...	...	L_{B-P}	C_{B-P}
			ст. Г	$L_{Г-T}$	$C_{Г-T}$	$L_{Г-H}$	$C_{Г-H}$	...	...	$L_{Г-P}$	$C_{Г-P}$
		
		
			ст. N	L_{N-T}	C_{N-T}	L_{N-H}	C_{N-H}	...	...	L_{N-P}	C_{N-P}

Производится ранжирование данных расстояний и стоимостей от минимального значения к максимальному (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Ранжирование данных расстояний и стоимостей

Станция погрузки Порт (станция) назначения	ст. А		ст. Б		ст. В		...	
	<i>L</i>	<i>C</i>	<i>L</i>	<i>C</i>	<i>L</i>	<i>C</i>	<i>L</i>	<i>C</i>
Т	L_{\min}	C_{\min}	L_{\min}	C_{\min}	L_{\min}	C_{\min}	...	...
Н	$L_{\min+1}$	$C_{\min+1}$	$L_{\min+1}$	$C_{\min+1}$	$L_{\min+1}$	$C_{\min+1}$	...	...
Р	$L_{\min+2}$	$C_{\min+2}$	$L_{\min+2}$	$C_{\min+2}$	$L_{\min+2}$	$C_{\min+2}$	...	...
...
...	$L_{\max-2}$	$C_{\max-2}$	$L_{\max-2}$	$C_{\max-2}$	$L_{\max-2}$	$C_{\max-2}$	...	...
...	$L_{\max-1}$	$C_{\max-1}$	$L_{\max-1}$	$C_{\max-1}$	$L_{\max-1}$	$C_{\max-1}$	...	...
N	L_{\max}	C_{\max}	L_{\max}	C_{\max}	L_{\max}	C_{\max}	...	...

В результате обработки методом наименьших квадратов [90] численных данных из таблицы 3.9 для каждой *i*-станции находится соответствующее аналитическое выражение зависимости стоимости перевозок *c*, руб. от расстояния *l*, км (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Зависимости стоимости перевозки от расстояния

ст. А	ст. Б	ст. В	...
$C_A = p_k + q_k \cdot l$	$C_B = p_k + q_k \cdot l$	$C_B = p_k + q_k \cdot l$	...

Рассмотрим на плоской географической карте полигона припортовой ж. д. станцию погрузки (выгрузки). Начало системы координат выберем в месте расположения станции погрузки-выгрузки (распределения вагонопото-

ков). Это обычно крупная грузовая станция. Это не носит принципиальный характер, но необходимо для начала расчета. Оси абсцисс и ординат расположены соответственно с запада на восток и с юга на север.

При построении геометрической модели рынка грузовых перевозок исходим из того, что критерием «территорий влияния» станций накопления вагонов является стоимость перевозки грузов с этих станций.

Согласно таблице 3.10 аналитические выражения стоимости перевозки c (руб.) от длины l (км) пройденного маршрута имеют следующий вид:

$$c_k(l) = p_k + ql, \text{ где } k = 1, \dots, n. \quad (3.17)$$

Если полученные коэффициенты q при длине l пройденного маршрута оказываются практически одинаковыми для всех рассматриваемых станций, геометрически это означает, что их «территории влияния» оказываются разграниченными между собой кривыми 2-го порядка – ветвями гипербол [18, 20, 79]. Если рассматривать какую-либо пару станций независимо от других, то весь полигон разбивается на две части ветвью гиперболы, фокусы которой находятся в этих станциях. При этом указанная ветвь расположена ближе к той станции, у которой больше значение p_k . При уменьшении коэффициента q , относящегося к одной из станций, по сравнению с остающимися неизменными для других станций погрузки происходит преобразование всей территориальной картины олигополистического транспортного рынка. Во-первых, «территория влияния» этой станции становится неограниченной, а всех других станций – ограниченными. Во-вторых, в качестве линий разграничения с «территориями влияния» других станций погрузки теперь выступают не гиперболы, а улитки Паскаля.

Результат построения геометрической евклидовой модели (ГЕМ) рынка грузовых перевозок припортовой ТТС служит теоретическим основанием для создания реальной геометрической маршрутизационной модели (ГММ), обеспечивающей рациональное распределение вагонопотоков между припортовыми грузовыми станциями и ж.-д. станциями погрузки (накопления).

3.4.2 Процедура корректировки маршрутизационной модели

В условиях реальной транспортной сети, когда конфигурация соединительных ж.-д. линий состоит из кружных и дублирующих участков и их протяженность между исследуемыми станциями определяется местными географическими условиями, производится корректировка «идеальной» геометрической евклидовой модели (ГЕМ) полигона дороги.

Возможная корректировка осуществляется последовательным перебором расстояний перевозок до станций назначения, начиная от расположенных ближе всего к линиям раздела территорий между рассматриваемыми станциями накопления вагонов. В результате получается реальная ГММ разграничения вагонопотоков.

Процедуру корректировки маршрутизационной модели рассмотрим на примере припортовой станции Таганрог, которая оказывается почти на линии, разделяющей «территории влияния» в геометрической модели дуополии станций Полтавская – Божковская (рисунок 4.3 п. 4.2). Длина кратчайшего ж.-д. маршрута от ст. Полтавская до ст. Таганрог составляет 351 км, а от ст. Божковская – 241 км. Пользуясь полученными для каждой станции аналитическими зависимостями стоимости c (тыс. руб.) перевозки от длины l (км) пройденного маршрута, получим:

$$C_{\text{П}} = 13,73 + 0,02 \cdot 351 = 20,75 \text{ у.е.} \quad \text{и} \quad C_{\text{Бож}} = 14,95 + 0,02 \cdot 241 = 19,77 \text{ у.е.}$$

В результате $C_{\text{Бож}} = 19,77 < 20,75 = C_{\text{П}}$. Таким образом, расположение припортовой станции Таганрог по отношению к станциям Полтавская и Божковская в географической маршрутизационной модели совпадает с её расположением по отношению к этим станциям в «идеальной» геометрической модели. Корректировки не требуется.

Для припортовой станции Туапсе длина соединительной линии со станцией Белореченская составляет 126 км. Пользуясь соответствующими

формулами (таблица 4.3 п. 4.2) для станций Белореченской и Полтавской, получим:

$$C_{\text{Бел}} = 19,06 + 0,02 \cdot 126 = 21,58 \text{ у.е.} \text{ и } C_{\text{П}} = 13,73 + 0,02 \cdot 261 = 18,95 \text{ у.е.}$$

Так как $C_{\text{П}} = 18,95 < 21,58 = C_{\text{Бел}}$, то корректировки также не требуется.

Корректировка маршрутизационной модели возможна и требуется тогда, когда протяженность между исследуемыми станциями из-за геолого-географических или форс-мажорных обстоятельств значительно увеличивается от «прямых» расстояний и, соответственно, увеличивается стоимость перевозки, тем самым возможно изменение линий разграничения станций (пример приведен в п. 4.3 диссертации).

3.4.3 Алгоритм и программный комплекс рационального распределения вагонопотоков припортовой ТТС

На основе разработанной экономико-географической модели сформулирован алгоритм распределения подвижного состава со станций накопления подвижного состава на припортовые станции с целью сокращения груженого и порожнего оборота вагона. Также в среде системы аналитических вычислений разработан программный комплекс, позволяющий осуществлять «разделение транспортного рынка» подвижного состава по видам грузовых перевозок для станций погрузки и портов выгрузки на основе ГММ и аналитических кривых. Данные математические модели, методы и алгоритмы предназначены для решения задач управления вагонопотоками и планирования мультимодальных грузоперевозок, в том числе при интеграции железнодорожных систем и других видов транспорта [58, 59, 60, 64].

Алгоритм моделирования грузовых перевозок операторской компании имеет основные этапы: формирование и анализ статистических данных, относящихся к рассматриваемым аспектам грузовой работы; выполнение в среде системы аналитических вычислений (Maple и т. п.) и построение оригинальной математической модели изучаемого процесса, служащей логистиче-

ской основой для проводимых исследований; сравнительный анализ с результатами, получаемыми посредством ранее использовавшихся в грузовой работе моделей, а также получаемыми обращением к другим возможностям программных средств (непосредственный перебор вариантов, генерирование случайных чисел и т. д.) (рисунок 3.11).

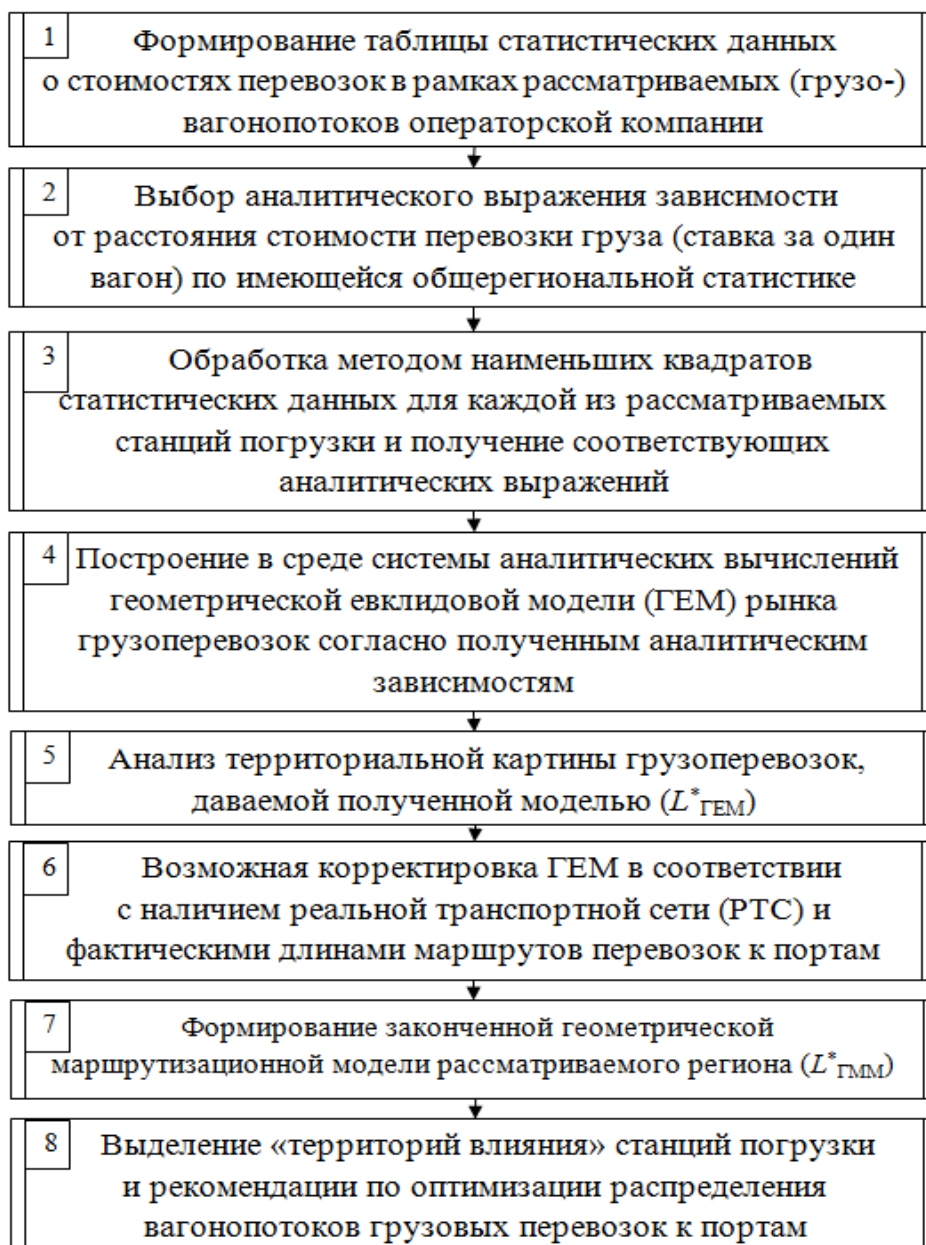


Рисунок 3.11 – Алгоритм моделирования грузовых перевозок операторской компании

Построение выполненной в интерактивной форме территориальной картины олигополистического рынка перевозок в рассматриваемых географиче-

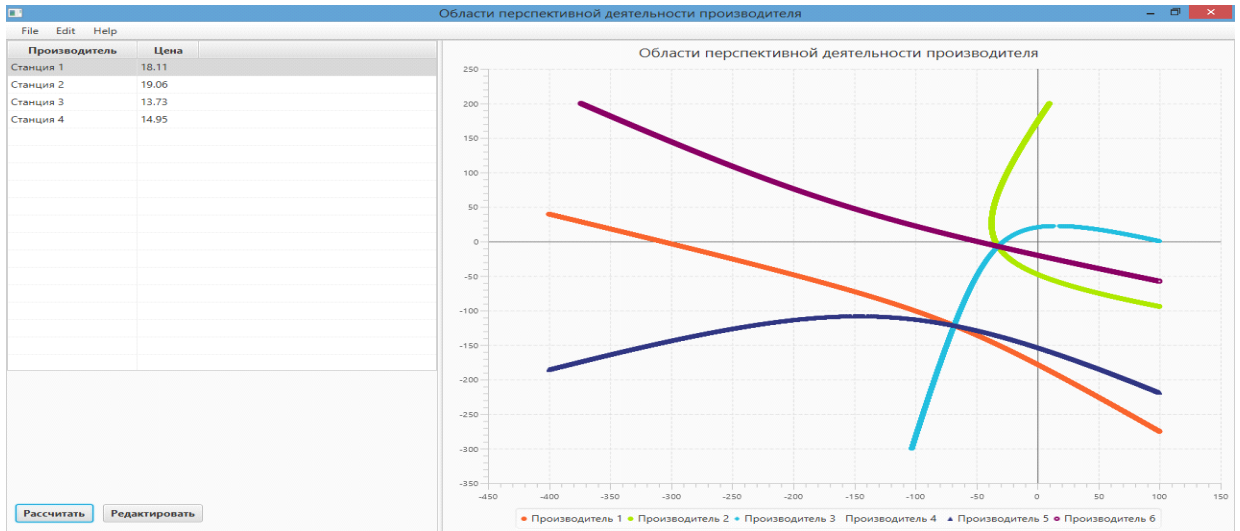
ских регионах дает возможность учитывать конкретные рекомендации и вносить соответствующие изменения с целью улучшения показателей использования подвижного состава операторских компаний.

Программный комплекс, реализующий построенную в среде системы аналитических вычислений реальную экономико-географическую модель полигона дороги с кривыми, определяющими «территории влияния» станций погрузки для подвижного состава конкретной операторской компании, был создан на основе программной платформы Java с применением технологии JavaFX, которая позволяет быстро (за счёт наличия автогенерации кода шаблонных элементов и визуальных инструментов для компоновки пользовательского интерфейса) разрабатывать гибкие, кроссплатформенные приложения (может быть запущено на разных операционных системах как десктоп-приложение или через web-браузер) с оконными интерфейсами (рисунок 3.12) [140].

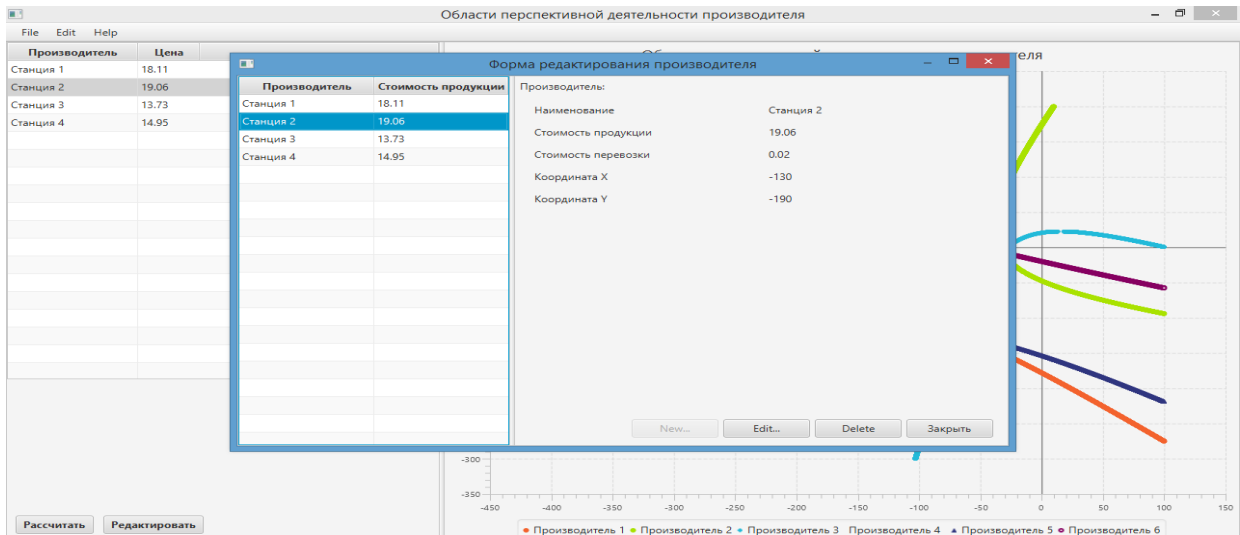
В функции программного комплекса входит формирование географической модели рационального распределения вагонопотоков на полигоне припортовой железной дороги с нормированием экономических показателей эксплуатационной работы, а также возможность в оперативном режиме редактирования различных показателей и значений работы всех участников перевозочного процесса и транспортной инфраструктуры.

На рисунке 3.13 представлен частный случай изображения основного экрана пользовательского интерфейса программного комплекса рационального распределения вагонопотоков в Северо-Кавказском экономическом регионе. В интерактивном режиме реализовано отображение параметров грузовых станций, стоимость перевозок грузов и инструментария для их оперативного изменения и редактирования по желанию пользователя.

a



б



в

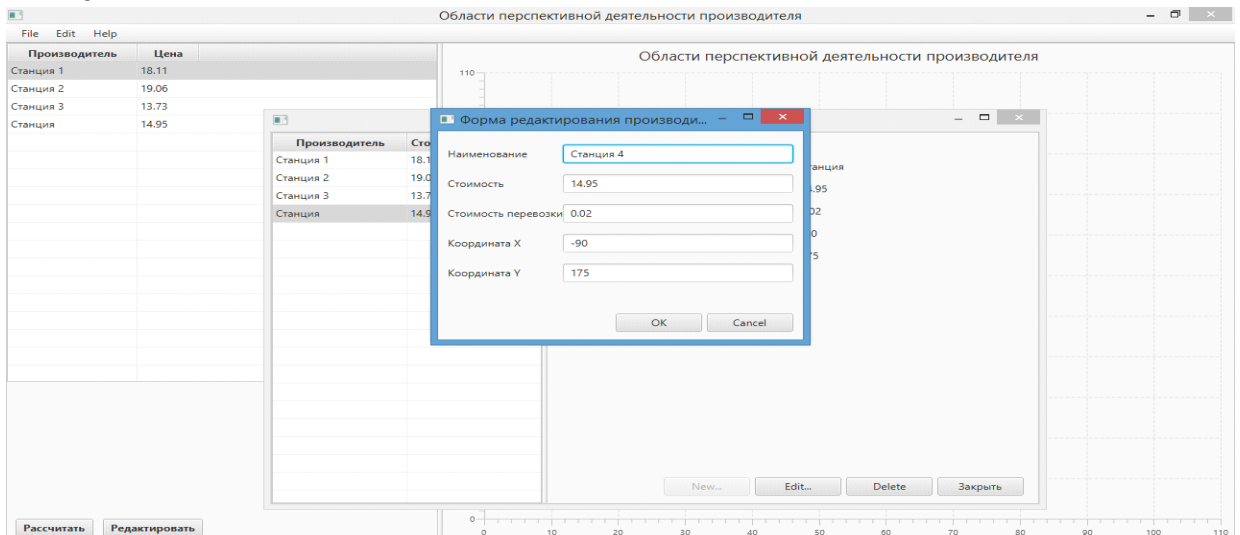


Рисунок 3.12 – Программный комплекс рационального распределения вагонопотоков: *a* – окно построения «территорий влияния» станций погрузки; *б* – окно редактирования информации о станциях; *в* – окно редактирования показателей конкретной станции

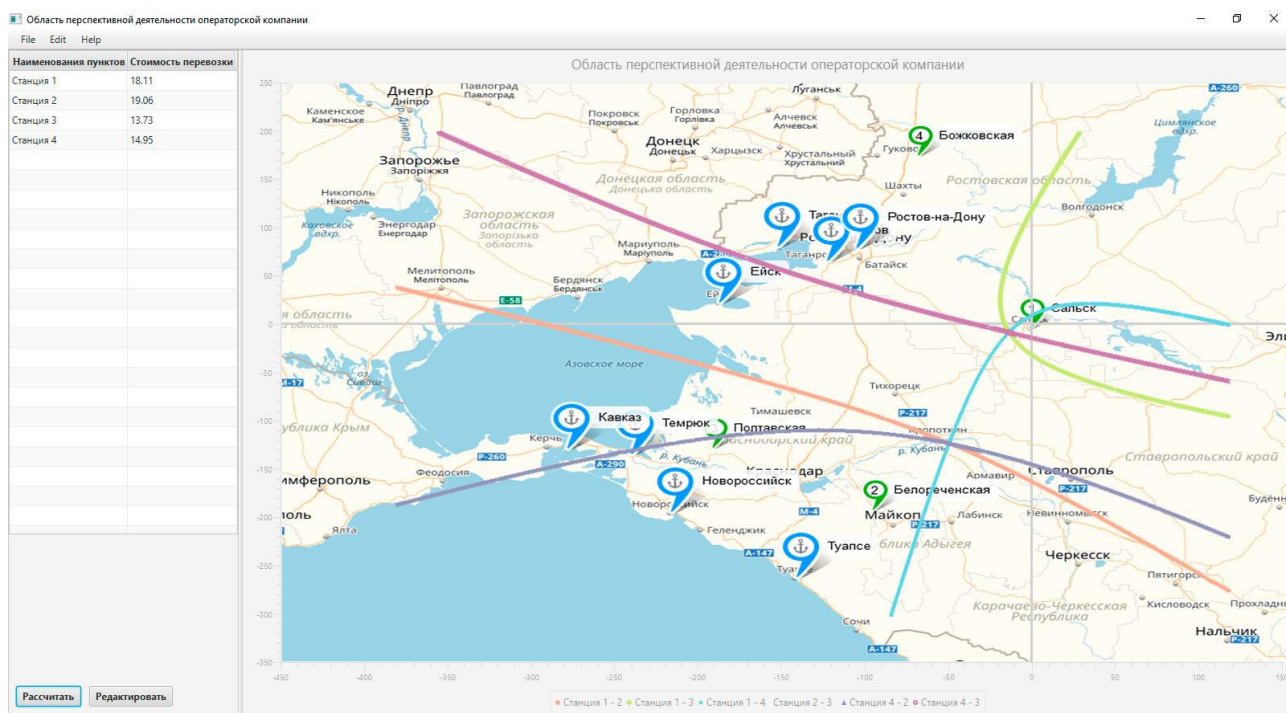


Рисунок 3.13 – Программный комплекс рационального распределения вагонопотоков припортовой ТТС

Создание интерактивных приложений, использующих вычислительные, аналитические, графические и др. возможности различных программных средств, и адаптация этих приложений к пользователям для осуществления в реальном времени практической деятельности в соответствии с возникающими запросами позволяют значительно повысить эффективность транспортной работы на полигоне припортовой железной дороги и принятия решений в изменяющихся рыночных условиях.

3.5 Выводы по главе

В третьей главе диссертации представлено развитие методов распределения вагонопотоков припортовой ТТС на основе экономико-географической модели. В основе авторских исследований лежит развитие и модификация экономического метода разделения рынка сбыта продукции предприятиями.

Для оценки уровня транспортного производства операторской компании построены диаграммы-«пауки», определены площади областей и рассчитан коэффициент эффективности.

На основании полученных значений предложено оценивать общую эффективность основных показателей компаний-операторов и ранжировать их.

Для оценки транспортной эффективности участков полигона припортовой железной дороги предлагается использовать коэффициент транспортной эффективности («КТЭ ж.-д. участка»).

Для определения коэффициента транспортной эффективности участков полигона припортовой железной дороги ($K_{эф}$) используется метод экспертных оценок, в частности метод Дельфи и эвристического прогнозирования.

Значения $K_{эф}$ составили: $K_{эф} = 0,39-0,59$ для однопутных участков; $K_{эф} = 0,6-0,79$ для двухпутных участков; $K_{эф} = 0,8-0,98$ для двухпутных и многопутных участков со значительными размерами движения.

В результате методики распределения порожних вагонопотоков в припортовой транспортно-технологической системе на основе экономико-математической модели, использующей транспортную задачу открытого типа с вводом модифицированных критериев оценки работы операторской компании и КТЭ оценки маршрута перевозки, найдено теоретическое наименьшее значение порожнего пробега вагонов, которое составляет четверо суток и тем самым оказывается меньше планового для рассматриваемых регионов на одни сутки.

Разработана экономико-географическая модель территориальной картины рационального распределения вагонопотоков в конкурентных условиях в заданном регионе.

Сформирован алгоритм моделирования грузовых перевозок операторской компании. Разработан программный комплекс, реализующий построенную в среде системы аналитических вычислений реальную экономико-географическую модель полигона дороги с кривыми, определяющими «территории влияния» станций погрузки для подвижного состава конкретной

операторской компании. Данный комплекс создан на основе программной платформы Java с применением технологии JavaFX.

В соответствии с разработанной методикой делается вывод о направлениях следования порожних вагонопотоков от припортовых станций или станций накопления подвижного состава для отправления на другие дороги. Территориальная картина разграничения рынка («области тяготения» станций) позволяет выбрать зоны дислокации подвижного состава, а неиспользуемые рыночные пространства возможно отдавать на другие виды транспорта (автомобильный) с целью организации сбалансированной работы припортовой ТТС.

Глава 4. ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПОРТОВЫХ ВАГОНОПОТОКОВ НА ПРИНЦИПАХ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

4.1 Олиго(дуо)польное рыночное взаимодействие компаний – операторов подвижного состава

Известно, что современное взаимодействие компаний-операторов и грузовладельцев осуществляется на рынке транспортных услуг. Олигополия является в настоящее время наиболее распространенной рыночной структурой на транспорте [160].

Олигополия – это рыночная структура, при которой в реализации какой-либо услуги доминирует очень немного продавцов, а появление новых продавцов затруднено или невозможно. Отрасль приобретает олигополистическую структуру в том случае, если крупный размер предприятия обеспечивает существенную экономию на затратах и, следовательно, если крупные предприятия в ней имеют значительные преимущества над мелкими.

Однако конкретно определить число предприятий весьма трудно, поскольку рыночная модель олигополии охватывает большую область, простирающуюся в диапазоне между чистой монополией и монополистической конкуренцией. Экономисты определяют «жесткую» олигополию (2–3 фирмы) и «расплывчатую» – 6–7 предприятий [135].

Основные причины существования олигополии:

- 1 Положительный эффект масштаба производства.
- 2 Финансовые барьеры – огромные расходы на рекламу и продвижение собственной продукции на рынок; другие барьеры – владение патентами и лицензиями, контроль над сырьевыми источниками.
- 3 Эффект слияния, обусловленный взаимозависимостью фирм.

При олигополии возможны самые разнообразные решения конкурентов: они могут совместно добиваться некоторых целей, превращая отрасль в

подобие чистой монополии, или же – в качестве другой крайности – бороться друг с другом вплоть до полного уничтожения.

Выделяют четыре основные модели олигополистического ценообразования: олигополия, не основанная на тайном сговоре; олигополия, основанная на тайном сговоре; лидерство в ценах (тайное соглашение); «издержки плюс».

Другой вариант рыночной конкуренции на транспорте – дуополия – рыночная структура, при которой два продавца, защищенные от появления дополнительных продавцов, являются единственными производителями стандартизированных услуг, не имеющих близких заменителей.

Примеры моделей олиго(дуо)полистического взаимодействия представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Модели олиго(дуо)полистического рыночного взаимодействия компаний [159, 135]

Наименование модели	Основные положения	Выводы
1	2	3
Модель дуополии Курно	<ul style="list-style-type: none"> 1 Фиксированное число компаний. 2 Продукция одного наименования. 3 Вход и выход новых компаний отсутствуют. 4 Компании максимизируют свою прибыль кооперации 	<ul style="list-style-type: none"> 1 При дуополии размер перевозок больше, чем при монополии, но меньше, чем при совершенной конкуренции. 2 Тарифы компаний-операторов в условиях дуополии ниже, чем при монополии, но выше, чем при свободной конкуренции
Модель дуополии Штакельберга	<ul style="list-style-type: none"> 1 Однородность продукции. 2 Цена (тариф) продукции – критерий выбора компании. 3 Количество производимой транспортной продукции и цена (тариф) на неё определяются исходя из спроса. 4 Существует компания-лидер, на размер перевозок которой ориентируются остальные компании 	<ul style="list-style-type: none"> 1 В равновесии компания-лидер производит в два раза большее количество транспортной продукции, нежели компания-последователь. 2 Обе компании приходят к равновесию Курно и, соответственно, делят рынок и прибыли. 3 Если обе компании попытаются стать «лидерами», рынок будет оставаться всегда в состоянии дисбаланса (неуравновешенности)

1	2	3
<p>Модель дуополии Эджуорта</p>	<p>1 Ограниченность мощности компании. 2 Прибыль зависит от стратегии конкурентов. 3 Цена продукции не опускается до уровня предельных издержек</p>	<p>1 Это некая ценовая ловушка, попав в которую компании-дуополисты втягиваются в ценовую войну, где падения цен на продукцию чередуются с их всплесками.</p>
<p>Модель Бертрана</p>	<p>1 Не менее двух компаний. 2 Кооперация компаний отсутствует. 3 Предельные издержки (МС) компаний одинаковы и постоянны. 4 Функция спроса линейна. 5 Компании конкурируют, устанавливая цену (тариф) на свою продукцию. 6 После выбора цены (тарифа) компании производят объем транспортной продукции, равный величине спроса. 7 Если цены (тарифы) различны, потребители предъявляют спрос на более дешевую транспортную продукцию. 8 Если цены (тарифы) одинаковы, приобретается транспортная продукция всех компаний в равных долях</p>	<p>1 Кооперативный, подразумевающий достижение компаниями соглашения, при котором они взимают монопольную цену (тариф) и обслуживают каждый по половине спроса потребителей. 2 Конкурентный, при котором компании действуют некооперативно и устанавливают цену (тариф) на уровне предельных издержек</p>
<p>Модель чистой конкуренции рынка транспортных услуг</p>	<p>1 Многочисленность субъектов рынка. 2 Товары (услуги) должны быть однородны. 3 Отсутствие препятствий для входа в рынок</p>	<p>Большое количество компаний-операторов, но ни одна из них сама по себе не в состоянии воздействовать на рыночную цену</p>
<p>Модель монополистически конкурентной структуры рынка транспортных услуг</p>	<p>1 Товары не однородны, а дифференцированы. 2 Рынок представляет группу компаний, продающих разные продукты, являющиеся близкими субститутами</p>	<p>Достаточно большое количество компаний-операторов, каждая из которых близка к тому, чтобы контролировать цену своей продукции</p>
<p>Модель олигополистической структуры рынка транспортных услуг</p>	<p>1 Немногочисленность компаний, которым противостоит множество мелких покупателей. 2 Продукция может быть как однородной, так и неоднородной</p>	<p>Несколько достаточно крупных компаний-операторов, которые обеспечивают основную долю перевозок на рынке</p>
<p>Модель чистой монополии рынка транспортных услуг</p>	<p>1 Одной компании противостоит большое число покупателей</p>	<p>Компаний-операторов будет несколько, но каждая будет монополистом в определенном сегменте перевозок или региональном направлении грузопотоков</p>

4.2 Система распределения вагонопотоков операторской компании на принципах экономико-географической маршрутизации

4.2.1 На примере западной части Северо-Кавказского экономического региона в рамках деятельности АО «ФГК»

В качестве объекта исследования выбрана западная часть Северо-Кавказского экономического региона (СКЭР), рассматриваемая в рамках деятельности АО «ФГК» [153, 155]. В примере грузом являются строительные материалы, которые могут быть доставлены с четырех станций (складов) нахождения вагонов собственности компании: Сальск (1), Белореченская (2), Полтавская (3) и Божковская (4) – в восемь станций-портов: Туапсе (1), Новороссийск (2), Темрюк (3), Кавказ (4), Ейск (5), Азов (6), Таганрог (7) и Ростов (8) (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Стоимости перевозок полувагона операторской компании со стройматериалами от станций погрузки до припортовых станций

Компания - оператор	Станции погрузки	Туапсе		Новорос.		Темрюк		Кавказ		Ейск		Таганрог		Азов		Ростов	
		L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.
АО «ФГК»	1 Сальск	429	29,4	418	27,7	467	33,2	533	32,2	339	24,8	262	23,8	207	25,6	196	21,8
	2 Белореченская	126	21,6	345	26,4	394	31,9	460	30,9	480	29,2	486	31,1	435	33	424	28,4
	3 Полтавская	261	20,3	102	15	135	19,8	201	18,5	240	17,4	351	22,1	300	24,1	289	19,5
	4 Божковская	581	29,6	531	27	564	31,7	630	28	321	19,9	241	19	189	22	157	16,3

Из представленных в таблице 4.2 статистических данных для всего рассматриваемого региона можно сделать вывод о том, что зависимость стоимости c (тыс. руб.) перевозки одного вагона со строительными материалами от длины l (км) пройденного маршрута имеет в целом выраженный линейный характер (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Зависимость стоимости перевозок стройматериалов от дальности следования вагона

Для решения задачи в таблице 4.3 выполнено ранжирование статистических данных из таблицы 4.2 в порядке длины маршрутов дальности следования вагонов до припортовых станций от каждой из четырех рассматриваемых станций нахождения вагонов.

Таблица 4.3 – Ранжирование данных расстояний и стоимостей перевозок

Сальск			Белореченская			Полтавская			Божковская		
<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>
8	196	21,8	1	126	21,6	2	102	15	8	157	16,3
6	207	25,6	2	345	26,4	3	135	19,8	6	189	22
7	262	23,8	3	394	31,9	4	201	18,5	7	241	19
5	339	24,8	8	424	28,4	5	240	17,4	5	321	19,9
2	418	27,7	6	435	33	1	261	20,3	2	531	27
1	429	29,4	4	460	30,9	8	289	19,5	3	564	31,7
3	467	33,2	5	480	29,2	6	300	24,1	1	581	29,6
4	533	32,2	7	486	31,1	7	351	22,1	4	630	28

Найденные методом наименьших квадратов искомые выражения (приложение 4, таблицы П4.1–П4.2) приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Выражения зависимостей стоимости перевозки от расстояния

Ст. Сальск	Ст. Белореченская	Ст. Полтавская	Ст. Божковская
$c = 18,11 + 0,02l$	$c = 19,06 + 0,02l$	$c = 13,73 + 0,02l$	$c = 14,95 + 0,02l$

Отметим, что представляет интерес с точки зрения анализа грузовых перевозок в рассматриваемом регионе выяснение причины того, что коэффициенты при длине *l* пройденного маршрута для всех станций оказались прак-

тически совпадающими. Различия в стоимостях перевозок между станциями проявились лишь в свободных членах (стоимостях начально-конечных операций) найденных выражений.

Следующим шагом является построение *евклидовой геометрической модели* рассматриваемого полигона дороги. Результат этого построения служит теоретическим основанием для создания реальной маршрутизационной картины грузоперевозок в данном регионе для АО «ФГК».

Отличием метода экономико-географического распределения от рассмотренного в работах [18, 19] является то, что в рассматриваемых исследованиях используются фактические расстояния перевозок грузов операторской компании по железнодорожной сети, коэффициенты эффективности участков и авторская процедура корректировки ГЕМ в соответствии с реальными полигонами.

В соответствии с таблицей 4.4 коэффициент $p_4 = 14,95$ станции Божковской больше соответствующего коэффициента $p_3 = 13,73$ станции Полтавской. Соответственно в евклидовой геометрической модели разграничение «территорий влияния» этих двух станций осуществляется ветвью гиперболы, изображённой на рисунке 4.2, *а*.

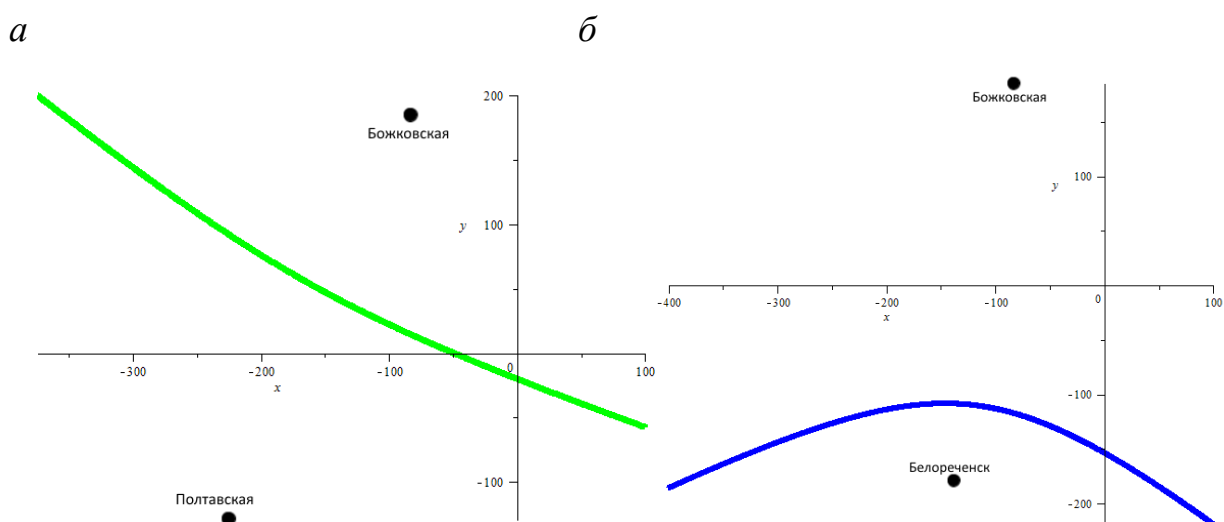


Рисунок 4.2 – Схема разграничения «территорий влияния» двух станций:

а – первое сочетание; *б* – второе сочетание

Аналогично, для дуополии Белореченская – Божковская с $p_2 = 19,06$ и $p_4 = 14,95$ соответственно, территории грузовых перевозок разделяются ветвью гиперболы, изображенной на рисунке. 4.2, б.

Геометрическая картина присутствия в модели рынка грузовых перевозок всех четырех станций представляется $C_4^2 = 6$ кривыми. Однако в результате введения числовых данных настоящей задачи в систему компьютерной алгебры получаются изображения только пяти ветвей гипербол.

Данный факт объясняется тем [18], что при выполнении неравенства $p_2 - p_3 > Lq$, где L – евклидово расстояние между рассматриваемыми станциями, вся плоскость оказывается «территорией влияния» станции с меньшим коэффициентом p_3 . В данном случае $L = 148$, $p_2 - p_3 = 5,33$ и $L \cdot q = 148 \cdot 0,02 = 2,96$. Таким образом, указанное неравенство выполняется с большим запасом.

Так как $p_2 = 19,06$ станции Белореченской настолько больше $p_3 = 13,73$ станции Полтавской (т. е. экономичность грузовых перевозок со ст. Белореченская ниже, чем со ст. Полтавской), что в дуополии Белореченская – Полтавская вся плоскость оказывается «территорией влияния» второй станции.

Полная евклидова экономико-географическая схема рассматриваемого олиго(дуо)полического рынка разграничения грузоперевозок приведена на рисунке 4.3.

В результате «территория влияния» станции Сальск представляет собой область, ограниченную ветвями гипербол **б** и **в**, и оказывается весьма незначительной.

Ни одна из рассматриваемых станций-портов не может быть отнесена к ней с точки зрения экономичности перевозок. «Территория влияния» станции Божковской ограничена ветвями гипербол **д** и **в** и существенно больше предыдущей. Ограниченная ветвями гипербол **д** и **б** «территория влияния» станции Полтавской показывает, что эта станция доминирует с точки зрения экономичности на рынке перевозок в рассматриваемом регионе.

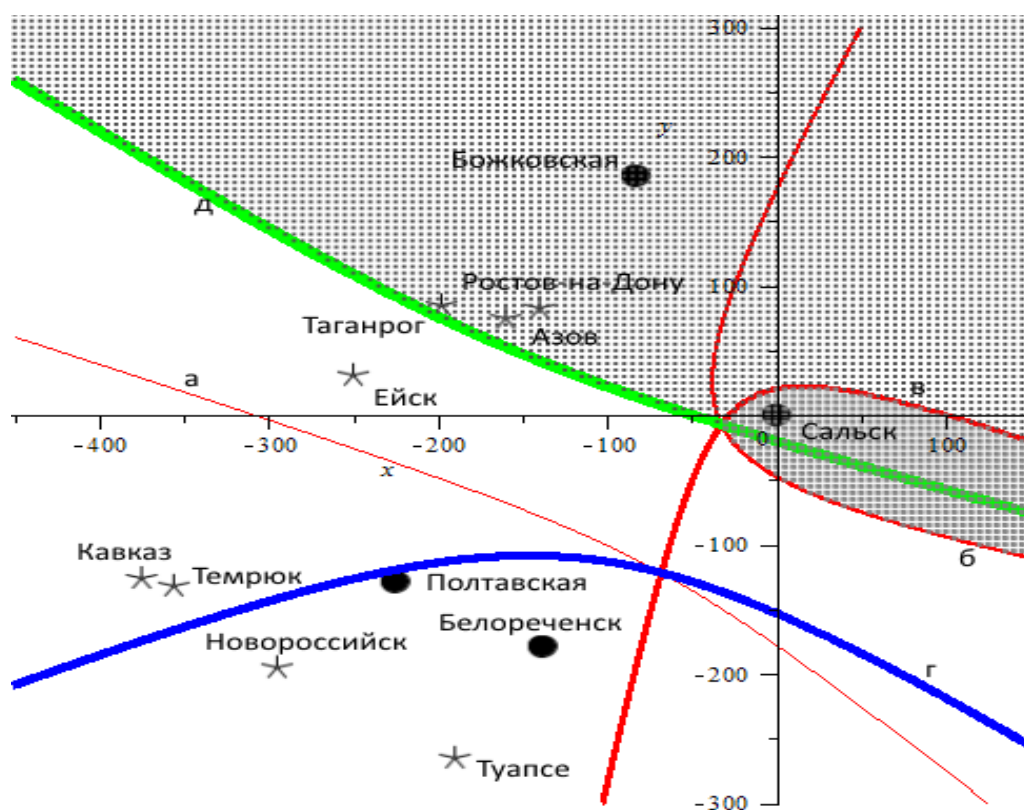


Рисунок 4.3 – Схема экономико-географического разграничения грузоперевозок операторской компании олиго(дуо)полического транспортного рынка

Пример корректировки экономико-географической маршрутизационной модели перевозок грузов операторской компании приведен в п. 3.4 настоящего диссертационного исследования.

4.2.2 На примере южной части Северо-Кавказского экономического региона в рамках деятельности АО «ПГК»

Объектом исследований является южная часть Северо-Кавказского экономического региона, рассматриваемая в рамках деятельности операторской компании на примере АО «ПГК» [57, 107, 158]. Груз доставляется в собственных полувагонах компании-оператора с шести станций нахождения вагонов (погрузки): Краснодар-Сортировочный (1), Ростов-Западный (2), Несветай (3), Дзегута (4), Сосыка-Ейская (5) и Батайск (6) в двенадцать пунктов назначения (станций или портов): Новороссийск (1), Кавказ (2), Ту-

апсе (3), Таганрог (4), Азов (5), Темрюк (6), Вышестеблиевская (7), Махачкала (8), Усть-Донецкая (9), Заречная (10), Кизитеринка (11), Грушевая (12)*.

В соответствии с тарифными руководствами определены стоимости перевозки полувагона с грузом от станций погрузки до станций выгрузки (портов) в зависимости от дальности следования (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Стоимость перевозок полувагона от станций погрузки до станций выгрузки (портов)

Компания-оператор	Станция погрузки	Новоросси́йск		Кавка́с		Туапсе-Сортиро́вочная		Тага́нрог		Азо́в		Темрю́к		Выше́стеблиевская		Маха́чкала		Усть-Доне́цкая		Заре́чная		Кизи́теринка		Груше́вая	
		L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.	L, км	C, тыс. руб.
АО «ПГК»	1 Краснодар	140	15,2	255	17,2	152	36,41	366	20,7	311	25,50	189	36,41	196	16,2	786	28,3	445	21,8	289	24,72	294	17,8	113	14,8
	2 Ростов-Западный	394	21,3	493	24,2	444	21,8	61	12,3	52	12,1	427	21,8	434	21,7	908	30,1	183	16,2	14	11,2	32	11,6	367	20,8
	3 Несветай	498	24,3	597	25,6	548	25,1	201	16,5	156	15,6	531	24,7	538	24,7	1012	31,4	96	12,8	134	15,2	113	14,8	471	22,3
	4 Джугута	481	24,2	596	25,6	378	20,8	522	24,7	471	22,2	530	24,7	537	24,7	579	25,6	605	24,5	449	21,7	454	22,2	454	22,2
	5 Соська-Ейская	313	18,2	428	21,8	324	19,8	216	16,6	165	15,9	362	20,8	369	20,7	759	27,8	299	17,8	143	15,6	148	15,6	286	17,9
	6 Батайск	372	20,7	471	22,2	423	21,7	85	12,7	30	11,5	405	21,2	412	21,2	886	30	164	15,9	8	11,1	13	11,2	345	20,3

Линейная зависимость стоимости c (тыс. руб.) перевозки одного полувагона со строительными материалами от длины l (км) пройденного им маршрута для двух крупных станций приведена на рисунке 4.4.

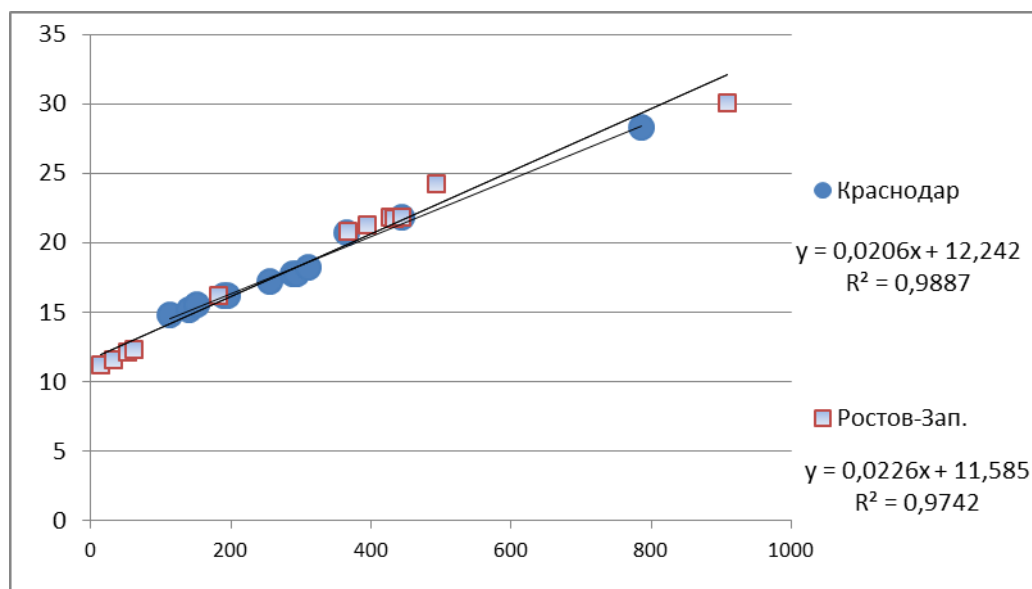


Рисунок 4.4 – Графическое изображение зависимостей стоимости перевозки от станций погрузки Краснодар и Ростов-Западный

* Принята в качестве примера.

С целью нахождения вида зависимости в таблице 4.6 для каждой станции погрузки выполнено ранжирование статистических данных из таблицы 4.5.

Таблица 4.6 – Ранжирование стоимостей перевозок для станций погрузки

Краснодар-Сортировочный			Ростов-Западный			Несветай			Джегута			Сосыка-Ейская			Батайск		
<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>l</i>	<i>c</i>
12	113	14,8	10	14	11,2	9	96	12,8	3	378	20,8	10	143	15,6	10	8	11,1
1	140	15,2	11	32	11,6	11	113	14,8	10	449	21,7	11	148	15,6	11	13	11,2
3	152	15,5	5	52	12,1	10	134	15,2	11	454	22,2	5	165	15,9	5	30	11,5
6	189	16,2	4	61	12,3	5	156	15,6	12	454	22,2	4	216	16,6	4	85	12,7
7	196	16,2	9	183	16,2	4	201	16,5	5	471	22,2	12	286	17,9	9	164	15,9
2	255	17,2	12	367	20,8	12	471	22,3	1	481	24,2	9	299	17,8	12	345	20,3
10	289	17,8	1	394	21,3	1	498	24,3	4	522	24,7	1	313	18,2	1	372	20,7
11	294	17,8	6	427	21,8	6	531	24,7	6	530	24,7	3	324	19,8	6	405	21,2
5	311	18,2	7	434	21,7	7	538	24,7	7	537	24,7	6	362	20,8	7	412	21,2
4	366	20,7	3	444	21,8	3	548	25,1	8	579	25,6	7	369	20,7	3	423	21,7
9	445	21,8	2	493	24,2	2	597	25,6	2	596	25,6	2	428	21,8	2	471	22,2
8	786	28,3	8	908	30,1	8	1012	31,4	9	605	24,5	8	759	27,8	8	886	30

В таблице 4.7 для каждой из станций погрузки приведены аналитические выражения зависимости стоимости перевозки полувагона *c* (тыс. руб.) от длины маршрута *l* (км) (приложение 4, таблицы П4.3–П4.5), полученные в результате обработки методом наименьших квадратов численных данных из таблицы 4.6.

Таблица 4.7 – Аналитические зависимости стоимости перевозки груза от длины маршрута для станций погрузки

Краснодар-Сортировочный $c = 12,24 + 0,02l$	Ростов-Западный $c = 11,58 + 0,02l$	Несветай $c = 12,57 + 0,02l$
Джегута $c = 12,51 + 0,02l$	Сосыка-Ейская $c = 12,48 + 0,02l$	Батайск $c = 11,5 + 0,02l$

Из полученных аналитических выражений *c* (см. таблицу 4.7) следует, что значения коэффициентов *q* при длине маршрута *l* совпадают. Одним из объяснений этому является инфраструктурный фактор, т. е. нормированная плата общесетевого перевозчика – компании ОАО «РЖД». Имеются причины и внутреннего организационного характера, относящиеся к самой компа-

нии, т. е. единообразно составленный для всех станций нахождения вагонов форм собственности и регулярно выполняемый план подвода поездов. Отметим еще, что стоимостная однородность перевозок в приведенных выше аналитических выражениях проявляется именно в составляющих, относящихся к движеническим операциям. Это обстоятельство является прямым экономическим показателем того, что в рассматриваемом регионе сформировались единые рыночные регуляторы транспортных издержек и механизм перевозочного процесса (по крайней мере, в рамках функционирования АО «ПГК») является в известной степени отлаженным.

В связи с этим представляет научный интерес сравнительный анализ значений p и q в аналитических выражениях рассматриваемой зависимости c , относящихся к разным операторским компаниям. Такое исследование, учитывающее все составляющие грузовой работы, дает возможность сформулировать математически обоснованные рекомендации по повышению конкурентоспособности для каждого из субъектов перевозочного процесса (компания-оператора). Далее в рамках построенной территориальной модели рынка грузовых перевозок приводятся примеры транспортно-логистических рекомендаций.

На первом этапе построения формируется ГЕМ рынка грузовых перевозок, в которой все маршруты передвижений вагонов предполагаются условно прямолинейными. Поэтому длинами маршрутов являются евклидовы расстояния между станциями нахождения вагонов и станциями (портами) выгрузки. Приведенные в таблице 4.6 аналитические выражения стоимостей перевозок позволяют создать соответствующую модель олиго(ду)полистического рынка в рассматриваемом регионе, обслуживаемом компанией-оператором (например, АО «ПГК»). Станции нахождения вагонов форм собственности при этом можно рассматривать как участников олигополии, между которыми реализуется один из видов внутрифирменной конкуренции. Последнюю можно представить как неантагонистическое соперни-

чество между указанными операторами (станциями дислокации вагонов) с целью наиболее эффективного использования ресурсов компании.

Для постановки задачи на плоской географической карте рассматриваемого железнодорожного транспортного региона примем декартову систему координат, начало которой находится в месте расположения крупной узловой (сортировочной) станции, например Краснодара. Выбор такой начальной точки производится для условной «привязки» геометрической модели к реальной территории и не имеет принципиального значения. В данном случае руководствуемся тем обстоятельством, что указанная станция находится на важнейших железнодорожных маршрутах перевозочного процесса и доминирует среди других рассматриваемых станций погрузки по емкости путевого развития.

В предлагаемой модели критерием разграничения «территорий влияния» станций погрузки является стоимость перевозки грузов от этих станций до мест назначения (портов). В работах [19, 21] для случая рыночной дуополии показано, что «территории влияния» субъектов перевозочного процесса оказываются разделенными между собой частью некоторой алгебраической линии. Эта линия имеет 4-й порядок и записывается неявным уравнением вида:

$$\begin{aligned}
 & (q_1^2 - q_2^2)^2 x^4 + 2(q_1^2 L + q_2^2 L)(q_1^2 - q_2^2)x^3 + 2(q_1^2 - q_2^2)^2 x^2 y^2 - \\
 & - 2\left(2q_2^2 p^2 - \left(\frac{q_1^2 L^2}{4} - \frac{q_2^2 L^2}{4} - p^2\right)(q_1^2 - q_2^2) - (q_1^2 L + q_2^2 L)^2\right)x^2 + 2(q_1^2 L + q_2^2 L)(q_1^2 - q_2^2)xy^2 + \\
 & + 2\left(2q_2^2 Lp^2 + \left(\frac{q_1^2 L^2}{4} - \frac{q_2^2 L^2}{4} - p^2\right)(q_1^2 L + q_2^2 L)\right)x + (q_1^2 - q_2^2)^2 y^4 - \\
 & - 2\left(2q_2^2 p^2 - \left(\frac{q_1^2 L^2}{4} - \frac{q_2^2 L^2}{4} - p^2\right)(q_1^2 - q_2^2)\right)y^2 - q_2^2 p^2 L^2 + \left(\frac{q_1^2 L^2}{4} - \frac{q_2^2 L^2}{4} - p^2\right)^2 = 0,
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

где q_1 и q_2 – средние транспортные издержки рассматриваемых субъектов; L – расстояние между рассматриваемыми субъектами.

В работе [20] показано, что линия (4.1) является овалом Декарта и, в частности, может оказаться улиткой Паскаля. Кроме того, в среде системы

аналитических вычислений приводится анималистическая визуализация метаморфоз, происходящих с «территориями влияния» субъектов перевозочного процесса при изменении коэффициентов q_1 , q_2 и p .

Коэффициент p в уравнении (4.1) равен $|p_{k_1} - p_{k_2}|$, где $(k_1 \neq k_2)$ и p_k берутся из аналитических выражений зависимости стоимостей перевозок (см. таблицу 4.7)

$$c_k(l) = p_k + ql \quad (k = 1, \dots, 6), \quad (4.2)$$

относящихся к двум рассматриваемым станциям погрузки.

Переходя к рассматриваемой в настоящей работе транспортной ситуации, сначала отвлечемся от общей постановки олиго(дуо)полистической задачи и выделим особенности грузовой работы, осуществляемой какой-либо парой станций погрузки независимо от других субъектов. Как видно из уравнения (4.1), для такого рода дуополии при выполнении равенства $q_1 = q_2$ (которое имеет место в настоящем примере) происходит существенное понижение порядка указанной алгебраической линии. В работах [19, 21] отмечается, что в этом случае она оказывается одной из ветвей гиперболы, в фокусах которой находятся образующие дуополию станции. В результате вся плоскость разделяется на две части ветвью гиперболы, относящейся к фокусу, находящемуся в месте расположения станции, для которой коэффициент p_k в выражении (4.2) оказывается наибольшим.

Вследствие совпадения для всех рассматриваемых станций погрузки коэффициентов при длине l пройденного маршрута (см. формулу (4.2)) получается, что граница «территории влияния» каждой из этих станций представляет собой объединение некоторых частей гипербол указанного выше вида. На рисунке 4.5 приведены два фрагмента изображения олигополистического рынка, формируемого шестью рассматриваемыми станциями погрузки, относящиеся к станциям Батайск и Краснодар. (Припортовые станции на всех приводимых ниже рисунках обозначены звездочками.)

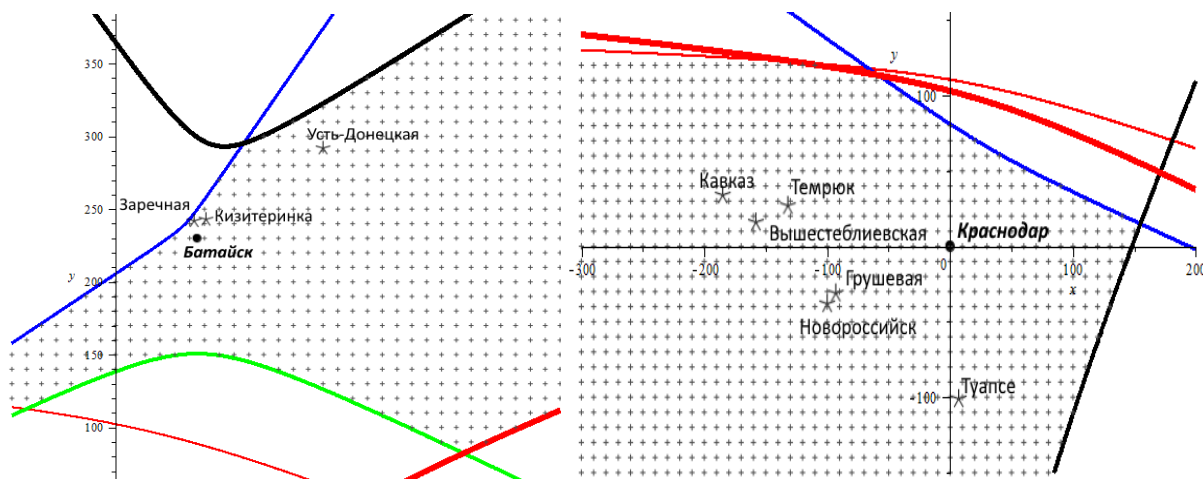


Рисунок 4.5 – «Территории влияния» станций Батайск и Краснодар в ГЕМ

Полная территориальная картина рынка грузовых перевозок, осуществляемых с шести станций погрузки («территории влияния» остальных станций представлены в приложении 4, рисунки П4.1–П4.3), описывается $C_6^2 = 15$ кривыми. Изображение на одном чертеже всех таких кривых затруднительно для визуального восприятия (приложение 4, рисунок П4.4). Поэтому на рисунке 4.6 приведена территориальная картина олигополистического рынка, представляющая собой объединение фрагментов указанного выше вида, относящихся к рассматриваемым станциям погрузки.

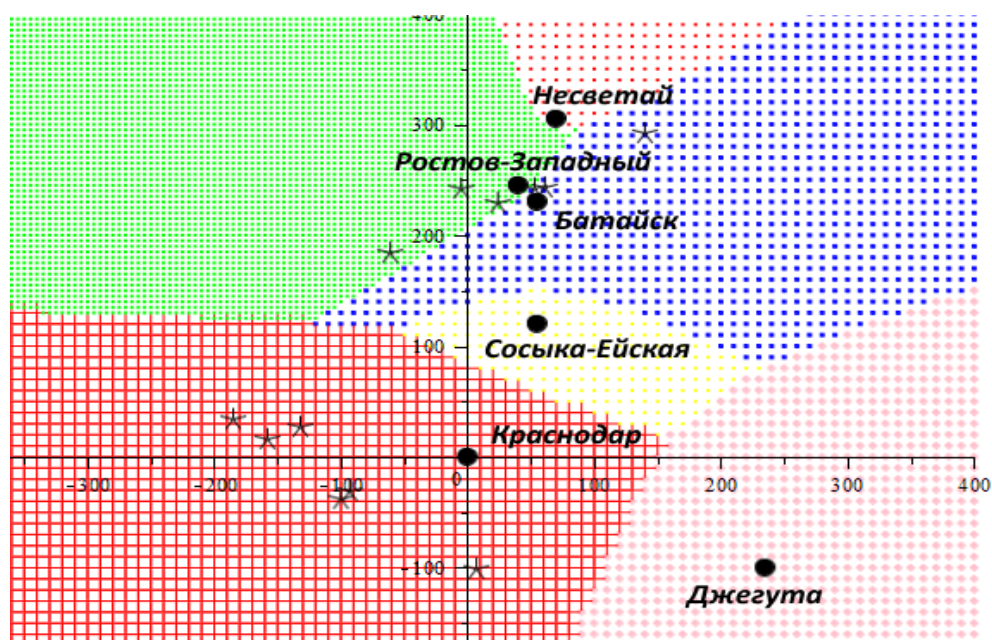


Рисунок 4.6 – Геометрическая евклидова модель олигополистического транспортного рынка на примере перевозок АО «ПГК»

В частности, оказывается, что в «территории влияния» станций нахождения вагонов форм собственности погрузки Несветай, Сосыка-Ейская и Джегута не попадает ни одна из рассматриваемых в настоящей работе припортовых станций.

Возможные дополнительные построения и развитие ГЕМ

В реальных условиях работы может понадобиться второй этап построений, результатом которого является ГММ рынка грузовых перевозок, получаемая некоторой корректировкой исходной ГЕМ.

При этом в первую очередь необходимо обратить внимание на станции назначения (порты), которые в ГЕМ оказались близкими к линиям раздела «территорий влияния» станций нахождения вагонов. В качестве примера рассмотрим припортовую станцию Усть-Донецкая, расположенную около линии, разделяющей «территории влияния» станций Несветай и Батайск (см. рисунки 4.5 и 4.6). Учитывая сделанные выше замечания, проведем дополнительные вычисления в соответствии с реально имеющимися маршрутами. Длина кратчайшего железнодорожного маршрута от станции Несветай до станции Усть-Донецкая составляет 96 км, а от станции Батайск – 164 км. Пользуясь найденными выше для каждой из этих станций аналитическими выражениями зависимости стоимости перевозки c (тыс. руб.) от длины l (км) пройденного маршрута (см. таблицу 4.7), соответственно получаем:

$$C_H = 12,57 + 0,02 \cdot 96 = 14,49 \text{ у.е. и } C_B = 11,05 + 0,02 \cdot 164 = 14,33 \text{ у.е.}$$

В результате оказывается, что $C_B = 14,33 < 14,49 = C_H$. То есть в данном случае корректировки ГЕМ не требуется. Расположение припортовой станции Усть-Донецкая в ГММ по отношению к станциям погрузки Несветай и Батайск с точки зрения факта принадлежности их к «территориям влияния» остается тем же, что и в ГЕМ.

Рассмотрим способы изменения «территории влияния» данной станции нахождения вагонов форм собственности таким образом, чтобы в новую «территорию влияния» попадали станции выгрузки (порты), находившиеся

ранее на «территориях влияния» других станций. Приведем два различных в геометрическом и организационно-экономическом отношении варианта решения этой задачи.

В первом случае указанная цель может быть достигнута изменением коэффициента p_k , посредством которого выражаются затраты на начально-конечные грузовые операции в аналитическом выражении стоимости перевозки с данной станции. Во втором случае – изменением коэффициента q , являющегося выражением соответствующих движенических расходов. Например, в качестве станции погрузки рассмотрим станцию Несветай, а станции назначения – Усть-Донецкую.

На рисунке 4.7 приведено локальное изображение измененной «территории влияния» станции погрузки Несветай (сравните с рисунком 4.6), которая получается в результате уменьшения коэффициента p_3 (см. формулу (4.2)) со значения $12,57$ до значения $11,9$.

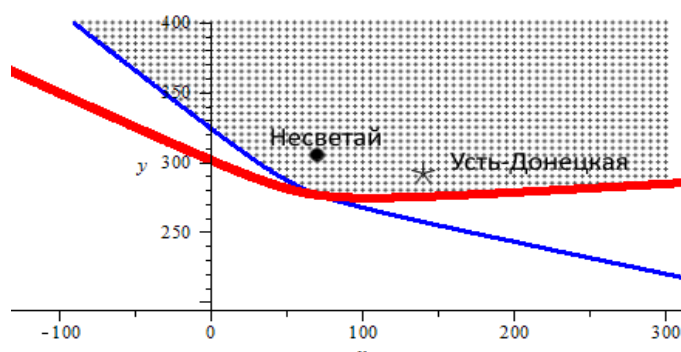


Рисунок 4.7 – Локальное изображение измененной «территории влияния» станции Несветай

На рисунке 4.8 приведено глобальное изображение «территории влияния» станции погрузки Несветай, которая получается в результате уменьшения коэффициента q в аналитическом выражении стоимости перевозки с этой станции со значения $0,02$ (ранее одинакового для всех станций погрузки) до значения $0,01$. В результате в новую «территорию влияния» рассматриваемой станции попадает припортовая станция (порт) Усть-Донецкая (сравните с рисунком 4.6).

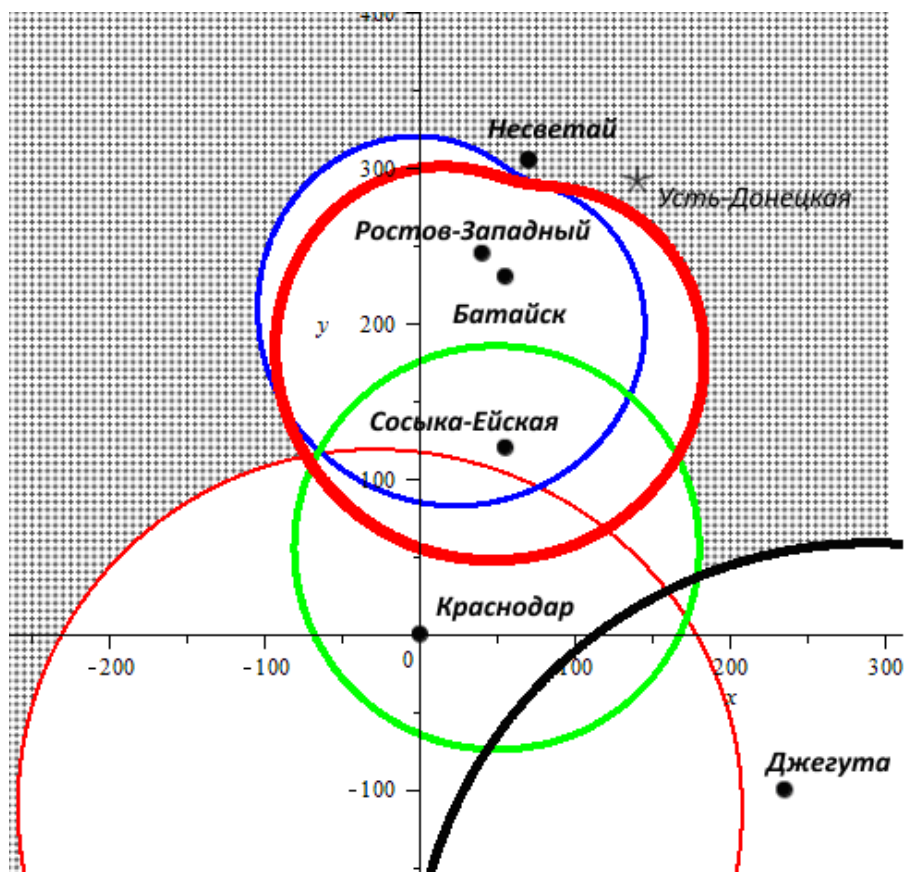


Рисунок 4.8 – Глобальное изображение измененной «территории влияния» станции Несветай

Следует обратить внимание на принципиальное отличие территориальной конфигурации на рисунке 4.8 от имевших место ранее «территорий влияния». При уменьшении движенических расходов, относящихся к станции Несветай, по сравнению с остающимися неизменными для других станций погрузки происходит преобразование всей территориальной картины олигополистического транспортного рынка. Во-первых, «территория влияния» этой станции становится неограниченной, а всех других станций – ограниченными. Во-вторых, в качестве линий разграничения с «территориями влияния» других станций погрузки теперь выступают не гиперболы, а улитки Паскаля.

Результат построения реальной ГММ грузоперевозок в данном регионе обеспечивает рациональное распределение вагонопотоков. Так, в соответствии с экономической целесообразностью порожние вагоны с мест выгрузки

в портах (Новороссийск, Туапсе и др. порты, попадающие в «территорию влияния» станции Краснодар-Сортировочный) необходимо выводить через станцию Краснодар-Сортировочный техническими или отправительскими маршрутами. При невозможности или форс-мажорных ситуациях на ст. Краснодар-Сортировочный целесообразно использовать ст. Сосыка-Ейская и производить накопление на данной станции либо использовать станционные пути для отстоя вагонов.

4.2.3 На примере западной части Северо-Кавказского экономического региона в рамках деятельности филиала ПАО «ТрансКонтейнер» на СКЖД

Объектом проводимых исследований является примыкающая к Азовскому и Черному морям западная часть Северо-Кавказского транспортного региона, рассматриваемая в рамках деятельности филиала ПАО «ТрансКонтейнер» на СКЖД. Грузы представляют собой крупы в ассортименте, доставляемые в контейнерах с четырех станций погрузки: Краснодар-Сортировочный (1), Ростов-Товарный (2), Владикавказ (3) и Скачки (4) в девять пунктов назначения (припортовых станций): Туапсе (1), Новороссийск (2), Темрюк (3), Ейск (4), Азов (5), Таганрог (6), Заречная (7), Кизитеринка (8) и Махачкала (9).

Имеющиеся статистические данные о стоимостях перевозок одного контейнера с грузом указанного вида [105, 116] для рассматриваемых станций представлены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Стоимости перевозок контейнера от станций-складов
до припортовых станций

Компания-оператор	№ п/п	Станции погрузки	Туапсе		Новороссийск		Темрюк		Ейск		Азов		Таганрог		Заречная		Кизитеринка		Махачкала	
			l, км	с, тыс. руб	l, км	с, тыс. руб	l, км	с, тыс. руб	l, км	с, тыс. руб	l, км	с, тыс. руб	l, км	с, тыс. руб	l, км	с, тыс. руб	l, км	с, тыс. руб	l, км	с, тыс. руб
ПАО «ТрансКонтейнер»	1	Краснодар-Сорт.	152	27,68	140	26,44	189	28,34	251	29,32	311	30,36	366	32,99	289	29,96	294	29,96	786	40,91
	2	Ростов-Тов	441	33,9	391	32,54	424	33,9	181	28,2	49	23,92	77	24,6	11	23,23	11	23,23	905	42,66
	3	Владикавказ	626	36,99	728	39,73	777	41,11	701	41,76	718	38,22	769	41,11	696	38,22	701	38,22	410	33,65
	4	Скачки	454	34,38	556	36,6	605	36,76	529	37,43	546	37,44	597	36,76	524	37,02	529	37,02	432	33,94

Изображенные графически эти данные показывают, что для каждой станции погрузки зависимость стоимости перевозки контейнера c (тыс. руб.) от длины l (км) пройденного им маршрута имеет отчетливый линейный характер. На рисунке 4.9 в качестве примеров приведены соответствующие изображения для станций Краснодар-Сортировочный и Ростов-Товарный.

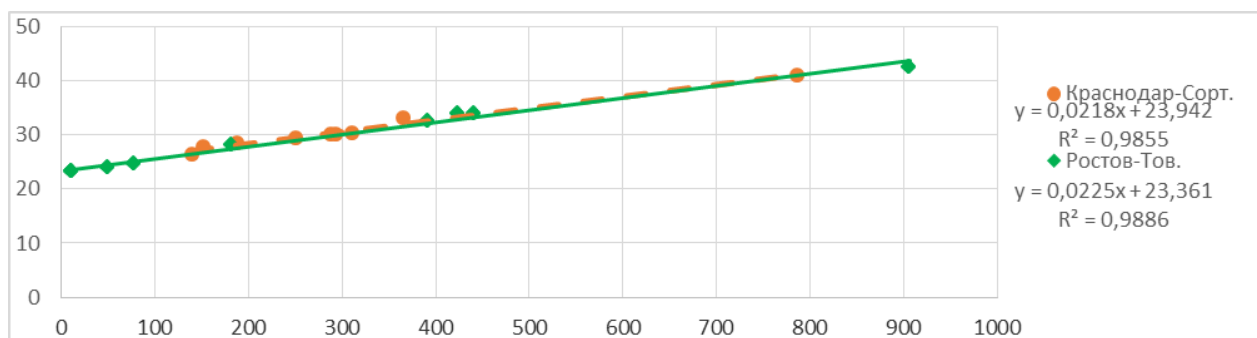


Рисунок 4.9 – Графическое изображение зависимостей стоимости перевозки от станций Краснодар-Сортировочный и Ростов-Товарный

С целью нахождения для каждой станции погрузки соответствующего аналитического выражения указанной зависимости в таблице 4.9 выполнено ранжирование данных из таблицы 4.8 в порядке увеличения длины маршрута следования.

Таблица 4.9 – Ранжирование стоимостей перевозок для станций погрузки

Краснодар-Сорт.			Ростов-Тов.			Владикавказ			Скачки		
n	l	c	n	l	c	n	l	c	n	l	c
2	140	26,44	7	11	23,23	9	410	33,65	9	432	33,94
1	152	27,68	8	11	23,23	1	626	36,99	1	454	34,38
3	189	28,34	5	49	23,92	7	696	38,22	7	524	37,02
4	251	29,32	6	77	24,6	4	701	41,76	4	529	37,43
7	289	29,96	4	181	28,2	8	701	38,22	8	529	37,02
8	294	29,96	2	391	32,54	5	718	38,22	5	546	37,44
5	311	30,36	3	424	33,9	2	728	39,73	2	556	36,6
6	366	32,99	1	441	33,9	6	769	41,11	6	597	36,76
9	786	40,91	9	905	42,66	3	777	41,11	3	605	36,76

Найденные методом наименьших квадратов искомые выражения (приложение 4, таблицы П4.6–П4.7) приведены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Выражения зависимости стоимости перевозки контейнера от длины маршрута следования

Краснодар-Сорт.	Ростов-Товарный	Владикавказ	Скачки
$c = 23,94 + 0,021l$	$c = 23,36 + 0,022l$	$c = 25,02 + 0,020l$	$c = 27,11 + 0,017l$

Обратим внимание на различные значения коэффициентов при длине маршрута l в полученных выше выражениях. Несмотря на наличие такого инфраструктурного фактора, как нормированная плата общесетевому перевозчику ОАО «РЖД», стоимостная неоднородность перевозок среди станций погрузки проявляется в коэффициентах, не только относящихся к затратам на начально-конечные операции, но и выражающих затраты, относящиеся к движеческим операциям. Для операторской компании это служит показателем неполной сформированности единых для всего рассматриваемого региона регуляторов транспортных издержек.

Дальнейшие исследования проводятся в два этапа.

На первом этапе создается предварительная ГЕМ рынка грузовых перевозок. Введем на плоской географической карте прямоугольную декартову систему координат с началом, например, в месте расположения станции погрузки Краснодар-Сортировочный. Такой выбор не имеет принципиального значения, и будем исходить из того, что указанная станция находится на пересечении многих маршрутов перевозочного процесса, является вагонораспределительной и доминирует среди рассматриваемых станций погрузки по емкости путевого развития.

В рассматриваемой ситуации граница «территории влияния» каждой из четырех станций погрузки состоит из трех фрагментов. Каждый из этих фрагментов является некоторой частью овала Декарта, разделяющего «территории влияния» двух станций погрузки, рассматриваемых независимо от остальных (случай дуополии). На рисунках 4.10 и 4.11 приведены изображения «территорий влияния» станций Краснодар-Сортировочный и Ростов-Товарный.

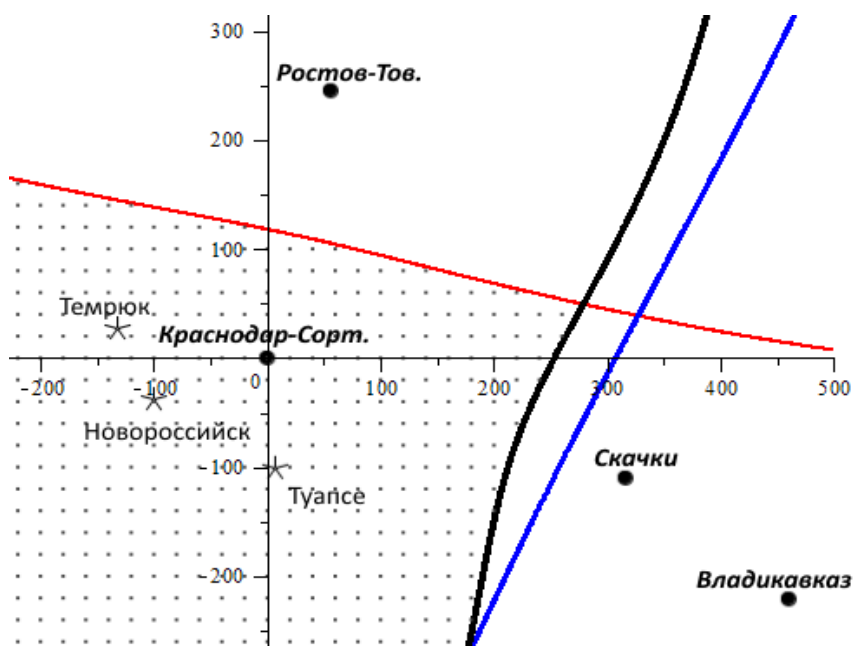


Рисунок 4.10 – «Территория влияния» станции Краснодар-Сортировочный

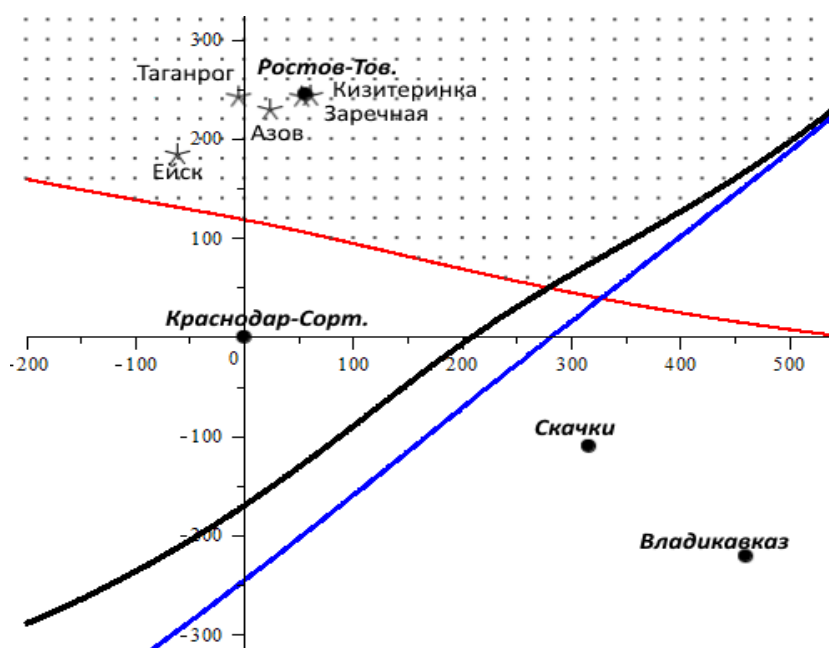


Рисунок 4.11 – «Территория влияния» станции Ростов-Товарный

Изображение территориальной картины олигополистического рынка перевозок, формируемого четырьмя рассматриваемыми станциями погрузки, приведено на рисунке 4.12.

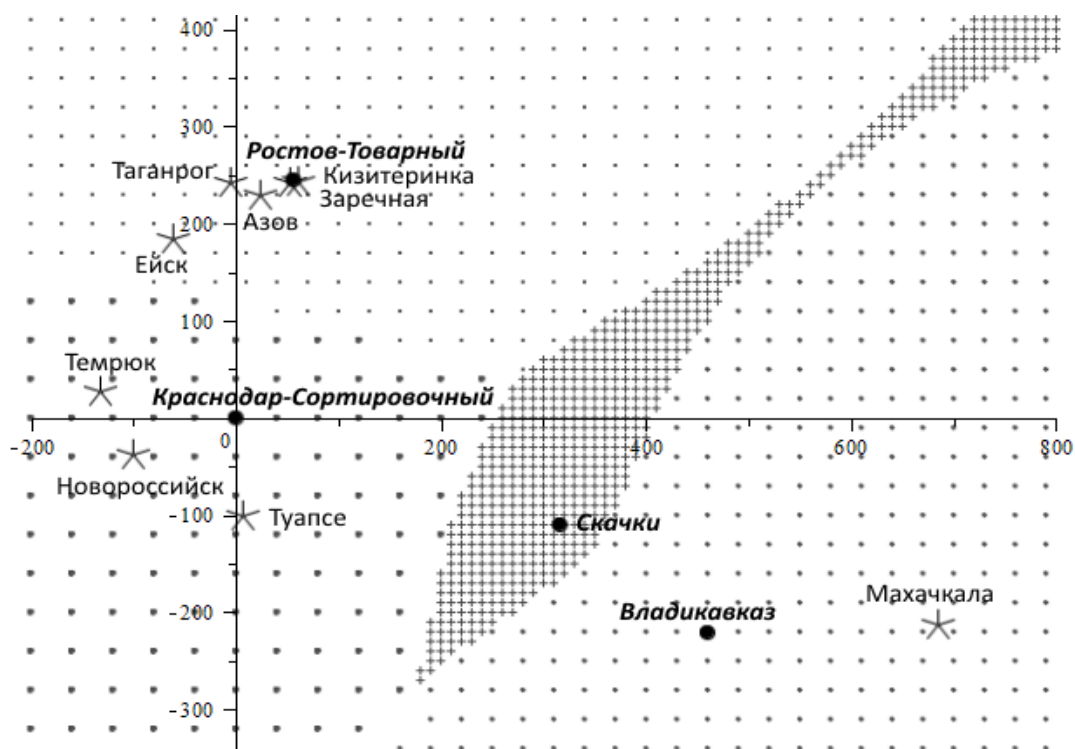


Рисунок 4.12 – Геометрическая евклидова модель олигополистического транспортного рынка в рамках ПАО «Трансконтейнер»

В частности, оказывается, что в «территорию влияния» станции погрузки Скачки не попадает ни одна из рассматриваемых в настоящей работе припортовых станций, а в «территорию влияния» станции Владикавказ попадает лишь станция Махачкала.

Проведем корректировку этой «идеальной» модели. Результатом второго этапа построений является *маршрутизационная модель* рынка грузовых перевозок.

В первую очередь, следует обратить внимание на станции назначения, которые в ГЕМ оказались близкими к линиям раздела «территорий влияния» станций погрузки. В рассматриваемой ситуации таковой является припортовая станция Ейск, попавшая на «территорию влияния» станции Ростов-Товарный и оказавшаяся расположенной близко к «территории влияния» станции Краснодар-Сортировочный (см. рисунки 4.11 и 4.12). Проведем дополнительные вычисления в соответствии с реально существующей транспортной сетью. Длина кратчайшего ж.-д. маршрута от станции Краснодар-

Сортировочный до станции Ейск составляет 251 км, а от станции Ростов-Товарный – 181 км. Пользуясь найденными выше выражениями зависимости стоимости перевозки c (тыс. руб.) от длины l (км) пройденного маршрута (см. таблицу 4.10), соответственно получим:

$$c_{\text{к.-с.}} = 23,94 + 0,021 \cdot 251 = 29,211 \text{ у.е. и}$$

$$c_{\text{р.-т.}} = 23,36 + 0,022 \cdot 181 = 27,342 \text{ у.е.}$$

В результате оказывается, что $c_{\text{р.-т.}} = 27,342 < 29,211 = c_{\text{к.-с.}}$. Итак, корректировки не требуется, и расположение станции-порта Ейск по отношению к станциям погрузки Краснодар-Сортировочный и Ростов-Товарный в маршрутизационной модели остается тем же, что и в ГЕМ.

4.2.4 На примере транспортной системы Балтийского бассейна в рамках деятельности АО «ПГК»

Рассмотрим метод, разработанный в диссертации для рационального управления железнодорожными вагонопотоками, на примере Северо-Западной экономической зоны Балтийского бассейна. Исследование проводится в рамках взаимодействия АО «Первая грузовая компания» и группы компаний «НЛМК».

В качестве груза примем листовую сталь, которая производится предприятиями группы НЛМК и поставляется в вагонах АО «ПГК» с четырех станций погрузки: Новолипецк (1), Ворсино (2), Череповец (3), Ревда (4) – к портам, расположенным на южном побережье Балтийского моря, например Большой порт Санкт-Петербург, Усть-Луга, Калининград.

В соответствии с [116] стоимость перевозки вагона с листовой сталью от станций погрузки до станций выгрузки (портов) рассчитывается с учетом расстояния перевозки (таблица 4.11). Аналитическое выражение имеет вид $c = p + q \cdot l$, где q – стоимость начальных-конечных операций за каждый грузовой вагон; p – стоимость движущихся операций на 1 км пути; l – расстояние перевозки, км.

Таблица 4.11 – Стоимость перевозки вагонов со станций погрузки на станции выгрузки (порты)

Компания-оператор	Станции погрузки	С.-Петербург		Усть-Луга		Высоцк		Выборг		Приморск	
		<i>l</i> , км	<i>c</i> , тыс. руб.	<i>l</i> , км	<i>c</i> , тыс. руб.	<i>l</i> , км	<i>c</i> , тыс. руб.	<i>l</i> , км	<i>c</i> , тыс. руб.	<i>l</i> , км	<i>c</i> , тыс. руб.
АО «ЛПК»	1 Новолипецк	1546	123,9	1611	128,9	1700	129,6	1670	129,63	1663	128,9
	2 Ворсино	1262	107,7	1090	96,8	1416	116,8	1386	113,58	1379	113,5
	3 Череповец-1	489	61,5	625	69,5	643	71,8	613	69,57	606	69,5
	4 Ревда	2126	155,4	2262	159,8	2280	159,9	2250	159,6	2243	159,5

Зависимость стоимости *c* (тыс. руб.) перевозки одного вагона с листовой сталью от длины *l* (км) пройденного маршрута является линейной. Соответствующие данные для двух станций показаны на рисунке 4.13.

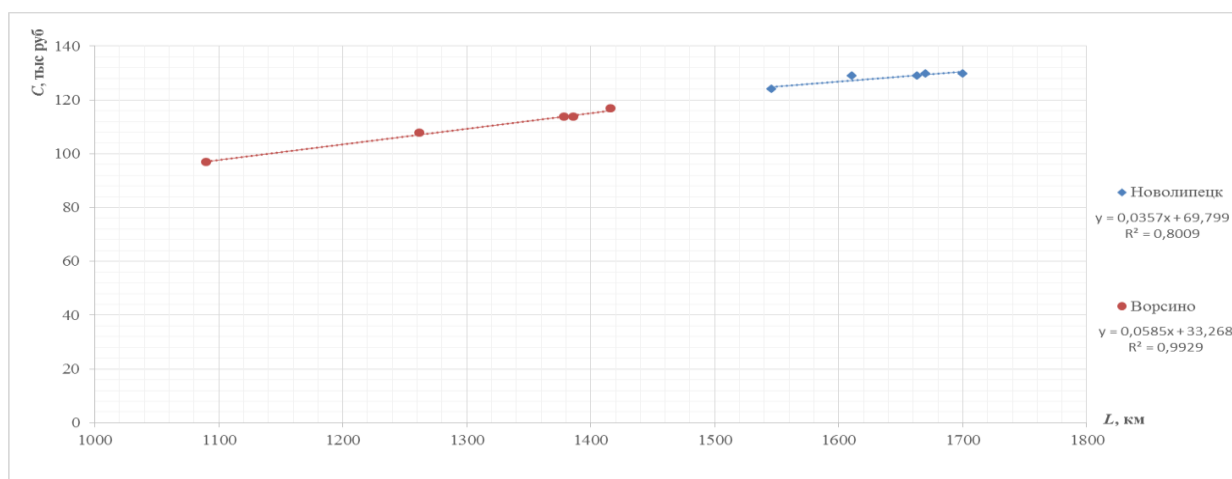


Рисунок 4.13 – Графическое описание зависимости стоимости транспортировки от погрузочных станций Ворсино (2) и Новолипецк (1)

Аналитические выражения зависимости стоимости перевозки вагона *c* (тыс. руб.) от длины маршрута *l* (км) приведены в таблице 4.12 для каждой из погрузочных станций. Они были получены путем обработки числовых данных из таблицы 4.11 методом наименьших квадратов (приложение 4, таблицы П4.8–П4.9).

Таблица 4.12 – Выражения стоимости грузовых перевозок
для станций погрузки

Новолипецк	Ворсино	Череповец-1	Ревда
$c = 69,79 + 0,03l$	$c = 33,26 + 0,05l$	$c = 29,81 + 0,06l$	$c = 90 + 0,03l$

Обратим внимание на различные значения коэффициентов при длине маршрута l (см. таблицу 4.12). Это означает, что стоимость перевозки между станциями погрузки проявляется не только в коэффициентах, связанных с затратами на начально-конечными операции, но также в расходах, связанных с движением операциями. Это показывает неполноту (в пределах компании-оператора) единых регуляторов транспортных расходов для рассматриваемого региона.

В соответствии с разработанной в диссертации моделью формируется ГЕМ рынка грузовых перевозок. В этом случае все маршруты считаются прямолинейными. Следовательно, длина маршрутов – евклидовы расстояния между станциями, где расположены вагоны, и станциями выгрузки. Аналитические выражения транспортных расходов, представленных в таблице 4.12, позволяют создать модель олигополистического рынка в регионе для операторской компании (АО «ПГК»). Станции погрузки можно рассматривать как участников олигополии, среди которых реализуется один из видов внутрифирменной конкуренции. Это можно рассматривать как неантагонистическое соперничество между станциями, где расположены вагоны, чтобы максимально эффективно использовать ресурсы компании.

Чтобы сформулировать задачу на плоской географической карте рассматриваемого региона железной дороги, примем декартову систему координат с началом координат в точке местоположения станции Новолипецк (указанная станция является базой для группы компаний НЛМК). Ось абсцисс расположена в направлении с запада на восток, а ось ординат – с юга на север.

Критерием для определения «территорий влияния» станций погрузки будет стоимость транспортировки грузов с этих станций в пункты назначения (порты).

Для каждой станции граница ее «территории влияния» является объединением некоторых частей овалов Декарта. На рисунке 4.14 показаны два фрагмента изображения олигополистического рынка, образованного четырьмя станциями погрузки, относящихся к станциям Ворсино и Череповец-1.

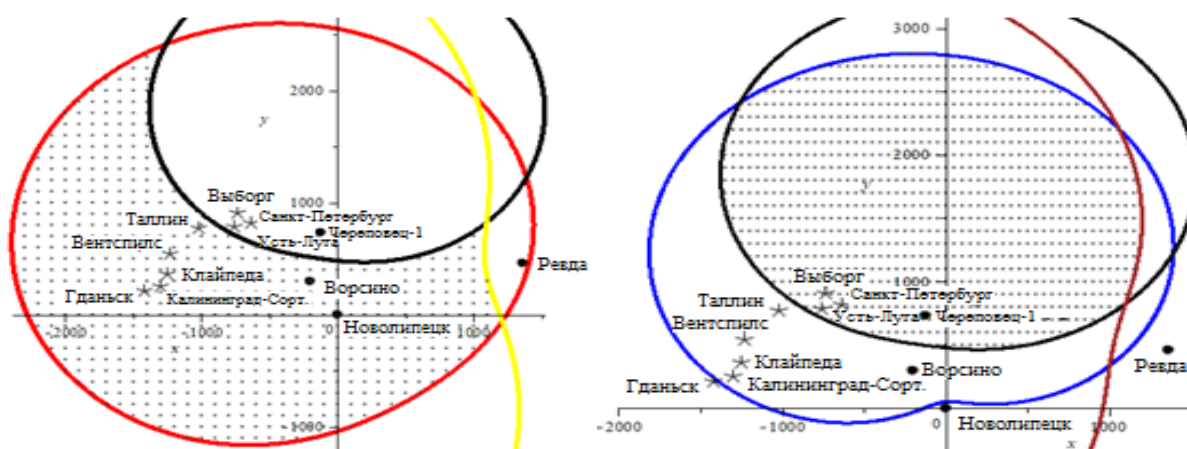


Рисунок 4.14 – «Территории влияния» станций Ворсино и Череповец-1 в ГЕМ

Полная территориальная картина для четырех станций погрузки описывается $C_4^2 = 6$ кривыми (приложение 4, рисунок П4.5). Изображение всех таких кривых на одном рисунке трудно для визуального восприятия. Поэтому на рисунке 4.15 показана территориальная картина олигополистического рынка, которая представляет собой комбинацию фрагментов вышеупомянутых видов, относящихся к рассматриваемым станциям погрузки.

В частности, оказывается, что ни одна из отмеченных «звездочками» припортовых железнодорожных станций не может быть найдена в «зоне влияния» станций Новоліпецк и Ревда («территории влияния» станций показаны в приложении 4, рисунки П4.6–П4.7). При таких расходах на перевозку грузов эти станции уступают коммерчески двум другим станциям (Ворсино, Череповец-1) для портов, расположенных на юго-восточном побережье Балтий-

ского моря. Небольшие средние транспортные расходы позволяют им быть более конкурентоспособными для перевозки грузов на большие расстояния.

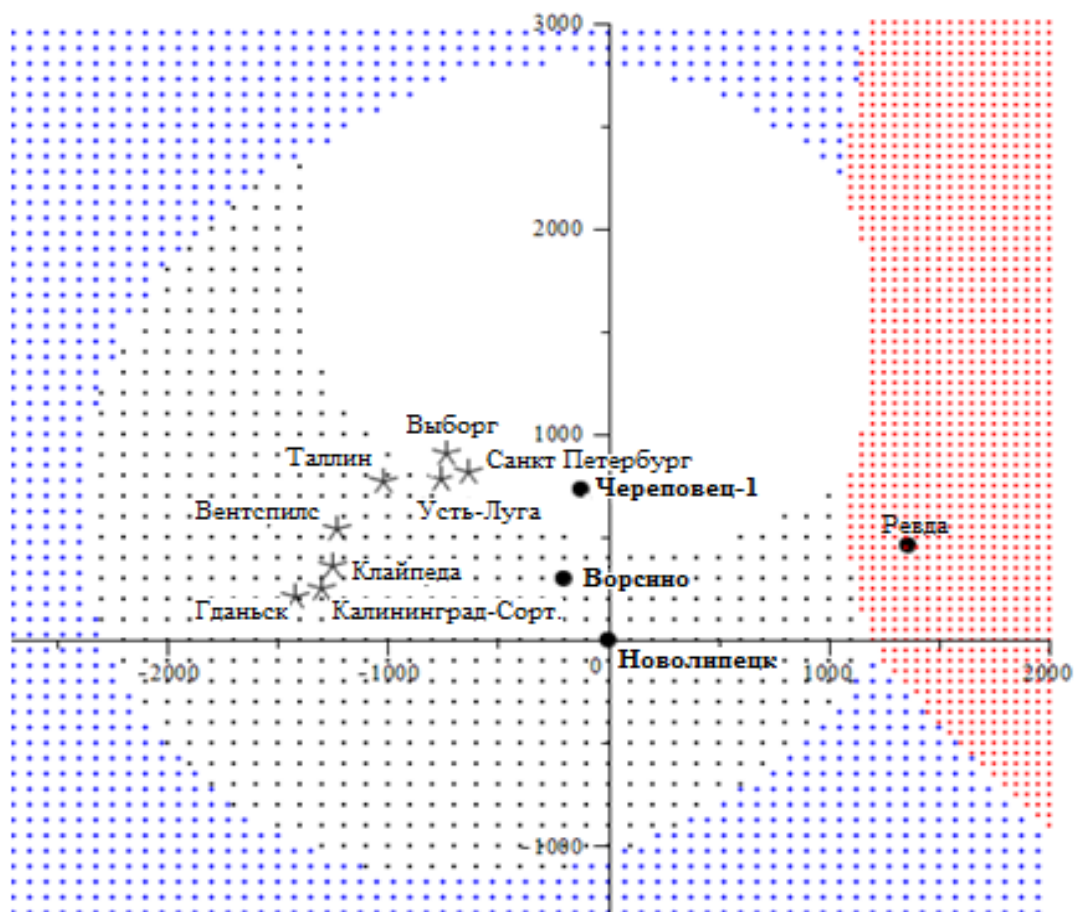


Рисунок 4.15 – Геометрическая евклидова модель рынка олигополистического рынка на примере грузовых перевозок АО «ПГК»

4.3 Стратегические программы развития припортовых ТТС юга России

В соответствии с [132] Генеральной схемой развития сети железных дорог ОАО «РЖД» и Долгосрочной программой развития ОАО «РЖД» до 2025 года предусматривается повышение провозных способностей со снижением потребности в капиталоемких мероприятиях за счет роста эффективности перевозочного процесса и внедрения современных принципов процессного управления. Предложены концепция «Бережливой транспортной системы» и проект «Цифровая железная дорога», основанные на цифровых технологиях, направленных на повышение пропускной и провозной способности,

включающих разработку безлюдных и малообслуживаемых технологий, взаимоувязанных планов формирования поездов, предложений по улучшению технологического взаимодействия станций и участков железных дорог.

Для успешной реализации предусмотренных мероприятий по модернизации, ускоренной ликвидации «узких мест», и развитию железнодорожного транспорта необходимым условием является достаточность инвестиционных ресурсов, для чего необходимо принятие на государственном уровне следующих решений: переход к регуляторному (сетевому) контракту, увязанному с проведением долгосрочной тарифной политики; применение облигаций для финансирования инфраструктурных проектов; поддержка комплексных инвестиционных проектов; расширение границ ценового коридора для перевозки транзитных грузов; формирование целевой модели рынка, упорядочение работы операторов, конкуренция перевозчиков «за маршрут»; уравнивание условий доступа к инфраструктуре; концессионный подход к реализации инфраструктурных проектов, в первую очередь – ВСМ; приведение законодательной и нормативно-правовой базы к современным условиям работы железнодорожного транспорта.

По консервативному варианту [132] погрузка грузов на железнодорожном транспорте в 2030 г. прогнозируется в объеме 1786,2 млн т с ростом (к уровню 2012 г.) в 1,4 раза. Грузооборот железнодорожного транспорта общего пользования прогнозируется в объеме 3050 млрд т-км, без учета пробега вагонов иных собственников в порожнем состоянии, с ростом (к уровню 2012 г.) в 1,4 раза, пассажирооборот вырастет в 1,4 раза и превысит 202,5 млрд пасс.-км.

По инновационному варианту [132] прогноза погрузка к 2030 г. возрастет в 1,6 раза и достигнет 2010 млн т. Грузооборот в 2030 г. возрастет по сравнению с 2012 г. в 1,5 раза и составит 3300 млрд т-км, пассажирооборот – в 1,8 раза и превысит 261 млрд пасс.-км. Также прогнозируется значительное увеличение объемов перевозок грузов на железнодорожных направлениях,

обеспечивающих доставку грузов в морские порты страны из регионов зарождения грузопотоков.

Интенсивное развитие портовых мощностей на юге страны при развитии национальной экономики и увеличении объемов международной торговли России приведет к росту объемов грузовых железнодорожных перевозок на подходах к Северному Кавказу в два раза, также прогнозируются существенный прирост объемов пассажирских перевозок в дальнем следовании из-за назначения большого количества летних поездов и организации движения высокоскоростных поездов на направлении «Центр – Юг».

В области грузовых перевозок создается конкурентный рынок оперирования подвижным составом, контейнерами и формируются организационно-правовые и технологические условия, необходимые для упорядочения взаимоотношений между операторами подвижного состава, перевозчиками и грузоотправителями, что обеспечит стабильное функционирование железнодорожного транспорта в условиях множественности операторов и ликвидации инвентарного вагонного парка.

Предполагается, что ряд крупных компаний-операторов будут составлять ядро операторского рынка, формировать заказ на подвижной состав нового поколения, обеспечивать обновление подвижного состава с целью недопущения дефицита погрузочных ресурсов на рынке. В перспективе возрастет значение участков и направлений СКЖД, включенных в перспективный полигон обращения поездов повышенного веса и длины для перевозки угля, нефти, руды и металла (Кузбасс – Челябинск – Сызрань – порты Азово-Черноморского бассейна). Ожидается, что доля общего грузооборота рассматриваемых направлений возрастет к 2030 г. до 50 %.

Специфической особенностью промышленности Южного и Северо-Кавказского округов, в отличие от среднероссийской, является более высокий удельный вес обрабатывающих производств (в том числе пищевых), что связано с аграрной специализацией большинства регионов (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Прогноз развития перевозок по номенклатурам грузов
в регионах обслуживания дороги до 2025 года

Номенклатурные группы грузов	Прогноз объемов перевозок (млн т в год)				
	2017	2018	2019	2020	2025
Каменный уголь	11,4	11,3	11,5	11,5	12,5
Нефть и нефтепродукты	20,6	21,0	21,0	22,0	24,0
Черные металлы	2,0	2,7	2,0	2,0	2,3
Минерально-строительные грузы	22,0	23,5	26,5	26,8	26,9
Минеральные удобрения	2,3	2,5	2,6	2,7	2,7
Хлебные грузы	7,3	7,4	6,8	6,5	6,8
Прочие	5,5	5,5	5,8	5,9	7,3
Итого	71,1	73,9	76,2	78,7	82,5

В Северо-Кавказском экономическом регионе планируется увеличение грузопотоков в зоне действия припортовых станций погрузки-выгрузки (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Перспективное увеличение грузопотоков СКЭР [128]

Станция погрузки	Род груза	Предприятия (текущее положение и рост объемов)	Операторы (прогноз)
1	2	3	4
Лихая (*Зверевская, **Божковская)	Каменный уголь	ООО «ЮжТранс» (2,6 млн т) со строительством шахт «Садкинская – Северная», «Садкинская – Восточная № 2» с ростом объема перевозок до 5 млн т в год; АО «ШУ Обуховская» (1,8 млн т) – рост объемов до 2,5 млн т* ОАО «Донуголь» (0,55 млн т) – до 3 млн т**	АО «ФГК»
	Щебень	ООО «Обуховский щебзавод» (1,1 млн т); ООО «Донской камень» (1,73 млн т); ООО «Апанасовское» (0,32 млн т); АО «Карбонат» (0,31 млн т); ООО «Рускальк» (0,82 млн т) – рост до 0,2 млн т	
	Цемент	ЗАО «Углегорск-цемент» с ростом до 0,3 млн т	АО «ЛГК»
Камено-ломни	Нефтепродукты	ООО «Новошахтинский нефтеперерабатывающий завод» (1,2 млн т) – с ростом объема перевозок до 0,5 млн т	АО «ЛГК»
	Щебень	ООО «Сулинский щебеночный завод» (0,75 млн т) со строительством «Красносулинского металлургического комбината» на территории Красносулинского района Ростовской области – рост объемов 0,5 млн т	АО «ФГК»

1	2	3	4
Ростовский узел (Ростов-Товарный, Заречная, Кизитеринка и др.)	Зерновые грузы / Продукты питания	ЗАО «Донмаслопродукт» (0,05 млн т); ООО «Золотая семечка» (0,06 млн т), со строительством сахарного завода (новое предприятие – рост объемов перевозок 0, 1 млн т)	ЗАО «Русагро-транс», ООО «Рустранском» АО «НПК», ООО «Транс-гарант»
Краснодарский узел (Краснодар-Сортировочный), (*Грушевая, *Тихорецкая)	Нефтепродукты	ООО «Афипский НПЗ» (5,7 млн т) – рост 1,5 млн т; АО «Краснодарэконнефть» (2,4 млн т) – +0,7 млн т*; ООО «Ильский НПЗ» (2,4 млн т) – +1,5 млн т*	ООО «Трансойл», АО «Нефте-ТрансСервис»
Тимашевская	Нефтепродукты	ООО Славянск – ЭКО» (1,9 млн т) – +0,5 млн т	АО «ЛГК», ООО «СРВ-Транс»
Крымская	Черные металлы	ООО «Абинский ЭМЗ» (0,05 млн т) – рост объемов до 0,3 млн т	АО «ФГК»
Новорос-сийск	Цемент	ОАО «Новоросцемент» (2,11 млн т) – +1 млн т; ОАО «Верхнебаканский цементный завод» (1,14 млн т) со строительством Новороссийского цементного завода «Горный» (новый завод – +1,5 млн т)	АО «НПК», АО «ЛГК»
Белоречен-ская	Минераль-ный удобре-ния	ООО «Еврохим БМУ» (410 тыс. т) – +3 тыс. т	АО «ЛГК»
Минераль-ные воды	Черные ме-таллы	ООО «СтавСталь» (новое предприятие) – дополнительный объем перевозок – 0,1 млн т	АО «ФГК», АО «НПК»
	Строитель-ные грузы	ООО «Хенкель Баутехник» – увеличение объемов до 0,1 млн т	
Буденновск	Химикаты и сода (поли-этилен)	ООО «Ставролен» (341,3 тыс. т) – рост до 1,1 млн т	ООО «Транс-гарант», АО «СГ-Транс»
Ставрополь (* ст. Палагиа-да)	Строитель-ные грузы/автомобили	Красногвардейский стекольный завод (перезапуск производства) – объем перевозок до 0,1 млн т. Строительство автомобильного завода ООО Автомобильная компания «Ставрополь Авто» – рост объема перевозок до 0,3 млн т*	ООО «Транс-гарант», АО «НПК», АО «СГ-Транс»
Махачкала	Строитель-ные грузы	Создание индустриально-строительного комплекса – объем перевозок до 0,3 млн т	АО «ФГК», ПАО «Транс-Контейнер»
Грозный	Цемент	Строительство цементного завода – объем перевозок до 2 млн т	АО «ФГК»

Большой потенциал находится на территории республик Северного Кавказа. Северо-Кавказский федеральный округ имеет благоприятные условия для развития агропромышленного комплекса, туризма, электроэнергетики, добывающих и обрабатывающих секторов промышленности, а также выполняет транзитные функции. На протяжении многих лет средства федерального бюджета направлялись в основном на поддержание социальной сферы. В федеральной целевой программе «Юг России» (2014–2020 гг.) и в государственной программе «Развитие Северо-Кавказского федерального округа» на период до 2025 г. предусмотрены мероприятия для обеспечения условий опережающего развития реального сектора экономики в субъектах Федерации. Кроме развития аграрного и промышленного сектора экономики, в республиках активно ведется строительство туристско-рекреационных комплексов и всесезонных высокогорных курортов, что способствует росту потребности в строительных материалах и организации перевозок грузов видами транспорта.

4.4 Оценка экономической эффективности функционирования компании – оператора подвижного состава

На рынке транспортных услуг работа операторской компании строится на основе договоров с клиентами на предмет предоставления вагонов под погрузку и перевозку груза на станции. Договором клиент поручает, а компания-оператор обязуется за вознаграждение, указанное в договоре, осуществлять комплексное транспортное обслуживание заказчика в соответствии с перечнем определенных услуг, а заказчик обязуется принять и оплатить надлежащим образом оказанные услуги в соответствии с договором [85, 143].

На основе разработанного метода экономико-географического распределения вагонопотоков и научно-методического комплекса построения экономико-географической модели «разделения транспортного рынка» подвижного состава на полигоне припортовой ж. д. основным показателем является полный оборот вагона и оборот порожнего вагона, который определяется по

формуле $\theta_{\text{пор}} = \frac{1}{24} \left(\frac{l_{\text{пор}}}{v_{\text{уч}}} + \frac{l_{\text{пор}}}{L_{\text{техн}}} \cdot t_{\text{техн}} + k_{\text{м}}'' \cdot t_{\text{гр}} \cdot \gamma \right)$, где $l_{\text{пор}}$ – среднее расстояние пробега порожнего вагона; γ – доля времени нахождения вагона в порожнем состоянии под одной грузовой операцией; $k_{\text{м}}''$ – коэффициент местной работы порожних вагонов, определяемый делением суммы погрузки и выгрузки на работу порожних вагонов.

Так как на припортовой железной дороге порожних вагонов обычно больше, чем груженых, то необходимы мероприятия по их накоплению (например, станция Сосыка-Ейская) и ускоренному выводу маршрутными поездами (через Краснодар-Сортировочный) на соседнюю, Приволжскую железную дорогу. В случае форс-мажорных обстоятельств возможна отставка порожних вагонов на крупных железнодорожных предприятиях (ППЖТ) с заключением договоров на отстой и охрану (в среднем за вагон 100 руб/сут).

В данном случае имеет место упущенная прибыль из-за вывода вагонов из сервисов компаний-операторов подвижного состава, которая складывается из:

1) упущенной прибыли ж.-д. перевозчиков $\Pi_{\text{у}}^{\text{жд}} = \Delta N \cdot n_{\text{р}} \cdot T_{\text{жд}}$, руб., где ΔN – недостаток вагонов всего, ваг.; $n_{\text{р}}$ – количество рейсов в месяц; $T_{\text{жд}}$ – ж.-д. тарифы за перевозку вагонов, руб.;

2) возможной упущенной прибыли транзитных терминалов $\Pi_{\text{у}}^{\text{терм}} = \Delta N \cdot n_{\text{р}} \cdot T_{\text{терм}}$, руб., где ΔN – недостаток вагонов всего, ваг.; $n_{\text{р}}$ – количество рейсов в месяц; $T_{\text{терм}}$ – стоимость терминальных услуг, руб.;

3) упущенной прибыли оператора сервиса за весь период ожидания вагонов $\Pi_{\text{у}}^{\text{ожсерв}} = \Delta N \cdot n_{\text{р}} \cdot \Pi^{\text{серв}}$, руб., где ΔN – недостаток вагонов всего, ваг.; $n_{\text{р}}$ – количество рейсов в месяц; $\Pi^{\text{серв}}$ – прибыль оператора;

4) упущенной прибыли оператора подвижного состава $\Pi_{\text{у}}^{\text{опс}} = \Delta N \cdot (t_{\text{нк}} + t_{\text{дв}}^{\text{гр}} + t_{\text{дв}}^{\text{пор}}) \cdot T_{\text{собств}}$, руб., где ΔN – количество выведенных вагонов,

ваг.; $t_{нк}$ – время на начально-конечные операции, сут.; $t_{дв}^{гр}$ – время нахождения вагона в движении – грузный рейс, сут.; $t_{дв}^{пор}$ – время нахождения вагона в движении – порожний рейс, сут.; $T_{собств}$ – ставка собственника подвижного состава, руб.

В случае сокращения времени оборота грузового вагона возможно получение прибыли компании-оператора за счет предоставления под погрузку дополнительных вагонов ΔN с доходностью $D_{ваг}$, руб/ваг, и учетом прогнозируемой индексации железнодорожного тарифа на $K_{инд}$, % [131].

Тогда выручка составит $D = \Delta N \cdot D_{ваг}$, руб.

В настоящее время при осуществлении железнодорожных перевозок существует ряд проблемных вопросов: это и нехватка подвижного состава, и затруднения в маневровой работе по причине большого количества собственников подвижного состава, и несвоевременная подача-уборка вагонов с пути необщего пользования.

В целях совершенствования технологического процесса, минимизации издержек и увеличения объемов перевозок следует переходить на полное обеспечение клиента парком полувагонов операторской компании, заключать договоры комплексного транспортного обслуживания по оформлению перевозочных документов и диспетчеризации грузного и порожнего рейсов вагонов. При этом компания-оператор выполняет функции грузоотправителя по оформлению заявок на перевозку грузов, оформлению перевозочных документов на груз, контролю ведения учетных карточек выполнения принятых заявок, контролю и проверке правильности списания штрафов и сборов, подписанию памяток приемосдатчика на подачу-уборку вагонов, оформлению уведомлений о завершении грузовых операций. Компания-оператор также может оказывать следующие услуги: расстановка и закрепление вагонов по фронтам погрузки; осмотр и подготовка вагонов под погрузку в коммерческом отношении; организация маневровой работы; организация погрузочной работы.

Прогнозируемый экономический эффект от внедрения в действие данных мероприятий заключается в увеличении объемов среднемесячной погрузки, а также получении дополнительной среднемесячной суммы вознаграждения.

Таблица 4.15 – Расчёт объема работы по видам оказываемых услуг

№	Вид оказываемых услуг	Исполнитель	Объем работы в день
1	Запрос на подачу ГУ-12 для дальнейшего ввода в ЭТРАН, ввод формы ГУ-12, корректировка заявок формы ГУ-12	Ведущий менеджер	30 мин
2	Заведение сводного заказа в АССБ	Ведущий менеджер	30 мин
3	Раскредитование документов на порожний вагон	Ведущий менеджер	5 мин на накладную
4	Подача вагона	Ведущий менеджер	5 мин на 1 заезд
5	После погрузки передача данных о вводе заготовок на груженный рейс.	Ведущий менеджер	
6	Ввод заготовок на груженный рейс	Ведущий менеджер	30 мин
7	Ежесуточное ведение карточек ГУ-12 и их контроль	Ведущий менеджер	5 мин на 1 учетную карточку
8	Согласование ГУ-12 ТЦФТО, взаимодействие с работниками ТЦФТО по своевременному согласованию заявок формы ГУ-12	Начальник отдела	30 мин
9	Отправление груженных вагонов	Диспетчер	5 мин на накладную
10	Подготовка отчетного материала	Начальник отдела	30 мин
11	Взаимодействие с ТЦФТО по своевременной заадресовке порожних полувагонов, согласно среднесуточной погрузке	Диспетчер	60 мин
12	Взаимодействие с АФТО ТЦФТО по своевременному оформлению порожних полувагонов	Диспетчер	120 мин
13	Диспетчерское сопровождение	Диспетчер	120 мин

Например, при среднемесячной погрузке 1000 вагонов экономия провозной платы при следовании вагонов отправительскими маршрутами составит 8,19 %. Среднемесячная сумма вознаграждения составит 2 447 620 руб. Пример расчета приведен в приложении 4.

4.5 Эффективность развития методов распределения

вагонопотоков припортовой ТТС на основе экономико-географического подхода (на примере Ростовского филиала АО «ФГК», АО «ПГК» и филиала ПАО «ТрансКонтейнер» на СКЖД)

Результаты распределения припортовых вагонопотоков в конкурентных условиях на принципах экономико-географической маршрутизации сведены в таблицу 4.16.

Таблица 4.16 – Результаты распределения припортовых вагонопотоков на принципах экономико-географической маршрутизации

№ пп.	Показатели	Компания-оператор	Результаты	
			Плановые	Прогнозируемые
1	Сокращение времени оборота вагона (порожний рейс), сут.	АО «ФГК»	5,0	4,5
		АО «ПГК»:		
		– СКЭР	4,8	4,4
		– Балтийский регион	4,2	3,9
		ПАО «ТрансКонтейнер»	4,4	4,2
2	Сокращение времени оборота вагона (общий рейс), сут.	АО «ФГК»	10,6	10,1
		АО «ПГК»:		
		– СКЭР	9,9	9,37
		– Балтийский регион	9,86	9,49
		ПАО «ТрансКонтейнер»	9,8	9,18
3	Улучшение показателей использования вагонного парка (производительность вагона), ткм нетто	АО «ФГК»	34 425	32 850 (+4,5 %)
		АО «ПГК»:		
		– СКЭР	34 500	34 914 (+1,2 %)
		– Балтийский регион	36 660	37 036 (+1,1 %)
		ПАО «ТрансКонтейнер»	32 550	32 844 (+0,9 %)

Сокращение времени оборота вагона (порожний рейс), плановые:

$$\vartheta_{\text{пор}}^{\text{ФГК}} = 1/24 \cdot (440/33 + 440/95 \cdot 21,3 + 0,45 \cdot 22,4 \cdot 0,8) = 5 \text{ сут.};$$

$$\vartheta_{\text{пор}}^{\text{ПГК(СКЭР)}} = 1/24 \cdot (435/35 + 435/95 \cdot 20,6 + 0,48 \cdot 23,5 \cdot 0,75) = 4,8 \text{ сут.};$$

$$\vartheta_{\text{пор}}^{\text{ПГК(Балт.рег)}} = 1/24 \cdot (445/37 + 445/100 \cdot 18,5 + 0,42 \cdot 19,5 \cdot 0,8) = 4,2 \text{ сут.};$$

$$\vartheta_{\text{пор}}^{\text{ТрансКонтейнер}} = 1/24 \cdot (450/38 + 450/95 \cdot 18,7 + 0,5 \cdot 15,2 \cdot 0,7) = 4,4 \text{ сут.}$$

Сокращение времени оборота вагона (порожний рейс), прогнозируемые:

$$\vartheta_{\text{пор}}^{\text{ФГК}} = 1/24 \cdot (405/34 + 405/95 \cdot 20,4 + 0,45 \cdot 22,4 \cdot 0,8) = 4,5 \text{ сут.};$$

$$\vartheta_{\text{пор}}^{\text{ПГК(СКЭР)}} = 1/24 \cdot (426/37 + 426/95 \cdot 19,1 + 0,48 \cdot 23,5 \cdot 0,75) = 4,4 \text{ сут.};$$

$$\vartheta_{\text{пор}}^{\text{ПГК(Балт.рег)}} = 1/24 \cdot (437/38 + 437/100 \cdot 17,3 + 0,42 \cdot 19,5 \cdot 0,8) = 3,9 \text{ сут.};$$

$$\vartheta_{\text{пор}}^{\text{ТрансКонтейнер}} = 1/24 \cdot (438/39 + 438/95 \cdot 18,3 + 0,5 \cdot 15,2 \cdot 0,7) = 4,2 \text{ сут.}$$

Сокращение времени оборота вагона (общий рейс), плановые:

$$\vartheta^{\text{ФГК}} = 1/24 \cdot (765/33 + 765/95 \cdot 27,3 + 0,45 \cdot 25,9) = 10,6 \text{ сут.};$$

$$\vartheta^{\text{ПГК(СКЭР)}} = 1/24 \cdot (750/35 + 750/95 \cdot 25,9 + 0,48 \cdot 24,4) = 9,9 \text{ сут.};$$

$$\vartheta^{\text{ПГК(Балт.рег)}} = 1/24 \cdot (780/37 + 780/100 \cdot 26,4 + 0,42 \cdot 23,2) = 9,86 \text{ сут.};$$

$$\vartheta^{\text{ТрансКонтейнер}} = 1/24 \cdot (775/38 + 775/95 \cdot 24,8 + 0,5 \cdot 21,9) = 9,74 \text{ сут.}$$

Сокращение времени оборота вагона (общий рейс), прогнозируемые:

$$\vartheta^{\text{ФГК}} = 1/24 \cdot (745/34 + 745/95 \cdot 26,5 + 0,45 \cdot 25,9) = 10,1 \text{ сут.};$$

$$\vartheta^{\text{ПГК(СКЭР)}} = 1/24 \cdot (741/36 + 741/95 \cdot 24,7 + 0,48 \cdot 24,4) = 9,37 \text{ сут.};$$

$$\vartheta^{\text{ПГК(Балт.рег)}} = 1/24 \cdot (772/38 + 772/100 \cdot 25,6 + 0,42 \cdot 23,2) = 9,49 \text{ сут.};$$

$$\vartheta^{\text{ТрансКонтейнер}} = 1/24 \cdot (768/39 + 768/95 \cdot 23,4 + 0,5 \cdot 21,9) = 9,16 \text{ сут.}$$

Улучшение показателей использования вагонного парка (производительность вагона – $\omega_{\text{в}} = P_{\text{дн}}^{\text{р}} \cdot S_{\text{в}}$, где $P_{\text{дн}}^{\text{р}}$ – динамическая нагрузка рабочего вагона, т нетто; $S_{\text{в}}$ – среднесуточный пробег, км), плановые:

$$\omega_{\text{в}}^{\text{ФГК}} = 45 \cdot 765 = 34425 \text{ ткм нетто};$$

$$\omega_{\text{в}}^{\text{ПГК(СКЭР)}} = 46 \cdot 750 = 34500 \text{ ткм нетто};$$

$$\omega_{\text{в}}^{\text{ПГК(Балт.рег)}} = 47 \cdot 780 = 36660 \text{ ткм нетто};$$

$$\omega_{\text{В}}^{\text{ТрансКонтейнер}} = 42 \cdot 775 = 32550 \text{ ткм нетто.}$$

Улучшение показателей использования вагонного парка (производительность вагона), прогнозируемые:

$$\omega_{\text{В}}^{\text{ФГК}} = 45 \cdot 800 = 36000 \text{ ткм нетто (+4,5 \%);}$$

$$\omega_{\text{В}}^{\text{ПГК(СКЭР)}} = 46 \cdot 759 = 34914 \text{ ткм нетто (+1,2 \%);}$$

$$\omega_{\text{В}}^{\text{ПГК(Балт.рег)}} = 47 \cdot 788 = 37036 \text{ ткм нетто (+1,1 \%);}$$

$$\omega_{\text{В}}^{\text{ТрансКонтейнер}} = 42 \cdot 782 = 32844 \text{ ткм нетто (+0,9 \%).$$

4.6 Выводы по главе

Разработанная система распределения вагонопотоков операторской компании в конкурентных условиях основывается на применении экономико-географической модели разграничения дислокации подвижного состава, а также на классических моделях олиго(дуо)польного взаимодействия субъектов на рынке транспортных услуг (модель Курно, модель дуополистического рынка Штакельберга, модель дуополии Бертрана, модель дуополии Эджуорта).

Рассмотрена система распределения вагонопотоков операторских компаний на принципах экономико-географической маршрутизации на примерах транспортной системы Балтийского бассейна в рамках деятельности АО «ПГК», западной части СКЭР в рамках деятельности филиала ПАО «ТрансКонтейнер» на СКЖД, южной части СКЭР в рамках деятельности АО «ПГК», западной части СКЭР в рамках деятельности АО «ФГК».

В конкретных примерах деятельности операторских компаний показаны линии, которые разграничивают «территории влияния» станций погрузки. Полученная таким образом геометрическая евклидова модель является основой для построения маршрутизационной модели рынка грузовых перевозок. На основе комплексной оценки инфраструктуры и использования разработанного авторского Java-комплекса исследованы возможные способы рационального распределения припортовых железнодорожных грузовых потоков. Исходя из того,

что основной целью деятельности операторов является получение прибыли, данный метод позволяет компаниям определять не только конкурентоспособную цену на определенных направлениях перевозок (тем самым варьировать «территории влияния» станций, предприятий грузовладельцев и др. места зарождения и погашения грузо- и вагонопотоков), но и в целом политику компании на рынке транспортных услуг.

Для выбора направлений развития экспортно-импортных региональных железнодорожных перевозок проведен анализ развития перевозок по номенклатурам грузов в регионах обслуживания СКЖД до 2025 года. В перспективе возрастает значение участков и направлений СКЖД, включенных в перспективный полигон обращения поездов повышенного веса и длины.

Проанализирован планируемый рост грузопотоков в зоне действия припортовых станций погрузки-выгрузки в СКЭР.

Рассмотрены экономические потери из-за вывода вагонов из сервисов компаний-операторов подвижного состава.

Определена экономическая эффективность распределения вагонопотоков на принципах экономико-географической маршрутизации, связанная с сокращением времени оборота вагона на 0,2–0,5 сут., что составляет от 29,3 до 190,9 млн руб. в зависимости от объемов работы компании.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований получены научно обоснованные рекомендации по рациональному распределению вагонопотоков в региональной припортовой транспортно-технологической системе:

1 Исследованы порожние и груженые вагонопотоки на полигоне СКЖД в адрес припортовых станций и портов Азово-Черноморского бассейна с учетом международных транспортных коридоров, пролегающих по территории СКЭР. Приведена классификация транспортных коридоров, определены перспективы развития перевозок ТТС юга России.

2 Рассмотрены операторские компании, работающие на полигоне СКЖД, представлены их классификационные признаки. Определены проблемные вопросы в инфраструктурно - технологическом взаимодействии грузоперевозчиков в припортовой транспортной системе, что подтверждает необходимость повышения эффективности управления железнодорожными перевозками. Сформирована сводная диаграмма транспортно-технологических решений по повышению клиентоориентированности и конкурентоспособности компании-оператора. Таким образом, наблюдается зависимость системы организации припортовой ТТС от структуры рынка операторских компаний, динамики грузовой базы и системы организации вагонопотоков.

3 Исследованы отечественные и зарубежные методы и модели, формализующие конфигурацию транспортной сети с ее пропускными и перерабатывающими способностями, экономические (рыночные) механизмы регулирования показателей работы операторских компаний. Выбраны в качестве перспективных модели, учитывающие конкуренцию в теории принятия управленческих решений, для развития методов распределения вагонопотоков.

4 Развита методика распределения порожних вагонопотоков припортовых ТТС в конкурентных условиях на принципах экономико-географической модели, дающей территориальную картину рационального разграничения ва-

гонопотоков. С этой целью разработана геометрическая евклидова модель полигона дороги – ГЕМ, геометрическая маршрутизационная модель (ГММ) и процедура очерчивания «территорий влияния» станций погрузки-выгрузки кривыми 2-го и 4-го порядков.

5 Для оценки рыночного уровня транспортного производства операторской компании приняты следующие факторы: количество вагонного парка в управлении; количество вагонного парка в собственности; производительность 1 вагона рабочего парка; возраст подвижного состава; объем погрузки; доход на 1 вагон. Рассчитана эффективность работы основных компаний-операторов на полигоне СКЖД с применением модифицированной интегральной функции, значения которой составили от 0,3 до 0,59.

6 Для оценки степени транспортной эффективности ж.-д. участков полигона припортовой дороги в сфере работы операторской компании разработан коэффициент транспортной эффективности (КТЭ участка), значения которого составили 0,39–0,59 для однопутных участков, 0,6–0,79 для двухпутных участков, 0,8–0,98 для двухпутных и многопутных участков со значительными размерами движения.

7 Разработаны алгоритм и программный комплекс оценки эффективности распределения подвижного состава операторской компании на полигоне припортовой железной дороги в конкурентных условиях на основе программной платформы Java с применением технологии JavaFX.

8 Выполнена апробация распределения вагонопотоков на примере транспортной системы Балтийского бассейна в рамках деятельности АО «ПГК», на примере западной части СКЭР в рамках деятельности филиала ПАО «ТрансКонтейнер» на СКЖД, на примере южной части СКЭР в рамках деятельности АО «ПГК», на примере западной части СКЭР в рамках деятельности АО «ФГК». Определена экономическая эффективность распределения вагонопотоков на принципах экономико-географической маршрутизации, связанная с сокращением времени оборота вагона на 0,2–0,5 сут., что

составляет от 29,3 до 190,9 млн руб. в зависимости от объемов работы компании.

В качестве рекомендаций по результатам выполненного исследования следует указать:

1 Перспективы дальнейшей разработки темы диссертационной работы связаны с развитием методологии эффективного распределения видов подвижного состава операторских компаний на системных принципах, объединяющих конфигурацию транспортной сети с ее пропускными и перерабатывающими способностями, экономическими механизмами регулировки, модели конкуренций и теории принятия управленческих решений.

2 Метод распределения вагонопотоков припортовой ТТС на основе экономико-географической модели, возможно использовать для распределения подвижных единиц других видов наземного транспорта, что требует обработки большого объема информации. Для взаимодействующих видов транспорта следует сформировать электронную базу данных схем полигонов и их показателей с целью создания программного комплекса оценки эффективности распределения подвижного состава.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Аблязов, К.А. Управление операциями в портах с использованием системы массового обслуживания / К.А. Аблязов, Г.Л. Козенкова, Л.И. Алимова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2009. – № 8. – С. 46–49.

2 Акулиничев, В.М. Математические методы в эксплуатации железных дорог : учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, А.П. Корешков. – М. : Транспорт, 1981. – 223 с.

3 Александров, А.Э. Применение системы имитационного моделирования для расчета рациональной технической структуры и технологии промышленных транспортных систем / А.Э. Александров, П.А. Новиков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2008. – № 3. – С. 76–80.

4 Александров, А.Э. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей (теоретические основы, методология) : дис. ... д-ра техн. наук / Александров Александр Эрнстович. – Екатеринбург, 2008. – 285 с.

5 Апатцев, В.И. Логистические транспортно-грузовые системы : учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.И. Апатцев, С.Б. Левин, В.М. Николашин [и др.]. – М. : Изд. центр «Академия», 2003. – 304 с.

6 Багинова, В.В. Логистические методы и технологии организации функционирования сухих портов/ В.В. Багинова, А.И. Николаева // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2011. – № 1. – С. 49–58.

7 Багинова, В.В. Теоретико-концептуальные основы организации региональной транспортной системы (на примере республики Бурятия) : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Багинова Вера Владимировна. – М : МИИТ, 2004. – 48 с.

8 Багинова, В.В. Методика оценки организационной структуры оперативного управления вагонопотоками на путях необщего пользования / В.В.

Багинова, А.Н. Рахмангулов, П.Н. Мишкурин // Транспорт: наука, техника, управление. – 2012. – № 2. – С. 19–22.

9 Балалаев, А.С. Имитационное моделирование работы припортовой железнодорожной станции с вероятностно-статистическим подходом к изменению параметров поступающего вагонопотока / А.С. Балалаев, Р.Г. Король // Транспорт Урала. – 2014. – № 3(42). – С. 53–57.

10 Балалаев, А.С. Имитационное моделирование системы «железнодорожная станция – морской порт» на примере Владивостокского транспортного узла / А.С. Балалаев, Р.Г. Король // Вестник ГУ морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2014. – № 5 – С. 92–101.

11 Балалаев, А.С. Логистика взаимодействия железнодорожного и морского транспорта при внешнеторговых перевозках / А.С. Балалаев, П.В. Куренков // Логистика сегодня. – 2010. – № 4. – С. 204–214.

12 Балалаев, А.С. Методология транспортно-логистического взаимодействия при мультимодальных перевозках : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Балалаев Александр Сергеевич. – Хабаровск, 2010. – 48 с.

13 Балалаев, А.С. Пути повышения эффективности взаимодействия железнодорожного и морского транспорта / А.С. Балалаев, П.В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2010. – № 10. – С. 72–83.

14 Батурич, А.П. Теория выбора оптимального развития технического оснащения сети железных дорог : дис. ... д-ра техн. наук / Батурич Александр Павлович. – М. : МИИТ, 2000. – 336 с.

15 Баушев, А.Н. Математическая модель многофазных железнодорожных грузоперевозок / А.Н. Баушев, А.Т. Осмишин, Л.А. Осмишин // Математическое моделирование. – 2013. – Т. 25, № 10. – С. 108–122.

16 Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гуревич. – М. : Статистика, 1980. – 264 с.

17 Блинов, Ю.Ф. Методы математического моделирования : учеб. пособие. Ч. 1 / Ю.Ф. Блинов, В.В. Иванцов. – Таганрог : ТТИ ЮФУ, 2012. – 130 с.

18 Богачев, В.А. Использование информационных технологий при изучении математических дисциплин. Комплексный анализ. Теория операторов. Математическое моделирование / В.А. Богачев, Т.В. Богачев. – Владикавказ : Изд-во ВНЦ РАН, 2006.

19 Богачев, В.А. Системы аналитических вычислений при изучении рынков сбыта в условиях олигополии / В.А. Богачев, Т.В. Богачев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 2. – С. 112–116.

20 Богачев, В.А. Классические алгебраические кривые четвертого порядка, возникающие в маркетинговых исследованиях / В.А. Богачев, Т.В. Богачев // Исследования по дифференциальным уравнениям и математическому моделированию : сб. – Владикавказ, 2009. – С. 26–30.

21 Бородин, А.Ф. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учетом увеличения доли частных вагонов / А.Ф. Бородин, Е.А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 3. – С. 8–19.

22 Бородин, А.Ф. Комплексная система организации эксплуатационной работы железнодорожных направлений : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Бородин Андрей Федорович ; ВНИИ железнодорожного транспорта. – М., 2000. – 50 с.

23 Бочарова, А.А. Система управления вагонными парками разных собственников / А.А. Бочарова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2011. – № 9. – С. 50–51.

24 Бродецкий, Г.Л. Системный анализ в логистике: выбор в условиях неопределенности : учебник / Г.Л. Бродецкий. – М. : Изд. центр «Академия», 2010. – 336 с.

25 Войченко, Т.О. Организация взаимодействия железнодорожного и водного транспорта при смешанной перевозке грузов / Т.О. Войченко // Водный транспорт. – 2013. – № 1(16). – С. 58–63.

26 Гаджинский, А.М. Логистика : учебник / А.М. Гаджинский. – 20-е изд. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. – 484 с.

27 Гайнанов, Д.Н. Моделирование грузовых железнодорожных перевозок методами теории графов и комбинаторной оптимизации / Д.Н. Гайнанов, А.В. Коныгин, В.А. Рассказова // Автоматика и телемеханика. – 2016. – № 11. – С. 60–79.

28 Галкина, Ю.Е. Оценка перерабатывающей способности грузового фронта методом имитационного моделирования / Ю.Е. Галкина, Е.К. Ковалёв, В.С. Тимченко // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 1(49). – С. 54–58.

29 Гасников, А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков : учеб. пособие / А.В. Гасников (ред.). – М. : Изд-во МФТИ, 2013. – 427 с.

30 Гершвальд, А.С. Распределение порожних вагонов между станциями отстоя / А.С. Гершвальд, Л.В. Куныгина // Наука и техника транспорта. – М. : РГОТУПС, 2011. – № 2. – С. 41–46.

31 Говорухин, В.Н. Введение в Maple / В.Н. Говорухин, В.Г. Цибулин. // Математический пакет для всех. – М. : Мир, 1997. – 208 с.

32 Горбунов, А.А. Компании-операторы и предприятия железнодорожного комплекса: моделирование взаимодействия управленческих ресурсов : дис. ... канд. техн. наук / Горбунов Антон Александрович. – М. : МИИТ, 2004. – 168 с.

33 Горев, А.Э. Основы теории транспортных систем : учеб. пособие / А.Э. Горев. – СПб. : СПбГАСУ, 2010. – 214 с.

34 Громов, И.Д. Моделирование взаимоотношений хозяйствующих субъектов элементарной организационной сети с разделенными интересами / И.Д. Громов, В.М. Сай // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – № 3. – С. 199–208.

35 Группа компаний Rail Garant [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.railgarant.ru> (дата обращения 15.09.2018).

36 Дегтярев, В.Г. Многокритериальное управление вагонами на железнодорожном транспорте / В.Г. Дегтярев, В.А. Ходаковский // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2016 – № 3(7). – С. 14–20.

37 Дегтярев, В. Г. Управление вагонами различных компаний и различных типов методами транспортной задачи / В.Г. Дегтярев, В.А. Ходаковский // Проблемы математической и естественнонаучной подготовки в инженерном образовании : сб. тр. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – С. 91–96.

38 Доенин, В.В. Динамическая логистика транспортных процессов / В.В. Доенин. – М. : Компания «Спутник», 2010. – 246 с.

39 Доклад первого заместителя начальника службы перевозок Октябрьской ж. д. Н.П. Шипулина на сетевой школе в г. Новороссийске. 12–14 сентября 2006 г.

40 Единый сетевой технологический процесс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docplayer.ru/35225030-Edinyy-setevoy-tehnologicheskiiy-process-zheleznodorozhnyh-gruzovyh-perevozok.html> (дата обращения 21.09.2018).

41 Елисеев, С.Ю. Анализ факторов, влияющих на качество использования вагонов / С.Ю. Елисеев, А.А. Шатохин // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2015. – № 1. – С. 88–92.

42 Елисеев, С.Ю. Построение и оптимизация функционирования международных транспортно-логистических систем : моногр. / С.Ю. Елисеев. – М. : ВИНТИ РАН, 2006. – 242 с.

43 Елисеев, С.Ю. Концепция управления грузовыми перевозками в транспортных узлах с применением логистических центров / С.Ю. Елисеев // Вестник транспорта. – 2006. – № 3. – С. 9–14.

44 Елисеев, С.Ю. Регулирование парка порожних вагонов стран СНГ и Балтии / С.Ю. Елисеев, Н.В. Сугробов, П.В. Куренков // Транспорт: наука, техника, управление. – 2004. – № 11. – С. 16–18.

45 Еловой, И.А. Современные тенденции рынка железнодорожных грузовых перевозок : моногр. / И.А. Еловой, В.В. Ясинский, М.М. Колос. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 210 с.

46 Еловой, И.А. Эффективность логистических транспортно-технологических систем (теория и методы расчета) : моногр. / И.А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2000. – 290 с.

47 Железнов, Д.В. Методология усиления провозной способности железных дорог России в условиях реформы отрасли : дис. ... д-ра техн. наук / Железнов Дмитрий Валерианович. – М. : МИИТ, 2014. – 324 с.

48 Железнов, Д.В. Создание специализированных для массового отстоя и подготовки вагонов станций как основной путь повышения качества эксплуатационной работы полигонов в условиях обращения избыточного парка и ограничений пропускной способности / Д.В. Железнов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2012. – № 3. – С. 78–86.

49 Железные дороги мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.zdmira.com> (дата обращения 17.05.2018).

50 Задорожний, В.М. Актуальные вопросы управления порожними вагонопотоками припортовых транспортно-технологических систем / В.М. Задорожний // Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2015) : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – СПб. : ПГУПС, 2015. – С. 78–85.

51 Задорожний, В.М. Анализ системы управления порожними вагонопотоками в современных условиях / В.М. Задорожний // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 4(33). – С. 42–51.

52 Задорожний, В.М. Методы анализа и оценки рынка оперирования подвижным составом (на примере юга России) / В.М. Задорожний // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. ст. – Гомель : БелГУТ, 2017. – С. 95–102.

53 Задорожний, В.М. Методы распределения грузопотоков в условиях конкуренции видов транспорта / В.М. Задорожний // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 2(27). – С. 44–49.

54 Задорожний, В.М. Модель распределения вагонопотоков операторской компании в транспортных узлах в условиях олигополии / В.М. Задорожний // Транспортные системы: тенденции развития : тр. Междунар. науч.-практ. конф. – М. : МИИТ, 2016. – С. 383–386.

55 Задорожний, В.М. Организация управления порожними вагонопотоками на полигоне операторской компании / В.М. Задорожний // Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса юга России : тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию РГУПС. Ч. 3. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВПО РГУПС, 2015. – С. 38–41.

56 Задорожний, В.М. Транспортно-технологические процессы операторской компании в организации мультимодальных перевозок / В.М. Задорожний // Транспорт-2015 : тр. Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Технические и экономические науки. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВПО РГУПС, 2015. – С. 97–100.

57 Задорожний, В.М. Экономико-географическое моделирование территориального рынка припортовых грузовых перевозок / В.М. Задорожний, В.В. Хан // Современное развитие науки и техники : сб. науч. тр. Всерос. нац. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВО РГУПС, 2017. – С. 130–133.

58 Задорожний, В.М. Программный научный комплекс управления припортовыми вагонопотоками / В.М. Задорожний, Т.В. Богачев, Ю.В. Давыдов, Г.Д. Дагльдиян // Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей: сб. науч. тр. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВО РГУПС, 2018. – С. 259–261.

59 Задорожний, В.М. Разработка программного комплекса рационального распределения вагонопотоков на полигоне припортовой железной дороги / В.М. Задорожний // Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей : сб. науч. тр. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВО РГУПС, 2017. – С. 115–118.

60 Задорожний, В.М. Системы аналитических вычислений в решении задачи распределения операторского подвижного состава на припортовых грузовых станциях / В.М. Задорожний, В.А. Богачев, Т.В. Богачев // Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей : сб. науч. тр. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВО РГУПС, 2018. – С. 256–258.

61 Задорожний, В.М. Анализ степени использования подвижного состава операторских компаний на полигоне Северо-Кавказской железной дороги / В.М. Задорожний // Современные аспекты транспортной логистики : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2014. – С. 127–132.

62 Задорожний, В.М. Методы повышения экономической эффективности грузоперевозок региональной операторской компании / В.М. Задорожний // Транспорт: наука, образование, производство : сб. науч. тр. Т. 1. Технические и экономические науки. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВО РГУПС, 2018. – С. 20–23.

63 Задорожний, В.М. Организация работы операторских компаний в системе южнопортовых транспортных коридоров / В.М. Задорожний // Современные концепции научных исследований : сб. науч. раб. – М., 2014. – С. 142–146.

64 Задорожний, В.М. Формирование программного научного комплекса распределения вагонопотоков в припортовой транспортно-технологической системе / В.М. Задорожний // Транспорт: наука, образование, производство : сб. науч. тр. Т. 1. Технические науки. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВО РГУПС, 2017. – С. 33–36.

65 Задорожний, В.М. Роль операторских компаний в продвижении мультимодального грузопотока основных транспортных коридоров юга России / В.М. Задорожний // Транспорт-2014 : тр. Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. Технические и экономические науки. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВПО РГУПС, 2014. – С. 33–36.

66 Зубков, В.Н. Развитие взаимодействия железных дорог Юго-Западного полигона в целях обеспечения норм выгрузки экспортных грузов в портах Азово-Черноморского бассейна / В.Н. Зубков, А.Г. Черняев, А.А. Гордиенко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 3(71). – С. 134–141.

67 Зубков, В.Н. Развитие системы регулирования парка порожних вагонов на сети железных дорог России / В.Н. Зубков, Е.А. Ерофеева // Наука,

образование, общество: актуальные вопросы и перспективы развития : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. В 3 ч. Ч. 1. – М. : АР-Консалт, 2015. – С. 30–36.

68 Инвестиционная программа «Программа совершенствования работы и развития сортировочных станций на период 2016–2025 гг.».

69 Институт проблем естественных монополий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ipem.ru> (дата обращения 24.05.2018).

70 Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» – М. : ТЕХИНФОРМ, 2007. – 527 с.

71 Интрилигатор, М. Математические методы оптимизации и экономическая теория / М. Интрилигатор ; пер. с англ. Г.И. Жуковой, Ф.Я. Кельмана. – М. : Айрис-пресс, 2002. – 576 с.

72 Иншакова, Е.И. Совершенствование таможенной инфраструктуры международных транспортных коридоров на юге России / Е.И. Иншакова // Вестник ВолГУ. – Волгоград, 2006. – № 10. – С. 139–144.

73 Кобзев, С.А. О резервах производственных мощностей в условиях множественности операторов подвижного состава / С.А. Кобзев, В.А. Шаров // Железнодорожный транспорт. – 2013. – № 8. – С. 16–22.

74 Козлов, П.А. Системные исследования – новый подход / П.А. Козлов // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 1. – С. 46–50.

75 Козлов, П.А. Оценка инфраструктурных транспортных проектов методом моделирования / П.А. Козлов, Э.А. Александров // Транспорт Российской Федерации. – 2006. – № 5. – С. 43–46.

76 Козлов, П.А. Метод оптимизации структуры транспортной системы / П.А. Козлов, И.П. Владимирская // Мир транспорта. – 2009. – Т. 26, № 2. – С. 84–87.

77 Козлов, П.А. Имитационная экспертиза проектов развития транспортной инфраструктуры / П.А. Козлов, А.С. Мишарин // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 4. – С. 52–54.

78 Козлов, П.А. Макромоделирование транспортных узлов / П.А. Козлов, Н.А. Тушин, В.Ю. Пермикин, И.Г. Слободянюк // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 10. – С. 38–40.

79 Крыньский, Х.Э. Математика для экономистов / Х.Э. Крыньский. – М. : Статистика, 1970. – 580 с.

80 Куклев, Д.Н. О продвижении транзитных поездов через железнодорожные узлы с точки зрения системного подхода / Д.Н. Куклев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 5. – С. 239–241.

81 Куклев, Д.Н. Математическое описание процесса пропуска транзитных поездов через железнодорожный узел при наличии обхода / Д.Н. Куклев, Н.В. Куклева // Инновации и инвестиции. – 2014. – № 7. – С. 111–114.

82 Куренков, П.В. Инфраструктура железных дорог России и регулирование вагонных парков / П.В. Куренков, Ф.И. Хусаинов // Экономика железных дорог. – 2013. – № 9. – С. 35–48.

83 Куренков, П.В. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении. Экономика. Логистика. Управление / П.В. Куренков, А.Ф. Котляренко. – Самара : СамГАПС, 2002. – 634 с.

84 Куренков, П.В. Развитие рынка транспортных услуг компаний-операторов в Европе / П.В. Куренков, А.В. Кузнецов, С.А. Филиппченко // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 12. – С. 67–68.

85 Куренков, П.В. Экономическая оценка потерь ОАО «РЖД» в результате «бросания» и неприёма поездов портами / П.В. Куренков, И.В. Серяпова // Бюллетень транспортной информации. – 2016. – № 4. – С. 16–21.

86 Куренков, П.В. Экономика и логистика управления вагонными парками компаний-операторов : моногр. / П.В. Куренков, Д.С. Бельницкий, А.Ф. Котляренко, А.С. Левченко, Т.М. Тарасова. – Самара : СамГУПС, 2009. – 176 с.

87 Куренков, П.В. Классификация операторских компаний / П.В. Куренков, Д.С. Бельницкий, А.Ф. Котляренко, А.Б. Калатинская // Бюллетень транспортной информации. – 2007. – № 9. – С. 14–19.

88 Леонов, А.А. Организация рационального распределения грузопотоков в железнодорожном транспортном узле : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Леонов Андрей Александрович. – М., 2002. – 24 с.

89 Леонтьев, Р.Г. Гипотетическая модель рынков грузовых вагонов и тяги / Р.Г. Леонтьев, Н.М. Стецюк // Транспорт, наука, техника, управление. – 2012. – № 2. – С. 9–13.

90 Линник, Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений / Ю.В. Линник. – М. : Физматгиз, 1958. – 336 с.

91 Лукинский, В.С. Использование методов и моделей теории массового обслуживания при анализе объектов логистической системы / В.С. Лукинский, Т.Г. Шульженко // Вестник ИНЖЭКОНа. – 2009. – № 6. – С. 215–226.

92 Маловецкая, Е.В. Новое в работе с порожним парком вагонов / Е.В. Маловецкая // Проблемы трансферта современных технологий в экономику Забайкалья и железнодорожный транспорт : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Чита : ЗаБИЖТ, 2011. – С. 140–144.

93 Мамаев, Э.А. Моделирование региональных транспортных систем в условиях конкуренции : дис. ... д-ра техн. наук / Мамаев Энвер Агапашаевич. – М., 2006. – 348 с.

94 Мамаев, Э.А. Как планировать парковый оптимум / Э.А. Мамаев, И.Н. Филатов // Мир транспорта. – 2009. – № 2. – С. 100–103.

95 Маслов, А.М. Техничко-технологические параметры функционирования грузовых станций железнодорожного транспорта в условиях стохастического характера вагонопотока : дис. ... канд. техн. наук / Маслов Александр Михайлович. – Екатеринбург, 2009. – 196 с.

96 Мишкурлов, П.Н. Динамическая оптимизация вагонопотоков : моногр. / П.Н. Мишкурлов, А.Н. Рахмангулов. – М. : РУСАЙНС, 2017. – 110 с.

97 Моисеев, Н.Н. Математические задачи системного анализа : учеб. пособие / Н.Н. Моисеев. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1981. – 488 с.

98 Нестеров, Е.П. Транспортные задачи линейного программирования / Е.П. Нестеров. – М. : Транспорт. 1971. – 216 с.

99 НефтеТрансСервис [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ntstrans.ru> (дата обращения 12.03.2018).

100 Новые грузовые коридоры в Германии // Железные дороги мира. – 2011. – № 12. – С. 14–16.

101 Озеров, А.В. Эволюция европейской системы управления движением поездов / А.В. Озеров // Железные дороги мира. – 2018. – № 3. – С. 64–73.

102 Остин, Ф. Железные дороги Великобритании: уроки организации и приватизации / Ф. Остин, О.Б. Иванов // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2013. – № 1. – С. 36–48.

103 Осьминин, А.Т. Рациональная организация вагонопотоков на основе методов многокритериальной оптимизации : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Осьминин Александр Трофимович. – Самара, 2000. – 48 с.

104 Осьминин, А.Т. Научный подход к расчету границ полигонов управления перевозочным процессом и реализации полигонных технологий / А.Т. Осьминин // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2017. – № 2. – С. 42–51.

105 ПАО «ТрансКонтейнер» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.trcont.ru/ru> (дата обращения 28.09.2017).

106 ПГК принимает участие в транспортном форуме «ЮГ-Транс-2014» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://myrailway.ru/news/pgk-prinimaet-uchastie-v-transportnom-forume-yugtrans-2014> (дата обращения 08.09.2018).

107 Первая грузовая компания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.pgkweb.ru> (дата обращения 15.06.2016).

108 Персианов, В.А. Системный подход и его применение в экономических исследованиях на транспорте / В.А. Персианов, Т.Н. Сакульева // Вестник транспорта. – 2014. – № 9. – С. 2–3.

109 Персианов, В.А. Моделирование транспортных систем / В.А. Персианов, К.Ю. Скалов, Н.С. Усков. – М. : Транспорт, 1972. – 208 с.

110 Петров, М.Б. Методология организации региональной транспортной системы : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Петров Михаил Борисович. – М. : МИИТ, 2004. – 48 с.

111 Подиновский, В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М. : Наука, 1982. – 256 с.

112 Попов, Э.В. Экспертные системы / Э.В. Попов. – М. : Наука, 1987. – 283 с.

113 Порошина, Л.А. Проблемы организации железнодорожно-морских перевозок на Дальнем Востоке / Л.А. Порошина, Е.Н. Каменева-Любавская // Ученые заметки ТОГУ. – 2014. – Т. 5, № 4. – С. 1040–1044.

114 Поттхофф, Г. Учение о транспортных потоках : пер. с нем. / Г. Поттхофф. – М. : Транспорт, 1975. – 344 с.

115 Правдин, Н.В. Основы взаимодействия видов транспорта (примеры и расчёты) / Н.В. Правдин, В.Я. Негрей, В.А. Подкопаев ; под ред. Н.В. Правдина. – М. : Транспорт, 1989. – 208 с.

116 Прейскурант № 10-01 «Тарифы на перевозки грузов и услуги инфраструктуры, выполняемые российскими железными дорогами» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru%3Fid%3D6188%26layer_id%3D5104%26STRUCTURE_ID (дата обращения 24.06.2017).

117 Приходько, В.М. Моделирование интермодальных перевозок грузов на основе управляемых сетей / В.М. Приходько, С.Н. Сатышев, П.Г. Трегубов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2014. – № 3(38). – С. 45–49.

118 Проектирование грузовых станций : учеб. пособие / О.Н. Числов, Д.С. Безусов, В.М. Задорожний, В.В. Хан ; ФГБОУ ВПО РГУПС. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д, 2014. – 68 с.

119 Прокофьева, Т.А. Логистические центры в транспортной системе России : учеб. пособие / Т.А. Прокофьева, В.И. Сергеев. – М. : Изд. дом «Экономическая газета», 2012. – 522 с.

120 Пугачев, И.Н. Особенности формирования транспортных коридоров России / И.Н. Пугачев, Ю.И. Куликов // Современные аспекты транспортной логистики : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2014. – С. 52–57.

121 Рахимов, К.Р. Необходимость и проблемы организации вагонопотоков на сети дорог в современных условиях / К.Р. Рахимов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – № 3(32). – С. 66–73.

122 Рахмангулов, А.Н. Железнодорожные транспортно-технологические системы: организация функционирования : моногр. / А.Н. Рахмангулов, О.А. Копылова, П.Н. Мишкuroв // Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова. – Магнитогорск, 2014. – 300 с.

123 Русагротранс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.rusagrotrans.ru> (дата обращения 15.06.2016).

124 Рыбин, П.К. К вопросу целесообразности корректировки прогноза объемов вагонопотоков, поступающих в адрес морского порта, в условиях неустойчивой экономической ситуации / П.К. Рыбин, А.А. Кузменков // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2011. – № 1. – С. 130–136.

125 Сай, В.М. Образование, функционирование и распад организационных сетей : моногр. / В.М. Сай, С.В. Сизый. – Екатеринбург : УрГУПС, 2011. – 270 с.

126 Сай, В.М. Планетарные структуры управления на железнодорожном транспорте : моногр. / В.М. Сай. – М. : ВИНТИ РАН, 2003. – 345 с.

127 Сафронов, Э.А. Транспортные системы городов и регионов : учеб. пособие / Э.А. Сафронов. – М. : Изд-во АСВ, 2007. – 288 с.

128 Северо-Кавказская железная дорога [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://skzdservice.ru/page/4> (дата обращения 26.08.2018).

129 Сизый, С.В. Формирование и визуализация интегральной оценки взаимодействия узлов мультиоператорных организационных сетей / С.В. Сизый, В.К. Фомин // Транспорт Урала. – 2009. – № 4(23). – С. 16–20.

130 Сипаро, К.А. Прогнозирование грузовой базы морского транспорта как элемент перспективного планирования развития отрасли : дис. ... канд. техн. наук / Сипаро Константин Алексеевич. – М., 2017. – 127 с

131 Смехова, Н.Г. Себестоимость железнодорожных перевозок : учебник для вузов ж.-д. транспорта / Н.Г. Смехова, А.И. Купоров, Ю.Н. Кожевников [и др.] ; под ред. Н.Г. Смеховой, А.И. Купорова. – М. : Маршрут, 2003. – 494 с.

132 Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года : [утв. Распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р] [Электронный ресурс] // Официальный сайт Министерства транспорта Российской Федерации. – Режим доступа : <https://www.mintrans.ru/documents/1/1010>.

133 Стратегия развития морской портовой инфраструктуры на период до 2030 г. : [одобрена на совещании членов Морской коллегии при Правительстве Российской Федерации 28 сентября 2012 г.] [Электронный ресурс]. – М., 2013. – Режим доступа : <http://www.rosmorport.ru/media/File/strategy.pdf>

134 Стрижов, В.В. Методы индуктивного порождения регрессионных моделей / В.В. Стрижов. – М. : ВЦ РАН. 2008. – 55 с

135 Тарасевич, Л.С. Микроэкономика / Л.С. Тарасевич, П.И. Гребенников, А.И. Леусский. – 5-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт-Издат, 2012. – 654 с.

136 Таха, Х.А. Введение в исследование операций : пер. с англ. / Хемди А. Таха. – 7-е изд. – М. : Изд. дом «Вильяме», 2005. – 912 с.

137 Тезисы вступительного слова президента ОАО «РЖД» В.И. Якунина на международной научно-практической конференции «Взаимодействие ОАО «РЖД» с морскими портами и владельцами путей необщего пользования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://1prime.ru/Transport_communications/20111026/753426258.html (дата обращения 08.01.2018).

138 Технологический аутсорсинг, предложенный ОАО «РЖД», позволяет повысить эффективность использования подвижного состава и инфра-

структуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ru.railfgk.ru/mediacenter/media/23062014> (дата обращения 08.10.2015).

139 Титков, С.О. Перспективы развития операторских компаний в сфере железнодорожных грузовых перевозок / С.О. Титков, Е.А. Плисова, Ф.И. Хусаинов // Бюллетень транспортной информации. – 2005. – № 1. – С. 20–26.

140 Учебное пособие по языку Java. Ч. 1 / А.В. Гаврилов, О.А. Дегтярёва, И.А. Лёзин, И.В. Лёзина. – Самара : Изд-во СНЦ РАН, 2010. – 176 с.

141 ФГК и «РЖД» не будут продлевать договор об управлении порожними вагонами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://press.rzd.ru/smi/public/ru?STRUCTURE_ID=2&layer_id=5050&id=285342 (дата обращения 08.10.2015).

142 Федеральная грузовая компания [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ru.railfgk.ru> (дата обращения 18.09.2018).

143 Федорович, В.О. Экономическая эффективность грузовых перевозок: современные методы управления приватным вагонным парком (на примере АО «Федеральная грузовая компания») / В.О. Федорович // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2016. – № 2(34). – С. 225–239.

144 Филипченко, С.А. Влияние избыточности вагонного парка на качество работы железнодорожного транспорта / С.А. Филипченко, Г.В. Бубнова, П.В. Куренков // Финансовые результаты управления качеством транспортного обслуживания : сб. науч. тр. / под ред. Ю.И. Соколова, И.М. Лаврова. – М., 2017 – С. 75–81.

145 Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари ; пер. с англ. В.П. Козырева ; под ред. Г.П. Гаврилова. – Изд. 2-е. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 296 с.

146 Хейт, Ф. Математическая теория транспортных потоков / Ф. Хейт. – М. : Мир, 1966. – 288 с.

147 Хусаинов, Ф.И. Демонополизация железнодорожного транспорта и развитие системы операторских компаний : моногр. / Ф.И. Хусаинов. – Саратов, 2009. – 322 с.

148 Хусаинов, Ф.И. Экономические реформы на железнодорожном транспорте: моногр. / Ф.И. Хусаинов. – М. : Изд. дом «Наука», 2012. – 192 с.

149 Хусаинов, Ф.И. Развитие системы операторских компаний в условиях демонополизации железнодорожного транспорта : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Хусаинов Фарид Иосифович ; Сам. гос. акад. путей сообщ. – М., 2004. – 28 с.

150 Хусаинов, Ф.И. Экономические проблемы управления вагонными парками / Ф.И. Хусаинов // Экономика железных дорог. – 2010. – № 11. – С. 63–77.

151 Числов, О.Н. Методы прогрессивного распределения порожних вагонопотоков в припортовой транспортно-технологической системе / О.Н. Числов, В.А. Богачев, В.М. Задорожний, Т.В. Богачев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 4(60). – С. 92–103.

152 Числов, О.Н. Вариант моделирования транспортного рынка контейнерных перевозок / О.Н. Числов, В.М. Задорожний // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. – № 5. – С. 116–119.

153 Числов, О.Н. Железнодорожные узлы: схемные решения, транспортная работа и их оценка : моногр. / О.Н. Числов, В.В. Хан, В.М. Задорожний, Н.М. Магомедова ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2016. – 229 с.

154 Числов, О.Н. Комплексные методы рационального размещения элементов транспортно-технологических систем в железнодорожных узлах : моногр. / О.Н. Числов ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2009. – 294 с.

155 Числов, О.Н. Распределение вагонопотоков операторской компании в припортовых транспортных узлах методом экономико-географического разграничения / О.Н. Числов, В.А. Богачев, В.М. Задорожний, Т.В. Богачев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2016. – № 3(48). – С. 302–313.

156 Числов, О.Н. Вариант решения задачи об оптимизации распределения порожних вагонопотоков в припортовых транспортных системах / О.Н. Числов, В.А. Богачев, В.М. Задорожний, Т.В. Богачев // Современные проблемы проектирования, применения и безопасности информационных систем

: сб. тр. XVII Межрегион. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РИНХ, 2017. – С. 146–152.

157 Числов, О.Н. Экономико-географическая модель управления контейнерными перевозками в железнодорожной припортовой транспортно-технологической системе / О.Н. Числов, В.А. Богачев, В.М. Задорожний, Т.В. Богачев // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 4(36). – С. 12–22.

158 Числов, О.Н. Методы нормирования показателей подвижного состава операторской компании в направлении южно-российских портов / О.Н. Числов, В.М. Задорожний // Транспорт-2016 : тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : ФГБОУ ВО РГУПС, 2016. – С. 60–64.

159 Шагин, В.Л. Теория игр : учебник и практикум для академического бакалавриата / В.Л. Шагин. – М. : Юрайт, 2016. – 223 с.

160 Шагинян, С.Г. Факторы и механизм развития олигопольного взаимодействия операторов железнодорожного грузового подвижного состава : моногр. / С.Г. Шагинян, О.Г. Чачина. – М. : ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 167 с.

161 Шайков, С.В. Системный подход в организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте / С.В. Шайков // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2007. – № 3. – С. 177–180.

162 Шашков, В.Б. Прикладной регрессионный анализ. Многофакторная регрессия : учеб. пособие / В.Б. Шашков. – Оренбург : ГОУ ВПО ОГУ, 2003. – 363 с.

163 Шитов, А.В. Перспективное планирование потребности в парке грузовых вагонов железнодорожной компании : автореф. дис. ... канд. экон. наук / А.В. Шитов ; Моск. гос. ун-т путей сообщ. – М., 2006. – 24 с.

164 Шрамко, А.П. Системный анализ процессов взаимодействия транспорта в регионе и узлах при увеличении грузопотока / А.П. Шрамко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 1(53). – С. 100–107.

165 Эрлих, А.В. Оптимизация величины и структуры вагонного парка транспортной компании : дис. ... канд. техн. наук / Эрлих Антон Владимирович. – М. : РГОТУПС, 2006. – 159 с.

166 Dolinayova, A. Charging railway infrastructure models and their impact to competitiveness of railway transport problems / A. Dolinayova, J. Camaj, J. Kanis // *Transport Problems*. – 2017. – Vol. 1, No. 12. – P. 139–150.

167 Khurana, A.J. Multi-index fixed charge bi-criterion transshipment problem / A.J. Khurana // *OPSEARCH*. – 2013. – Vol. 50, No. 2. – P. 229–249.

168 LaLonde, B.J. Issues in Supply Chain Costing / B.J. LaLonde, T.L. Pohlen // *The International Journal of Logistics Management*. – 1996. – Vol. 7, No. 1. – P. 1–12. – Access mode : <https://doi.org/10.1108/09574099610805395>.

169 Chislov, O.N. Methods of managing the railway rolling stock of the operator's company on the principles of economic and geographical delimiting / O.N. Chislov, V.A. Bogachev, V.M. Zadorozhniy, T.V. Bogachev, O.I. Demchenko, V.V. Khan // *Transport Problems*. – 2018. – P. 793–798.

170 Chislov, O.N. Economic-geographical method delimiting wagon flows in the region considered: model and algorithm / O.N. Chislov, V.A. Bogachev, V.M. Zadorozhniy, T.V. Bogachev // *Transport Problems*. – 2018. – Vol. 14, No. 2. – P. 39–48.

171 Dinu, O. Inland waterway ports nodal attraction indices relevant in development strategies on regional level IOP Conference Series : Materials Science and Engineering / O. Dinu, S. Burciu, C. Oprea. – 2016. doi:10.1088/1757-899X/145/8/082008.

172 ETCS Руководство по применению (англ.) [Электронный ресурс] = ETCS Implementation Handbook [Electronic source]. – Париж : UIC, 2008. – Режим доступа : https://uic.org/cdrom/2011/05_ERTMS_training2011/docs/ETCS_handbookf.pdf.

173 Iannone, F. An economic logistics model for the multimodal inland distribution of maritime containers / F. Iannone, S. Thore // *International Journal of Transport Economics*. – 2010. – Vol. 37, No. 3. – P. 281–326. – Access mode : <https://www.jstor.org/stable/43740960>.

174 Combes, F. Inventory theory, mode choice and network structure in freight transport / F. Combes, L. Tavasszy // EJTIR. – 2016. – Vol. 16, No. 1. – P. 38–52.

175 Medeossi, G. A method for using stochastic blocking times to improve timetable planning / G. Medeossi, G. Longo, S. de Fabris // Journal of Rail Transport Planning & Management. – 2011. – Vol. 1, No. 1. – P. 1–13.

176 Gholami, O. Job-shop problems with objectives appropriate to train scheduling in a single-track railway / O. Ghokami, Y.N. Sotskov, F. Werner // SIMULTECH 2012 Proc. 2 Int. Conf. Simulat. Model. Methodolog. Technolog. Appl. – 2012. – P. 425–430.

177 Globaltrans – ведущий российский частный грузовой железнодорожный оператор [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.globaltrans.com/home> (дата обращения 13.09.2018).

178 Gooley, T.B. The Geography of Logistics / T.B. Gooley // Logistics Management and Distribution Report. – 1998 (January). – P. 63–65.

179 Harrison, R. International Trade, Transportation Corridors, and Inland Ports: Opportunities for Canada. Pacific-Asia Gateway and Corridor Research Consortium (ed.) [Electronic source] / R. Harrison. – Access mode : http://www.gateway-corridor.com/roundconfpapers/documents/Harrison_Robert_Winnipeg.pdf (date of access : 02.09.2018).

180 Higgins, C.D. An exploration of the freight village concept and its applicability to Ontario [Electronic source] / C.D. Higgins ; Ministry of Transportation of Ontario, Toronto. – Access mode : https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/18911/1/MITL_Freight_Villages_January.pdf (date of access : 03.09.2018).

181 Ottjes, J.A. Order Picking and Traffic Simulation in Distribution Centres / J.A. Ottjes, E. Hoogenes // International Journal of Physical Distribution & Materials Management. – 1988. – Vol. 18, No. 4. – P. 14–21.

182 Jeevan, J. The Challenges of Malaysian Dry Ports Development / J. Jeevan, S. Chen, E. Lee // *The Asian Journal of Shipping and Logistics*. – 2015. – No. 1(31). – P. 109–134.

183 Knoop, V. An Area-Aggregated Dynamic Traffic Simulation Model / V. Knoop & S. Hoogendoorn // *European Journal of Transport and Infrastructure Research*. – 2015. – No. 15(2). – P. 226–242.

184 Rahmanto, W.P. Kandangan dry port project: an option of solution for congestion: case of Lamong Bay Terminal (Surabaya, Indonesia) [Electronic source] / Wardhani Pudji Rahmanto // *World Maritime University Dissertations*. – 2016. – P. 76. – Access mode : http://commons.wmu.se/all_dissertations/528.

185 Rakhmangulov, A. Mathematical model of optimal empty rail car distribution at railway transport nodes / A. Rakhmangulov, A. Kolga, N. Osintsev, I. Stolpovskikh, A. Sladkowski // *Transport Problems*. – 2014. – Vol. 9. No. 3. – P. 125–132.

186 Richardson, H. L. Select the Best Port for Your Needs / H. L. Richardson // *Transportation & Distribution*. – 1991. – No. 32(10). – P. 79–81.

187 Robinson, A.E. Inland Ports and Supply Chain Management International Business Association's / A.E. Robinson // *Eighth Annual Conference: On Global Perspectives*. – Cancun, Mexico, 1999.

188 Shewhart, W. Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control / W. Shewhart. – N. Y. : Dover Publ., Inc., 1939 (reprint 1986). – 163 p.

189 Wang, X. Delimiting port hinterlands based on intermodal network flows: Model and algorithm / X. Wang, Q. Meng, L. Miao // *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. – 2016. – Vol. 88. – P. 32–51.

190 Zhang, Y. Z. Optimization Model of Transportation Product Selection for Railway Express Freight / Y.Z. Zhang, J.Q. Wang, Z.A. Hu // *Journal of Engineering Science and Technology Review*. – 2016. – No. 9(5). – P. 104–110.

191 Zimmer, R.N. Designing Intermodal Terminals for Efficiency / R.N. Zimmer // *Transportation Research Circular*. –1996 (July). – No. 459. – P. 99–109.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Основные определения и понятия

Припортовая ТТС – комплекс согласованных и взаимосвязанных технических, технологических, экономических, организационных и коммерческо-правовых решений (мероприятий), позволяющих с максимальным транспортно-логистическим эффектом и наименьшими трудовыми затратами обеспечить перевозки грузов на конкретных направлениях, с учетом выхода на другие виды транспорта от отправителя до получателя.

Интермодальные перевозки (ИП) – перевозки груза несколькими видами транспорта, где один из перевозчиков обязуется организовать всю перевозку груза (от двери до двери) из одного пункта отправления или порта через один или несколько пунктов в конечный пункт назначения. В зависимости от того, как распределена ответственность между включенными в такую перевозку перевозчиками, выдаются различные транспортные документы.

Мультимодальные перевозки (МП) – это перевозки, в которых перевозчик, организующий всю перевозку груза (от двери до двери), принимает на себя ответственность за всю перевозку груза в целом. В этом случае он может выдавать отправителю документ на мультимодальную перевозку, который покрывает весь путь следования груза.

Унимодальные перевозки – это перевозка груза одним видом транспорта с пере-загрузкой в пути следования (из одного автомобиля в другой, из одного поезда в другой, из одного самолета в другой) или без переагрузки. Их порой так и называют – одновидовые перевозки. Главная отличительная черта унимодальных перевозок заключается в том, что товар практически всегда доставляется по принципу «от двери до двери».

Региональная транспортно-технологическая система (РТТС) – это совокупность транспортных отраслей хозяйства, подвижного состава, региональных трудовых ресурсов, занятых на транспорте, обеспечивающих и взаимодействующих предприятий, в которых на основе системы взаимоувязанной технологии обеспечивается организация перевозки грузов (пассажиров) с минимальными народнохозяйственными издержками от пунктов отправления до пунктов назначения на основе соглашений (договоров) между отправителями, перевозчиками и получателями грузов.

Международный транспортный коридор (МТК) – часть национальной или международной транспортной системы, которая обеспечивает значительные международные грузовые и пассажирские перевозки между отдельными географическими районами и странами, включающая в себя подвижной состав и стационарные устройства всех видов транспорта, работающих на данном направлении, а также совокупность технологических, организационных и правовых условий осуществления этих перевозок.

Оператор железнодорожного подвижного состава – юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, имеющие вагоны, контейнеры на праве собственности или ином праве, участвующие на основе договора с перевозчиком в осуществлении перевозочного процесса с использованием указанных вагонов, контейнеров.

Таблица П1.1 – Анализ объёмов родов грузоперевозок и местах их зарождения на полигоне СКЖД

Станция отпра-вления СКЖД	Номенклатура груза	Объем перевозок, т	Процент от общего объёма перевозок
Афипская	Нефть и нефтепродукты	4 858 559	4,542
Лабинская	Строительные грузы	2 645 131	2,473
Тельная	Цемент	2 030 912	1,899
Тихорецкая	Нефть и нефтепродукты	1 823 901	1,705
Невинномысская	Химические и мин. Удобрения	1 671 493	1,563
Ильская	Нефть и нефтепродукты	1 644 182	1,537
Гуково	Каменный уголь	1 637 528	1,531
Краснодар 1	Нефть и нефтепродукты	1 624 808	1,519
Божковская	Строительные грузы	1 620 322	1,515
Грушевая	Нефть и нефтепродукты	1 385 717	1,296
Зверевская	Каменный уголь	1 258 401	1,176
Чапаевка-Ростовская	Каменный уголь	1 237 582	1,157
Белореченская	Строительные грузы	1 143 584	1,069
Курганная	Строительные грузы	1 070 410	1,001
Божковская	Каменный уголь	973 602	0,910
Абазинка	Цемент	906 853	0,848
Протока	Нефть и нефтепродукты	899 459	0,841
Быстрореченская	Строительные грузы	891 917	0,834
Новая жизнь	Нефть и нефтепродукты	847 246	0,792
Новороссийск	Цемент	840 131	0,785
Жирнов	Строительные грузы	759 852	0,710
Кизилюрт	Строительные грузы	75 5318	0,706
Сулин	Строительные грузы	649 104	0,607
Новороссийск-экс.	Сахар	611 975	0,572
Быстрореченская	Флюсы	572 015	0,535
Ипатово	Зерно	538 207	0,503
Каменоломни	Каменный уголь	517 820	0,484
Ханская	Строительные грузы	492 817	0,461
Репная	Строительные грузы	485 957	0,454
Несветай	Нефть и нефтепродукты	464 294	0,434
Таганрог	Черные металлы	410 652	0,384
Белореченская	Химические и мин. удобрения	389 603	0,364

Таблица П1.2 – Анализ объёмов перевозок со станций СКЖД в разрезе основных номенклатур грузов

Станция отправления СКЖД	Наименование груза	Объем перевозок, т	Процент от общего объёма перевозок данной номенклатуры грузов, %
1	2	3	4
ХЛЕБНЫЕ ГРУЗЫ			
Ипатово	Зерно	538 207	12,58
Изобильная	Зерно	319 337	7,46
Благодарное	Зерно	236 146	5,52
Гулькевичи	Зерно	228 333	5,34
Расшеватка	Зерно	227 860	5,32
Курганная	Зерно	207 606	4,85
Аполлонская	Зерно	151 245	3,53
Кубанская	Зерно	147 682	3,45
Дивное	Зерно	123 604	2,89
Армавир-Туапсинский	Зерно	123 318	2,88
РУДЫ ВСЯКИЕ			
Новороссийск-экс.	Руда цветная и серное сырье	49 561	39,76
Новороссийск-экс.	Руда железная и марганцевая	35 376	28,38
Шедок	Руда цветная и серное сырье	35 304	28,33
Самур-экс.	Руда железная и марганцевая	4136	3,32
УДОБРЕНИЯ			
Невинномысская	Химические и минеральные удобрения	1 671 493	79,47
Белореченская	Химические и минеральные удобрения	389 603	18,52
Скачки	Химические и минеральные удобрения	25 161	1,20
СТРОИТЕЛЬНЫЕ ГРУЗЫ			
Лабинская	Строительные грузы	2 645 131	14,32
Тельная	Цемент	2 030 912	10,99
Божковская	Строительные грузы	1 620 322	8,77
Белореченская	Строительные грузы	1 143 584	6,19
Курганная	Строительные грузы	1 070 410	5,79
Абазинка	Цемент	906 853	4,91
Быстрореченская	Строительные грузы	891 917	4,83
Новороссийск	Цемент	840 131	4,55
Жирнов	Строительные грузы	759 852	4,11
Кизилюрт	Строительные грузы	755 318	4,09
НЕФТЯНЫЕ ГРУЗЫ			
Афипская	Нефть и нефтепродукты	4 858 559	33,32

1	2	3	4
Тихорецкая	Нефть и нефтепродукты	1 823 901	12,51
Ильская	Нефть и нефтепродукты	1 644 182	11,27
Краснодар 1	Нефть и нефтепродукты	1 624 808	11,14
Грушевая	Нефть и нефтепродукты	1 385 717	9,50
Протока	Нефть и нефтепродукты	899 459	6,17
Новая жизнь	Нефть и нефтепродукты	847 246	5,81
Несветай	Нефть и нефтепродукты	464 294	3,18
Самур-эксп.	Нефть и нефтепродукты	229 943	1,58
Буденновск	Нефть и нефтепродукты	217 773	1,49
ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ			
Таганрог	Черные металлы	410 652	42,82
Горная	Черные металлы	282 703	29,48
Марцево	Черные металлы	36 056	3,76
Глубокая	Черные металлы	33 540	3,50
Заречная-экс.	Черные металлы	23 667	2,47
Зверевская	Черные металлы	20 136	2,10
Абинская	Черные металлы	17 924	1,87
Сосыка-ейск.	Черные металлы	12 348	1,29
Брюховецкая	Черные металлы	11 941	1,25
Тимашевская	Черные металлы	10 879	1,13
ЛЕСНЫЕ ГРУЗЫ			
Майкоп	Лесные грузы	2452	20,87
Азов-экспорт	Лесные грузы	1999	17,02
Краснодар-ср	Лесные грузы	1989	16,93
Апшеронская	Лесные грузы	1529	13,02
Заречная	Лесные грузы	1192	10,15
Владикавказ	Лесные грузы	499	4,25
Ростов-тов.	Лесные грузы	333	2,83
Скачки	Лесные грузы	333	2,83
Армавир-рост.	Лесные грузы	300	2,55
Титаровка	Лесные грузы	191	1,63
УГОЛЬ КАМЕННЫЙ			
Гуково	Каменный уголь	1 637 528	26,20
Зверевская	Каменный уголь	1 258 401	20,14
Чапаевка-Ростовская	Каменный уголь	1 237 582	19,80
Божковская	Каменный уголь	973 602	15,58
Каменоломни	Каменный уголь	517 820	8,29
Несветай	Каменный уголь	231 165	3,70
Успенская	Каменный уголь	137 943	2,21
Лихая	Каменный уголь	83 013	1,33

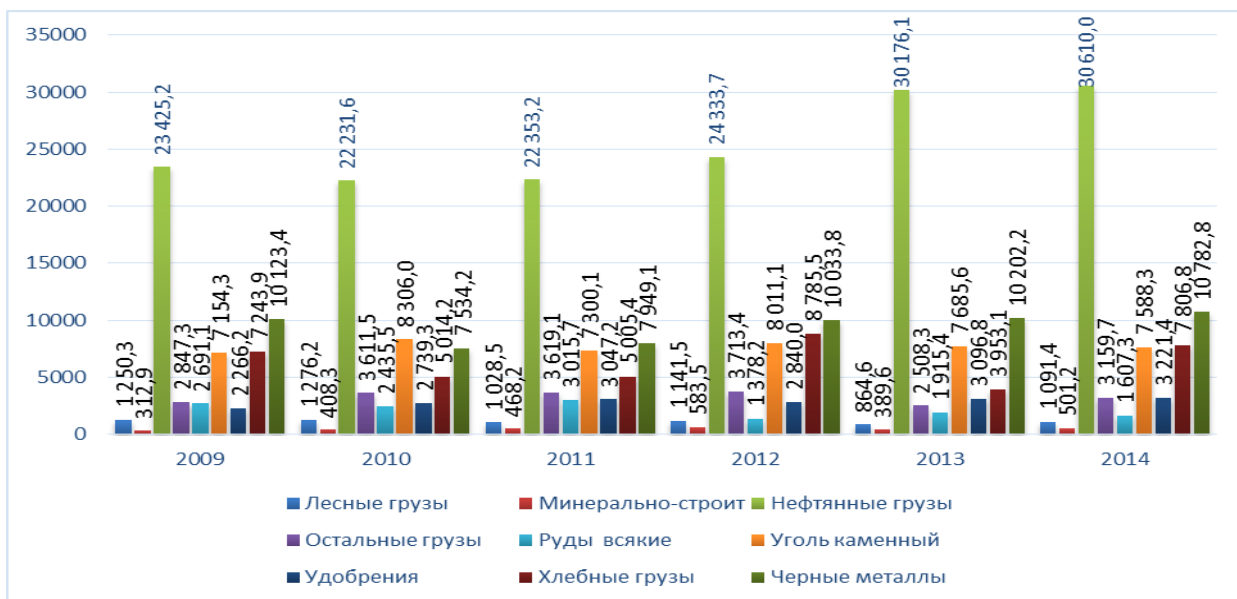


Рисунок П1.1 – Объемы погрузки припортовых станций СКЖД по родам грузов, тыс. т

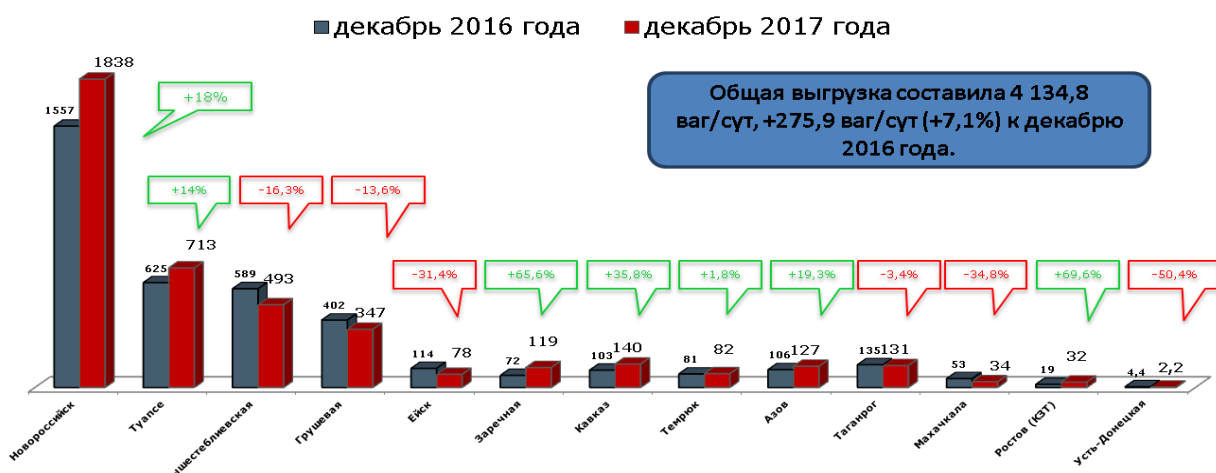


Рисунок П1.2 – Динамика выгрузки припортовых станций СКЖД за декабрь 2016–2017 гг. (ваг. ср/сут)

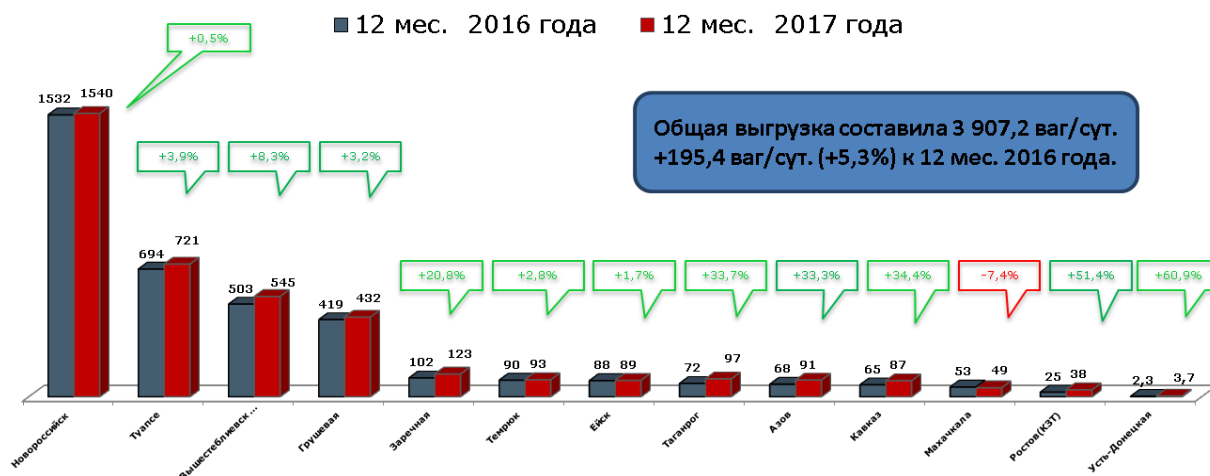


Рисунок П1.3 – Динамика выгрузки припортовых станций СКЖД за 12 месяцев 2016–2017 гг. (ваг. ср/сут)

Таблица П1.3 – Среднесуточный грузооборот в портах и нефтебазах, обслуживаемых Северо-Кавказской ж. д., за 12 месяцев 2017 г.

Станция	Погрузка ваг/т	Выгрузка ваг/т	Грузооборот ваг/т	Погрузка ваг/т	Выгрузка ваг/т	Грузооборот ваг/т	% к 2016 г. (ваг)/т
	12 месяцев 2016 года			12 месяцев 2017 года			
Новороссийск	157,0	1531,7	1688,6	205,0	1539,5	1744,4	103,3
	5264,3	97 760,2	103 024,3	6558,0	98 663,1	105 221,1	102,1
Туапсе	0,4	693,7	694,2	4,1	720,8	724,9	104,4
	21,3	44 602,4	44 623,6	33,8	44 541,8	44 575,6	99,9
Вышестеблиевская	0,8	503,0	503,9	0,6	545,0	545,5	108,3
	43,9	28 962,3	29 006,2	32,3	31 867,4	31 899,7	110,0
Грушевая	78,3	418,8	497,1	81,2	432,2	51 3,5	103,3
	4 682,6	26 1 04,6	30 787,2	4 917,2	27 208,1	32 125,3	104,3
Ейск	3,6	87,5	91,1	2,5	89,0	91,5	100,5
	112,2	5 760,8	5 873,0	110,3	5 943,7	6054,1	103,1
Темрюк	3,3	90,0	93,3	3,4	92,5	95,9	102,5
	211,8	5415,2	5627,0	218,7	5507,3	5726,0	101,5
Кавказ	0,1	64,8	64,5	0,1	87,1	87,2	134,5
	3,6	4132,8	4136,4	4,5	5770,8	5775,3	139,6
Азов	1,4	67,9	69,3	2,6	90,5	93,0	134,2
	74,6	4382,8	4457,4	154,8	5993,3	6148,0	137,9
Заречная	8,4	102,1	110,5	7,3	123,3	130,6	118,2
	504,5	6727,5	7231,9	445,2	8246,1	8691,3	120,2
Таганрог	24,5	72,3	96,8	41,3	96,7	138,0	142,5
	1470,8	4830,7	6301,5	2264,7	6533,1	8797,8	139,6
Ростов (КЗТ)	9,3	25,1	34,4	6,2	38,0	44,2	128,5
	636,3	1683,3	2319,6	418,6	2538,2	2956,8	127,5
Усть-Донецкая	0,1	2,3	2,4	0,1	3,7	3,9	162,6
	5,3	151,3	156,5	9,0	253,1	262,1	167,4
Махачкала	5,9	52,8	58,6	3,3	48,9	52,2	89,0
	360,0	3321,4	3681,4	202,7	3087,8	3290,5	89,4
Итого	293,1	3711,8	4004,9	357,5	3907,2	4264,7	106,5
	13 391,2	233 835,2	247 226,3	15 369,9	246 153,5	261 523,4	105,5

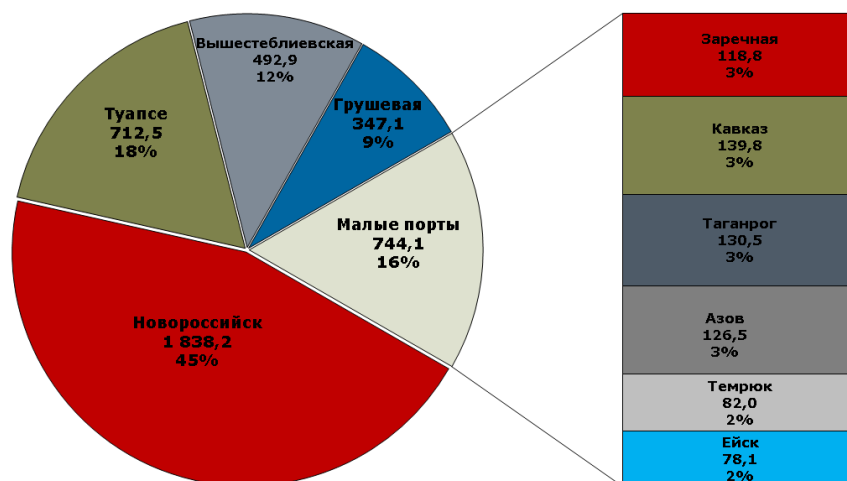


Рисунок П1.4 – Объёмы и доли выгрузки припортовых станций СКЖД за декабрь 2017 года (ваг. ср/сут) (%)

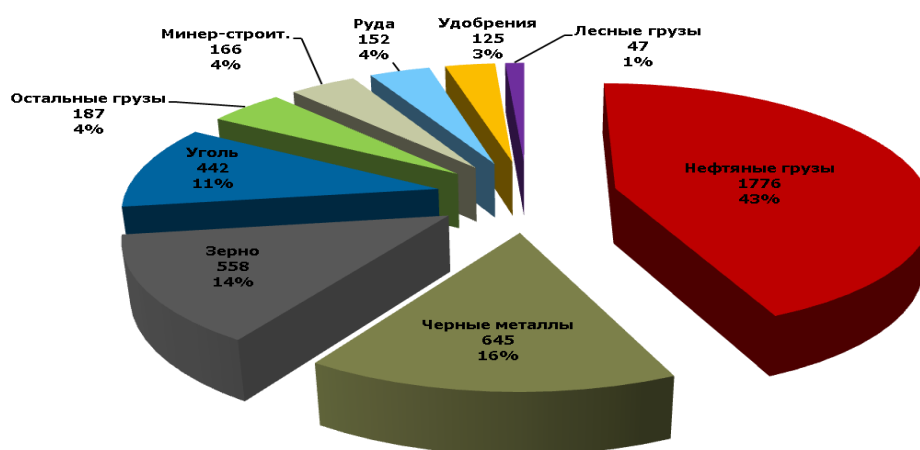


Рисунок П1.5 – Объёмы и доли выгрузки основных номенклатур грузов на припортовых станциях СКЖД в декабре 2017 года (ваг. ср/сут)

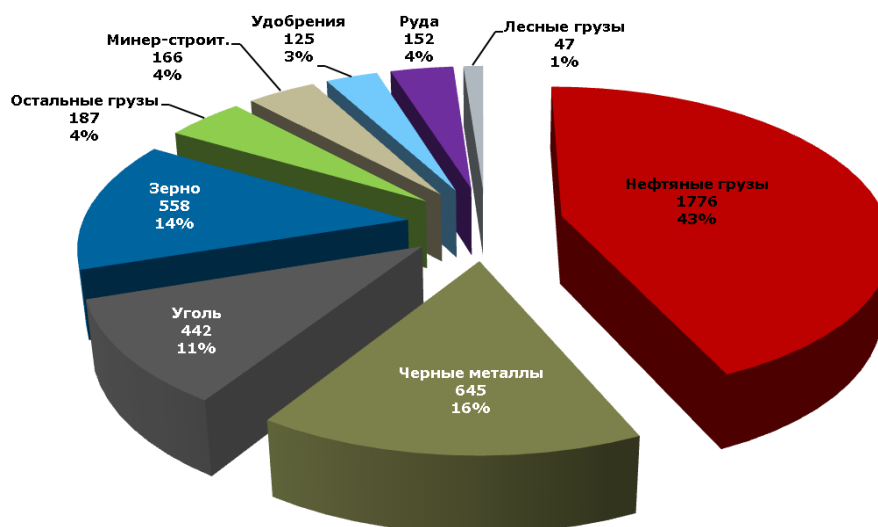


Рисунок П1.6 – Объёмы и доли выгрузки основных номенклатур грузов на припортовых станциях СКЖД за 12 месяцев 2017 года (ваг. ср/сут)

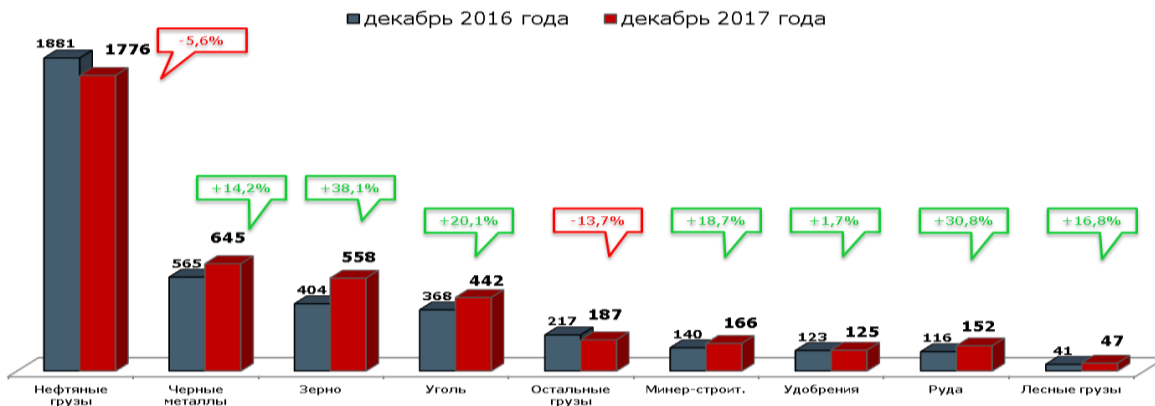


Рисунок П1.7 – Динамика выгрузки основных номенклатур грузов на припортовых станциях СКЖД в декабре 2016–2017 гг. (ваг. ср/сут)

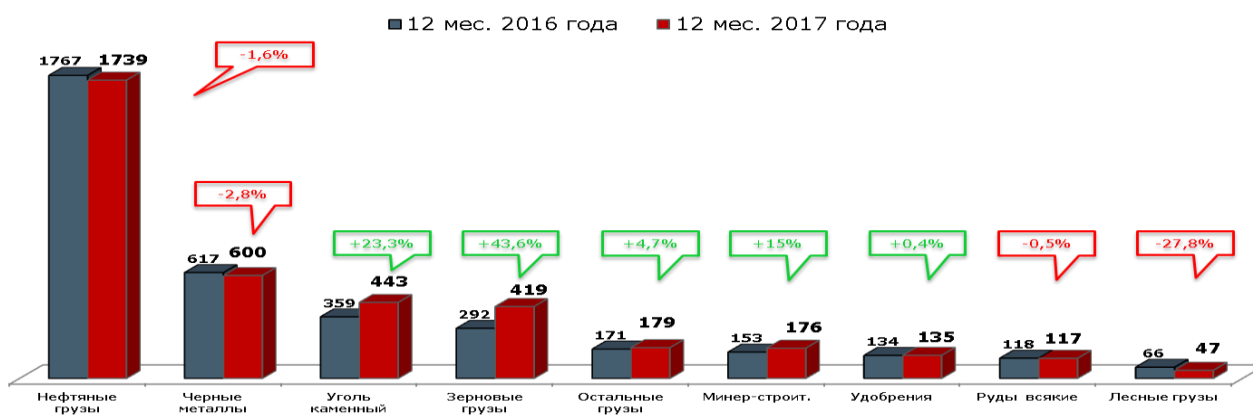


Рисунок П1.8 – Динамика выгрузки основных номенклатур грузов на припортовых станциях СКЖД за 12 месяцев 2016–2017 гг. (ваг. ср/сут)

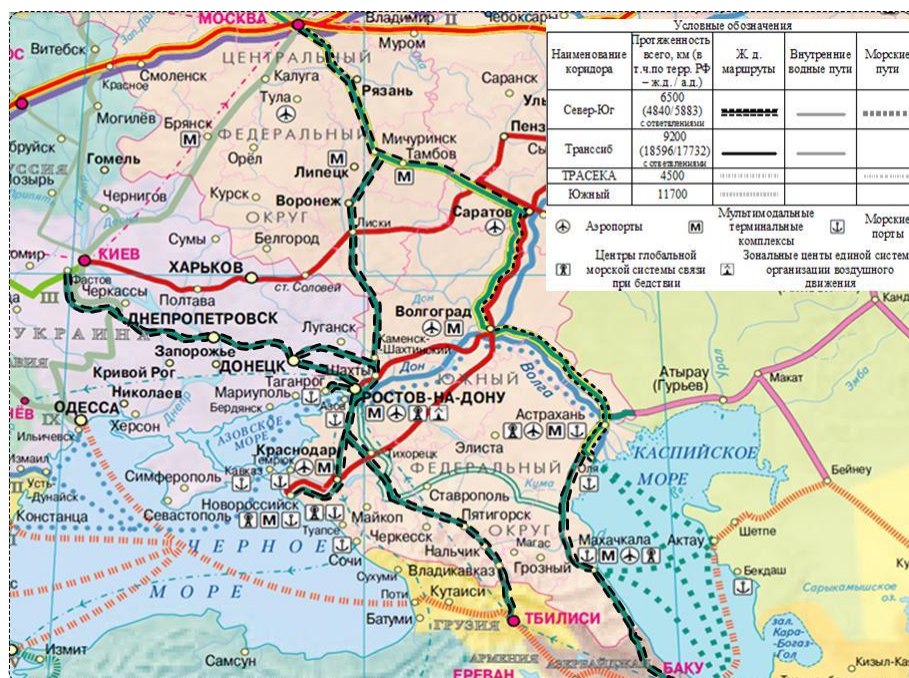


Рисунок П1.9 – Схема МТК в транспортной системе СКЭР

Таблица П1.4 – Железнодорожная инфраструктура СКЭР

Классификация станций	Количество	Длина п.-о. путей, м		Сортировочные устройства					Лок. депо	Ваг. депо	Грузовые дворы	Пассажирские устройства		
		850 м и менее	1050	Горки с ТП	Горки без ТП	ГММ с ТП	Полугорки	Выт. пути				Пеш. мосты	Тели	В одном уровне
Сортировочные: всего однокомплектные/ двухкомплектные	4 2/2	1	2	4	1	-	-	5	2	2	3	2	-	1
Участковые: всего узловые/неузловые	16 11/5	7	9	2	-	2	8	8	9	4	11	10	1	5
Грузовые	21	15	6	-	-	-	7	14	-	-	20	9	-	12
Грузопассажирские	5	5	-	-	-	-	-	5	2	2/2 ^{*)}	3	3	2	-
Грузовые припор- товые (море)	6	5	1	-	-	1	1	4	2	1	6	1	-	5
Грузовые припор- товые (река)	3	3	-	-	-	-	-	3	-	-	3	1	-	2
Пассажирские	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1 ^{*)}	-	1	-	-

Примечание: *) – технический парк экипировки и ремонта пассажирских вагонов

Таблица П1.5 – Сводная характеристика крупных операторских компаний

Наименование оператора	Операционный парк, ваг.	Объем перевозок, млн т	Средний возраст подвижного состава, лет	Чистая прибыль, млрд руб.
UCL Rail	210 000	254,8	19	135
АО «ФГК»	165 000	209,3	19,6	24
ПАО «GlobalTrans»	62 710	83,9	7	0,159
АО «НефтеТрансСервис»	57 000	96	11,7	56,2
ООО «Трансойл»	35 794	55,7	12,4	8,9
Группа Rail Garant	32 476	20	2,4	0,992
ООО «Трансгарант»	16 100	20	10,1	2,5

Таблица П1.6 – Направления продвижения вагонопотоков крупных операторских компаний на полигоне СКЖД

Компания-оператор	Род п/с	Направления движения вагонопотоков на полигоне СКЖД		% перевозок *
		Ст. отправления	Ст. назначения	
1	2	3	4	5
АО «НПК»	платформы	Самур-эксп.	Ростов-Товарный	33,02
		Новороссийск-экс.	Ростов-Товарный	18,87
		Новороссийск	Каменоломни	17,92
		Несветай	Ростов-Товарный	6,60
	полувагоны	Новороссийск-экс.	Быстрореченская	16,15
		Быстрореченская	Заречная	4,61
		Новороссийск-экс.	Жирнов	4,23
		Новороссийск-экс.	Горная	3,64
	цистерны	Хасав-Юрт	Несветай	12,94
		Краснодар 1	Туапсе-Сортировочная	8,76
		Несветай	Хасав-Юрт	6,97
		Туапсе-Сортировочная	Краснодар 1	5,97
	прочие	Курганная	Туапсе-Сортировочная	19,08
		Туапсе-Сортировочная	Курганная	18,72
		Армавир-Туапсинский	Туапсе-Сортировочная	8,31
		Туапсе-Сортировочная	Армавир-Туапсинский	6,38
АО «ЛГК»	платформы	Самур-эксп	Дербент	30,98
		Дербент	Ростов-Товарный	7,77
		Новороссийск	Ростов-Товарный	4,92
		Владикавказ	Ростов-Товарный	1,64
	полувагоны	Чапаевка-рст	Гуково	7,73
		Новороссийск-экс.	Краснодар-ср.	7,07
		Божковская	Бп 13-й км	5,75
		Туапсе-Сортировочная	Краснодар-ср.	5,51
	цистерны	Афипская	Грушевая-экс.	7,00
		Новороссийск-экс.	Краснодар-ср.	5,88
		Вышстбл-экс	Краснодар-ср.	5,75
		Грушевая-экс	Афипская	5,45
	крытые	Самур-эксп	Дербент	9,26
		Новороссийск-экс.	Тельная	5,38
		Дербент	Самур-эксп.	2,77
		Невинномыская	Самур-эксп.	2,74
	прочие	Самур-эксп	Дербент	9,26
		Новороссийск-экс.	Тельная	5,38
		Дербент	Самур-эксп.	2,77
Невинномыская		Самур-эксп.	2,74	
АО «РАТ»	прочие	Ипатово	Новороссийск-экс.	6,07
		Изобильная	Новороссийск-экс.	2,89
		Благодарное	Новороссийск-экс.	1,51
		Расшеватка	Новороссийск-экс.	1,47
АО «РН-Транс»	цистерны	Палагиада	Буденновск	36,36
		Аргун	Буденновск	27,27
		Гетмановская	Кавказская	9,09
		Туапсе-Сортировочная	Кавказская	9,09

1	2	3	4	5
АО «ФГК»	платформы	Хотунок	Персиановка	1,26
		Персиановка	Эркен-шахар	1,14
		Буденновск	Персиановка	1,06
		Моздок	Персиановка	1,04
	полувагоны	Каменоломни	Бп 13-й км	5,72
		Бп 13-й км	Каменоломни	5,65
		Лабинская	Сочи	5,05
		Сочи	Лабинская	4,92
	цистерны	Краснодар 1	Туапсе-Сортировочная	12,70
		Туапсе-Сортировочная	Краснодар 1	8,28
		Новороссийск-экс.	Краснодар 1	6,09
		Краснодар 1	Новороссийск-экс.	5,94
	крытые	Самур-эксп.	Махачкала	9,53
		Новороссийск-экс.	Соська-Ейская	3,37
		Новороссийск-экс.	Шедок	2,57
		Шедок	Кавказ-п-кrm	1,99
* процент перевозок от общего количества перевозок данного рода подвижного состава данной компании				

Таблица П1.7 – Анализ выполнения показателей работы филиала

Наименование показателя	Факт 2015 г.	План 2016 г.	Факт 2016 г.	Процент выполнения к плану	Процент выполнения к 2010 г.
Погрузка	677	623	677	108,57 %	99,93 %
Выгрузка	1197	1056	1087	102,88 %	90,82 %
Рабочий парк	13 291	11 222	12 393	110,43 %	93,24 %
Порожний	7601	5974	6605	110,58 %	86,90 %
Местные	5176	4773	5198	108,90 %	100,42 %
Транзит	477	466	496	106,55 %	104,1 %
Работа	1368	1222	1259	103,09 %	92,07 %
Прием груженых	690	598	582	97,37 %	84,36 %
Сдача	746	640	630	98,46 %	84,41 %
Груженые	177	163	177	108,90 %	100,27 %
Порожние	569	477	453	94,90 %	79,48 %
Оборот общий	9,28	9,18	9,54	103,88 %	102,80 %
Оборот местного	4,30	4,52	4,80	106,29 %	111,59 %
Оборот порожнего	5,73	5,85	5,53	94,52 %	96,52 %

Таблица П1.8 – Анализ показателей работы парка крытых вагонов

Наименование показателя	Факт 2015 г.	План 2016 г.	Факт 2016 г.	Процент выполнения к плану	Процент выполнения к 2010 г.
Погрузка	63	69	61	87,98 %	96,32 %
Выгрузка	89	87	89	102,55 %	99,67 %
Рабочий парк	1473	1517	1676	110,45 %	113,80 %
Порожний	871	848	933	110,03 %	107,22 %
Местные	467	495	538	108,68 %	115,22 %
Транзит	151	174	159	91,12 %	105,16 %
Работа	132	146	141	96,82 %	107,51 %
Прием груженых	68	73	80	109,44 %	117,92 %
Сдача	79	88	83	94,43 %	104,75 %
Груженые	45	55	49	88,55 %	108,30 %
Порожние	34	29	34	116,59 %	100,09 %
Оборот общий	11,18	10,66	10,95	102,76 %	98,02 %
Оборот местного	5,19	5,66	6,11	107,90 %	117,72 %
Оборот порожнего	8,79	9,11	8,59	94,26 %	97,69 %

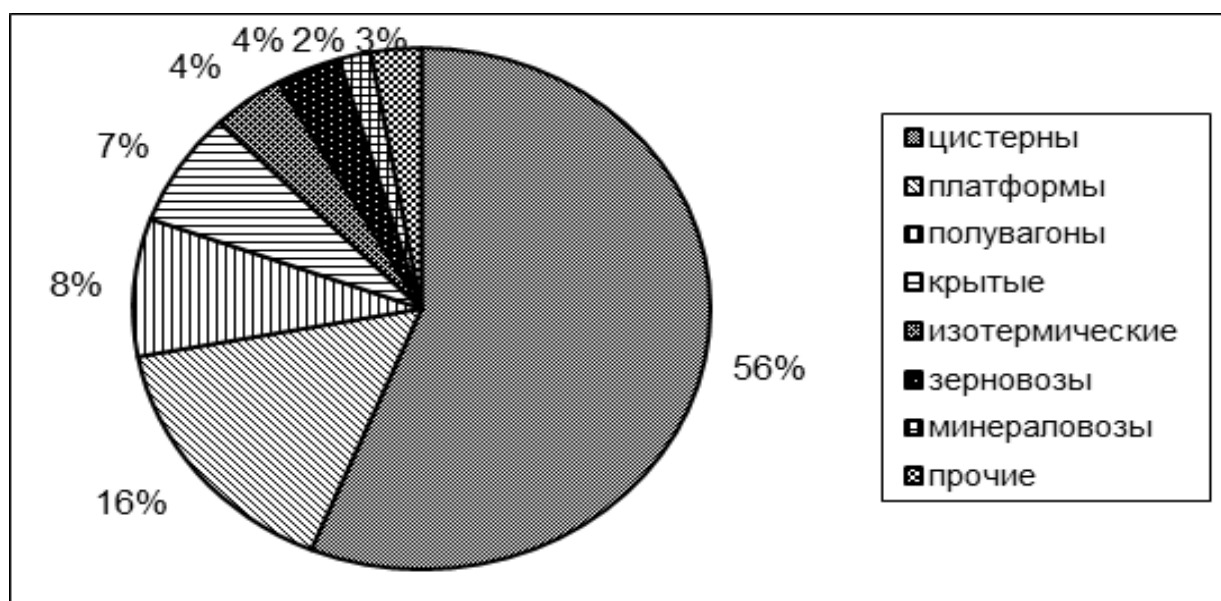
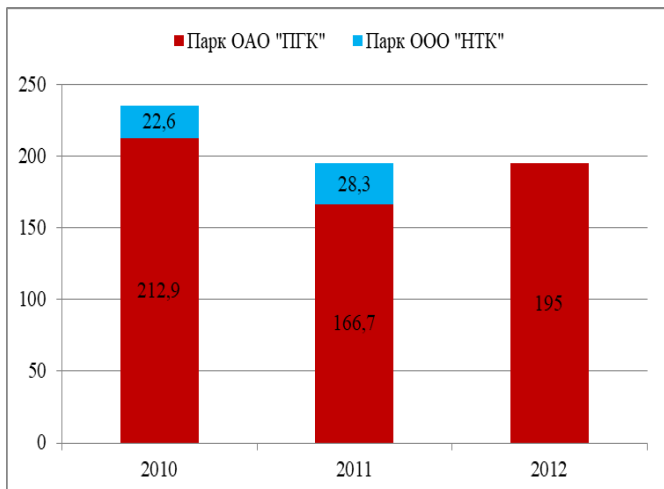
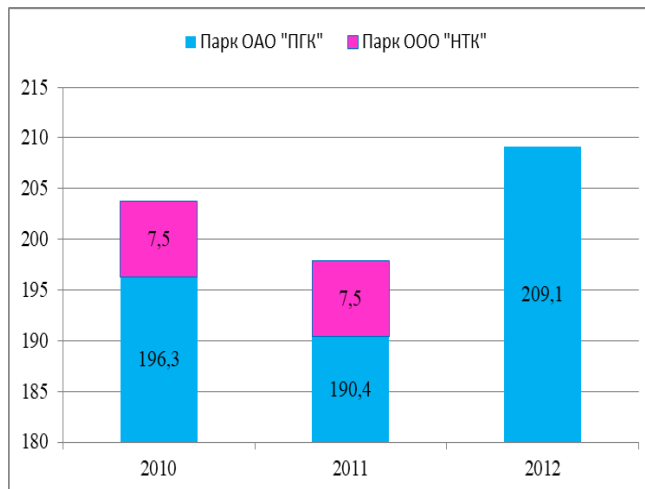


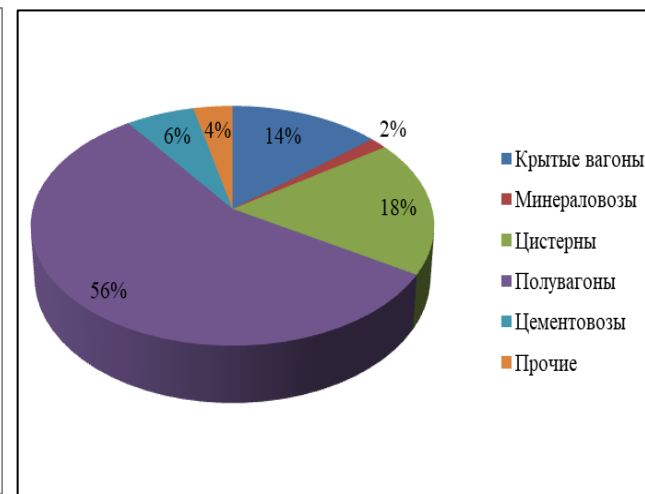
Рисунок П1.10 – Структура операторского парка грузовых вагонов на полигоне СКЖД



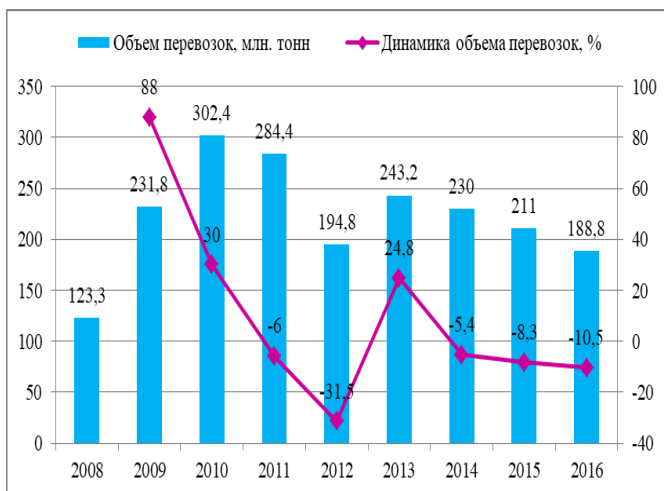
Динамика парка подвижного состава в управлении UCL Rail в 2010–2012 гг., тыс. ед.



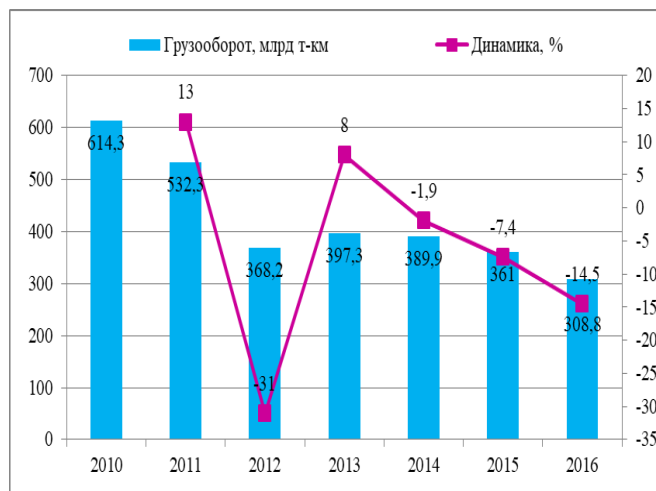
Динамика парка подвижного состава в собственности UCL Rail в 2010–2012 гг., тыс. ед.



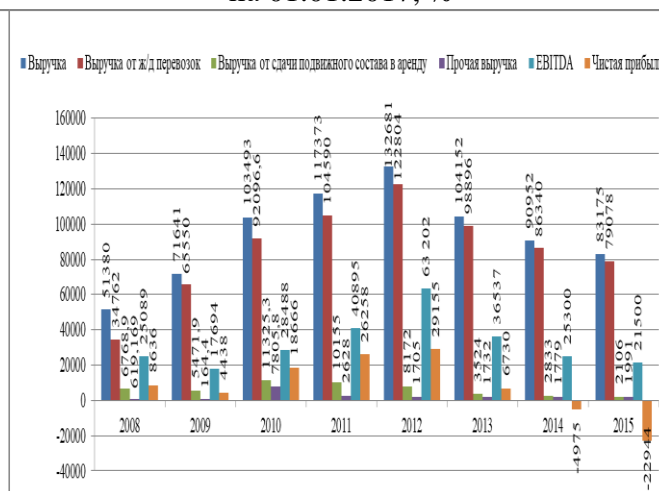
Структура парка в управлении UCL Rail на 01.01.2017, %



Динамика объема грузовых перевозок UCL Rail (за 2008–2012 гг. – ОАО «ПГК») в 2008–2016 гг., млн т

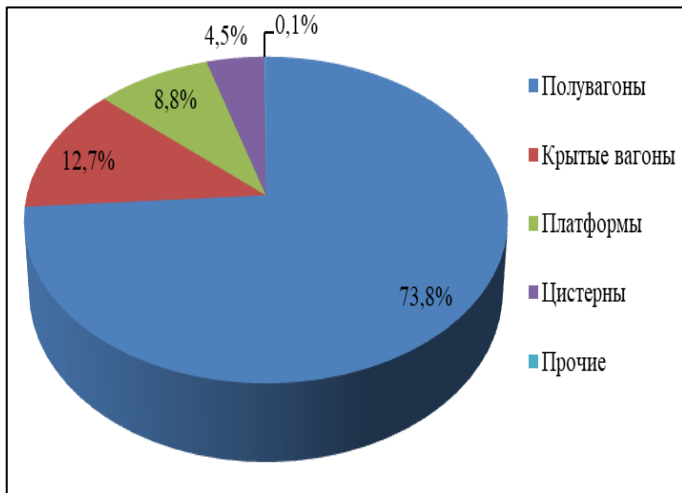


Динамика грузооборота UCL Rail в 2010–2016 гг., млрд т-км

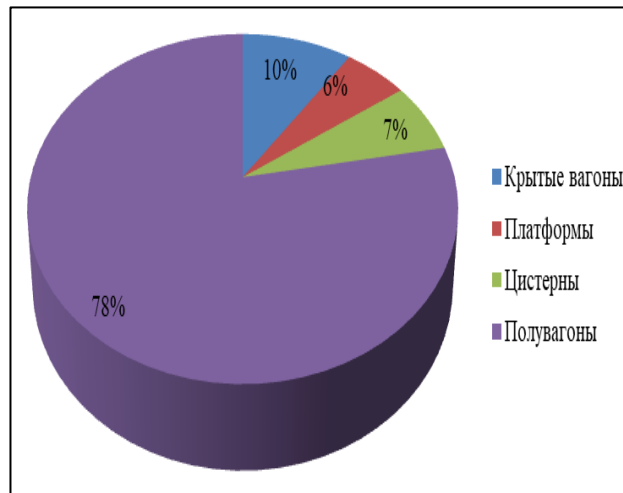


Динамика финансовых показателей АО «ПГК» (с 2012 г. – консолидированные данные по UCL Rail) по МСФО 2008–2015 гг., млн руб.

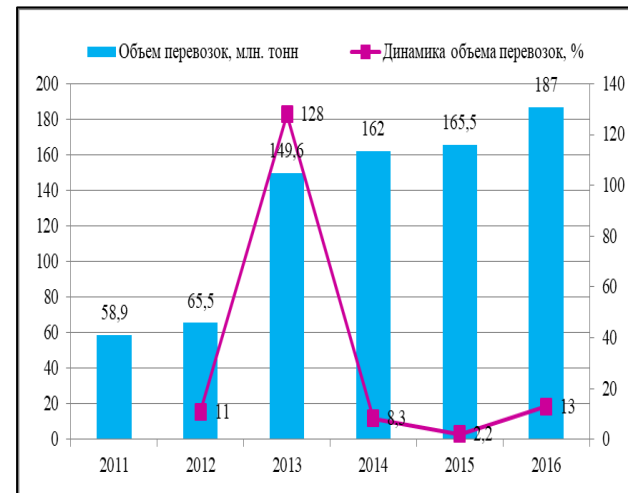
Рисунок П1.11 – Показатели деятельности АО «ПГК»



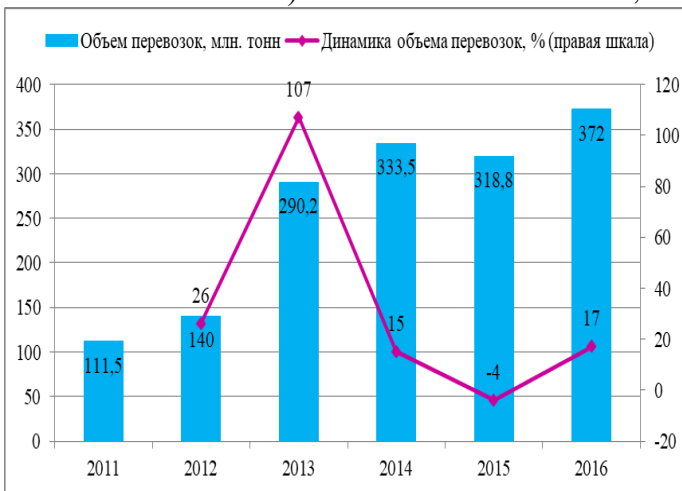
Структура парка в собственности (с учетом финансового лизинга) компании на 01.01.2017, %



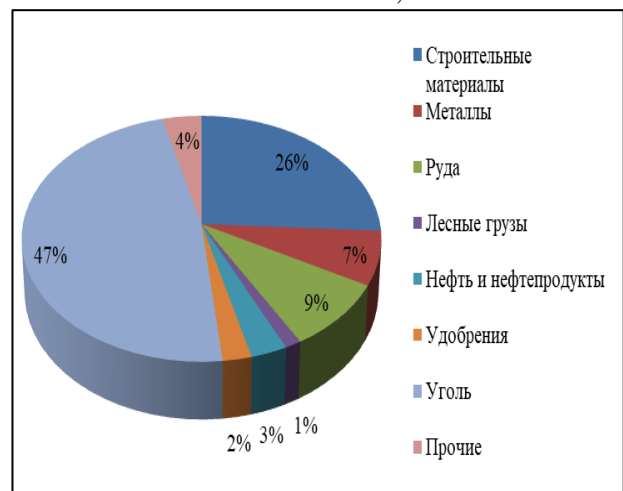
Структура парка в управлении компании на 01.01.2017, %



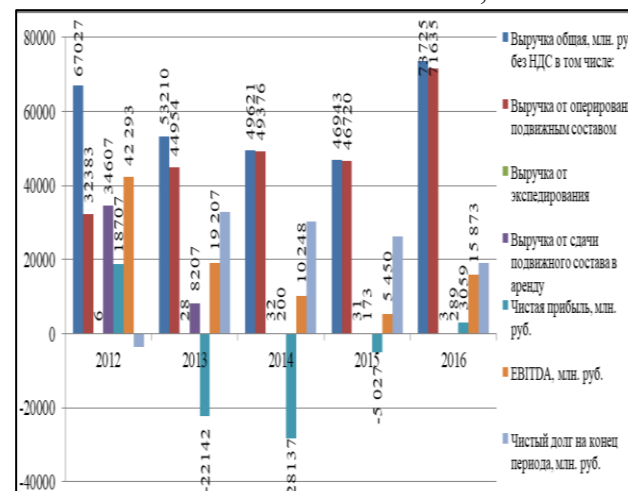
Динамика объема грузовых перевозок АО «ФГК» в 2011–2016 гг., млн т



Динамика грузооборота АО «ФГК» в 2011–2016 гг., млрд т-км

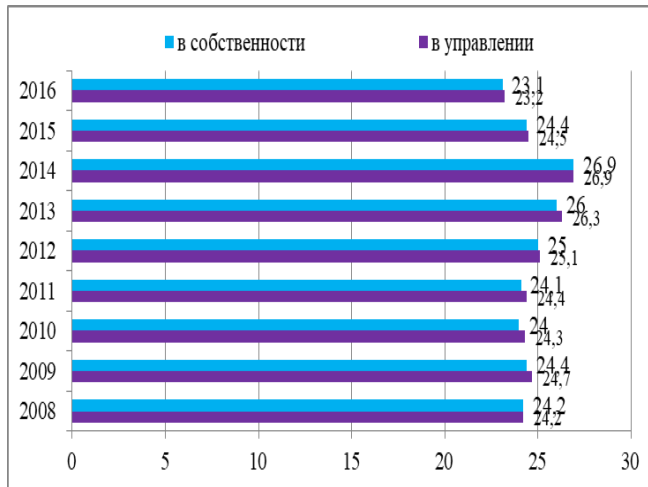


Структура грузоперевозок по видам грузов на 01.01.2017, %

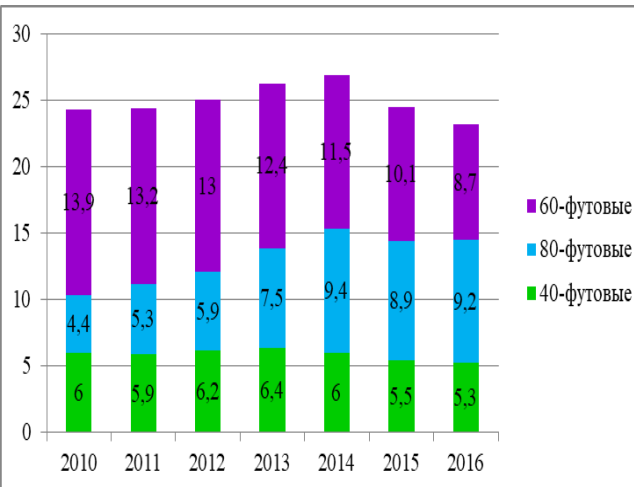


Отчет о финансовых результатах АО «ФГК» по МСФО в 2012–2016 гг., млн руб.

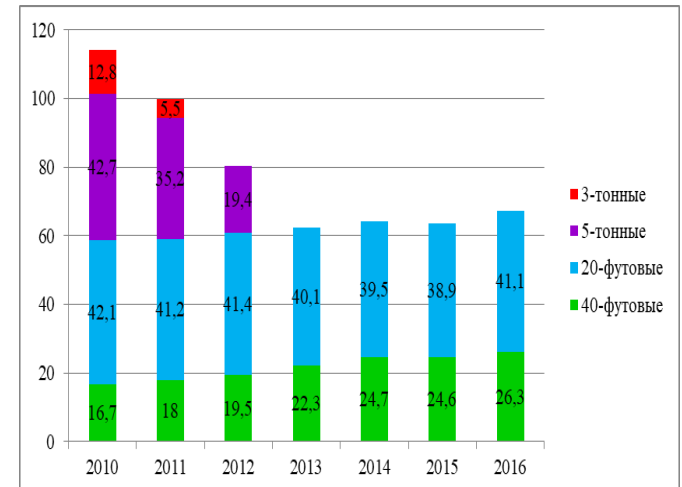
Рисунок П1.12 – Показатели деятельности АО «ФГК»



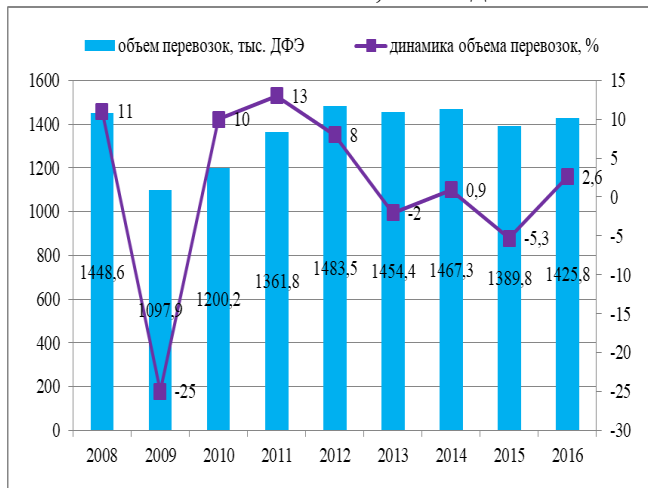
Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности компании в 2008–2016 гг., тыс. ед.



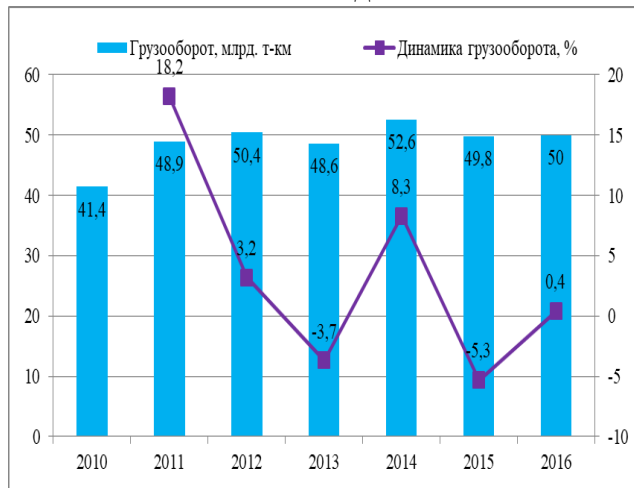
Динамика парка платформ в собственности ПАО «ТрансКонтейнер» в 2010–2016 гг., тыс. ед.



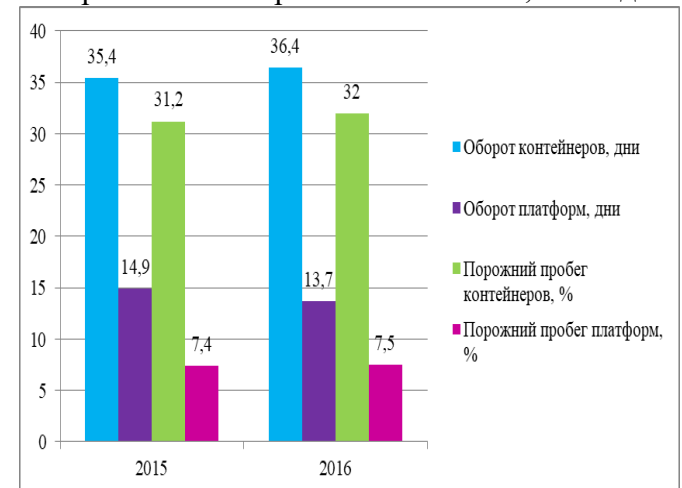
Динамика парка крупно- и среднетоннажных контейнеров в собственности ПАО «ТрансКонтейнер» в 2010–2016 гг., тыс. ед.



Динамика объема грузовых перевозок ПАО «ТрансКонтейнер» в 2008–2016 гг., тыс. ДФЭ

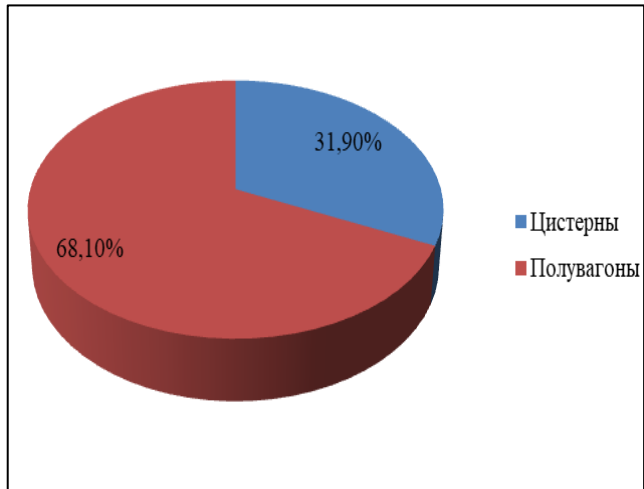


Динамика грузооборота ПАО «ТрансКонтейнер» в 2010–2016 гг., млрд т-км

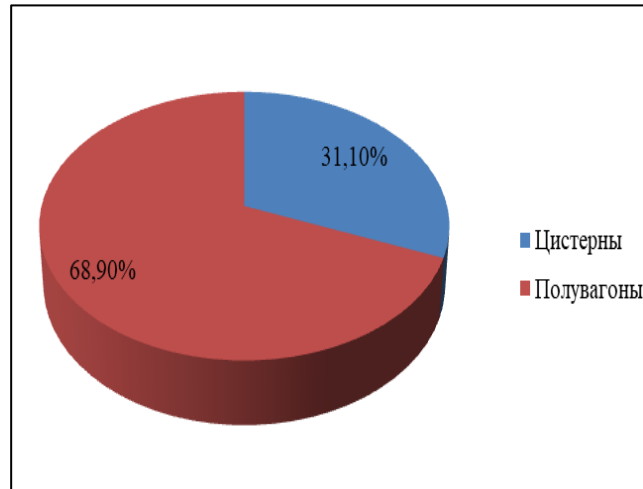


Показатели операционной эффективности компании в 2015–2016 гг.

Рисунок П1.13 – Показатели деятельности ПАО «ТрансКонтейнер»



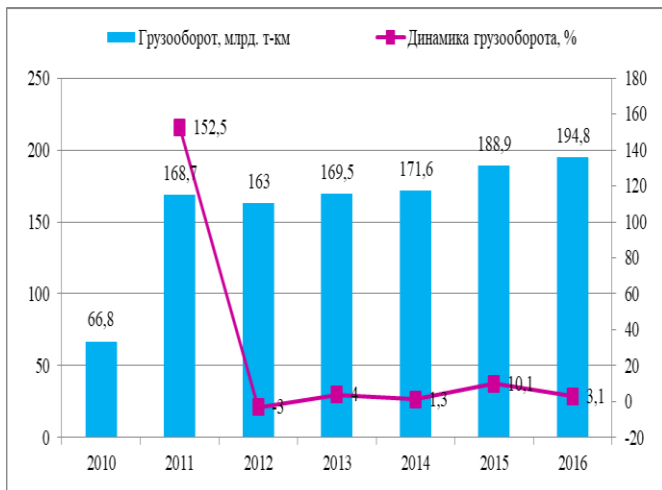
Структура парка в собственности (с учетом финансового лизинга) компании на 01.01.2017, %



Структура парка в управлении компании на 01.01.2017, %



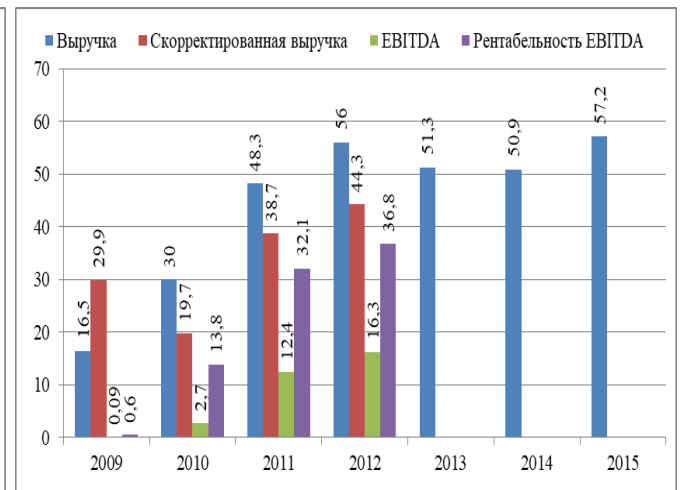
Динамика объема грузовых перевозок АО «НефтеТрансСервис» в 2008–2016 гг., млн т



Динамика грузооборота АО «НефтеТрансСервис» в 2010–2016 гг., млрд т-км

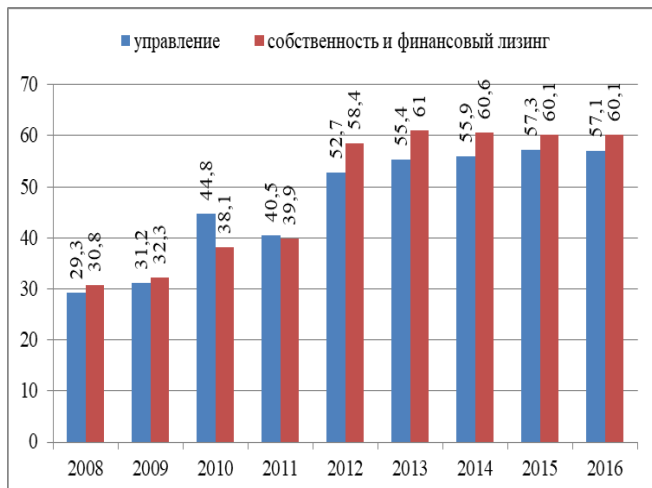


Динамика выручки компании в 2009–2015 гг., млрд руб.

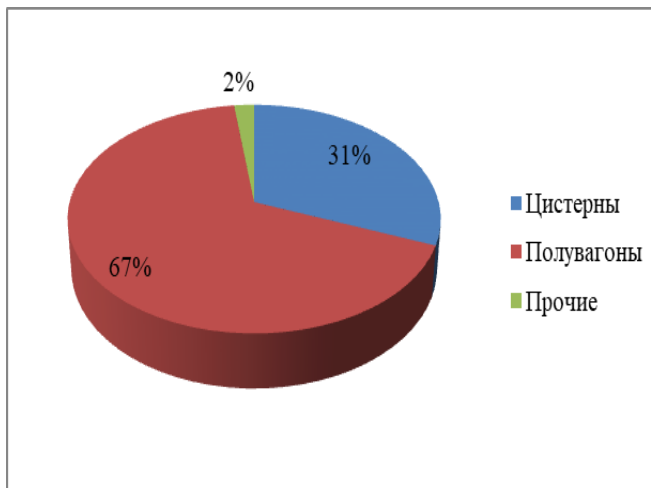


Динамика финансовых показателей АО «НефтеТрансСервис» в 2009–2014 гг., млрд руб.

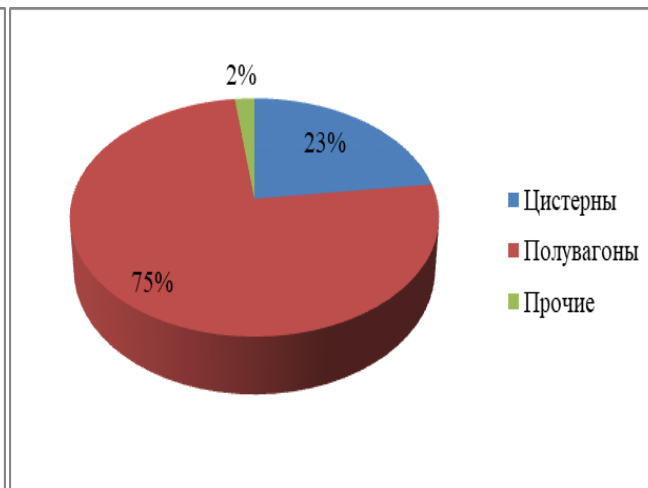
Рисунок П1.14 – Показатели деятельности АО «НефтеТрансСервис»



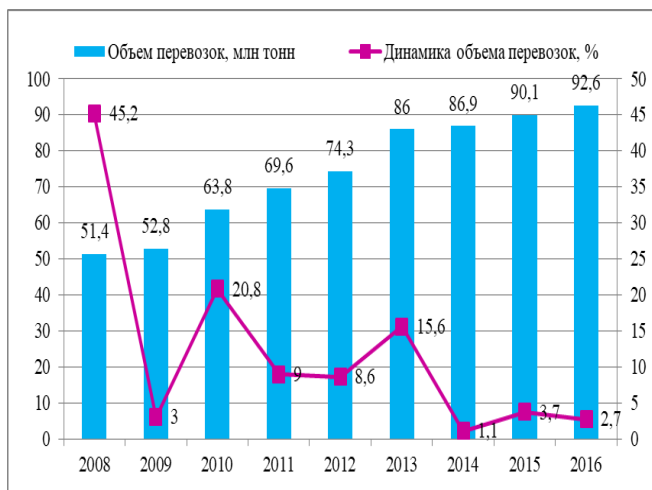
Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности (с учетом финансового лизинга) компании в 2008–2016 гг., тыс. ед.



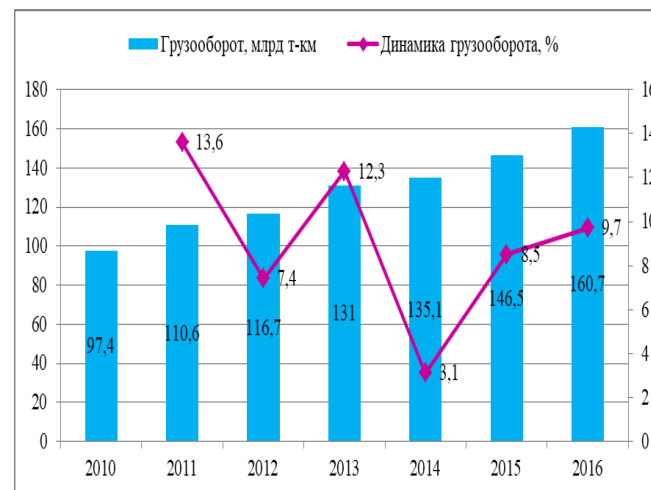
Структура парка в собственности компании на 01.01.2017, %



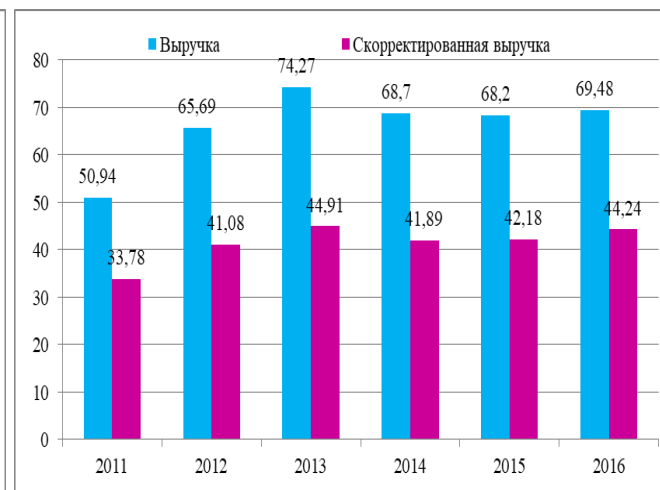
Структура парка в управлении компании на 01.01.2017, %



Динамика объема грузовых перевозок Globaltrans в 2008–2016 гг., млн т

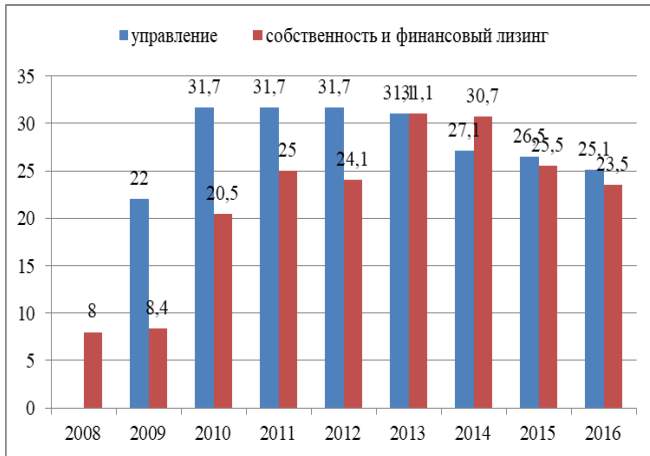


Динамика грузооборота Globaltrans в 2010–2016 гг., млрд т-км



Динамика финансовых показателей Globaltrans по МСФО 2011–2016 гг., млрд руб

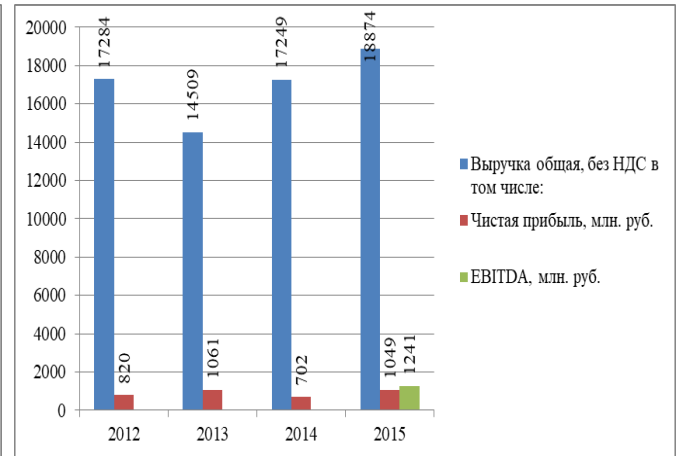
Рисунок П1.15 – Показатели деятельности ПАО «Globaltrans»



Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности (с учетом финансового лизинга) компании в 2008–2016 гг., тыс. ед.

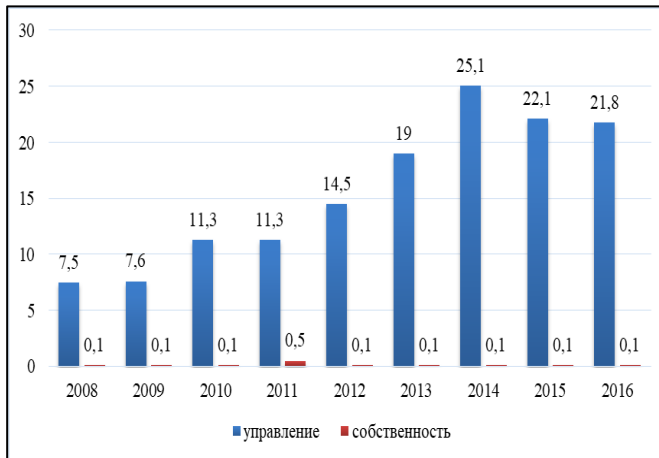


Динамика объема грузовых перевозок ЗАО «Русагротранс» по сети «РЖД» в 2009–2016 гг., млн т



Динамика финансовых показателей согласно РСБУ ЗАО «Русагротранс» в 2012–2015 гг., млн руб.

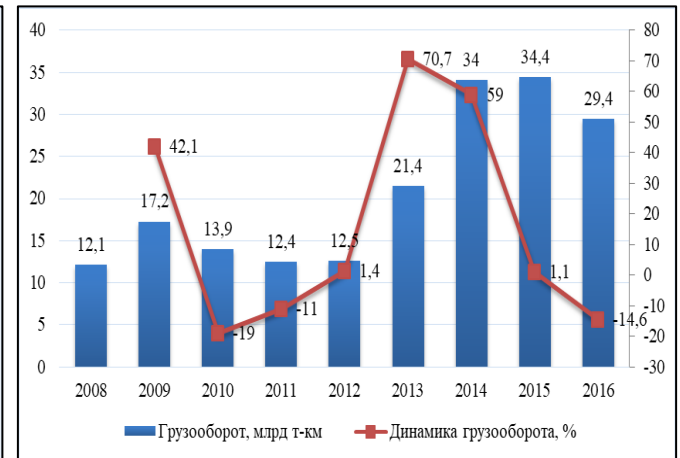
Рисунок П1.16 – Показатели деятельности ЗАО «Русагротранс»



Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности компании в 2008–2016 гг., тыс. ед.

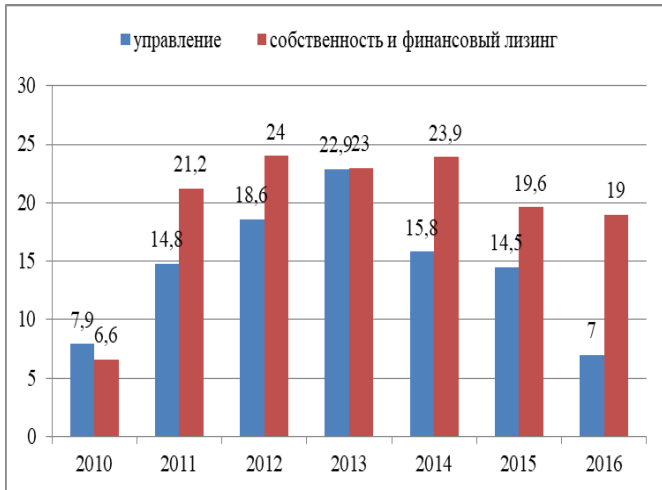


Динамика объема грузовых перевозок в 2009–2016 гг., млн т

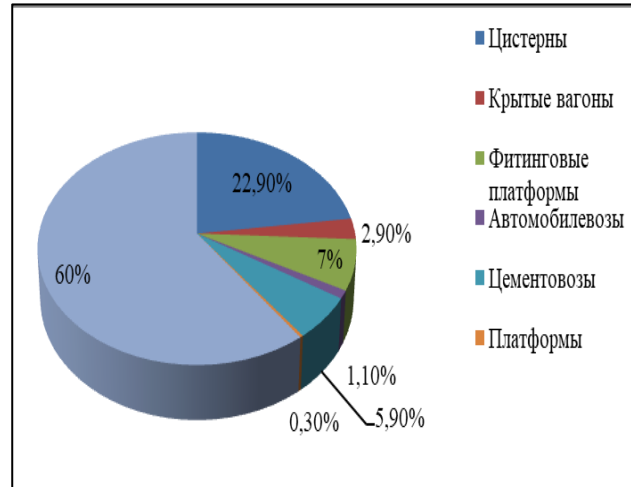


Динамика грузооборота в 2008–2016 гг., млрд т-км

Рисунок П1.17 – Показатели деятельности Группы «Лукойл-Транс»



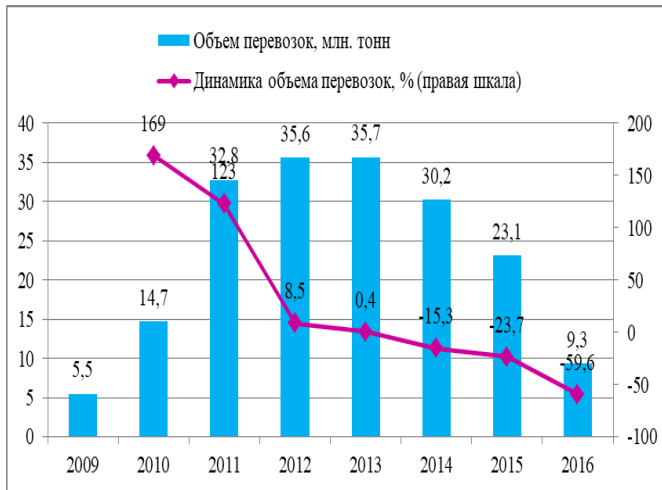
Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности (с учетом финансового лизинга) Rail Garant в 2008–2016 гг., тыс. ед.



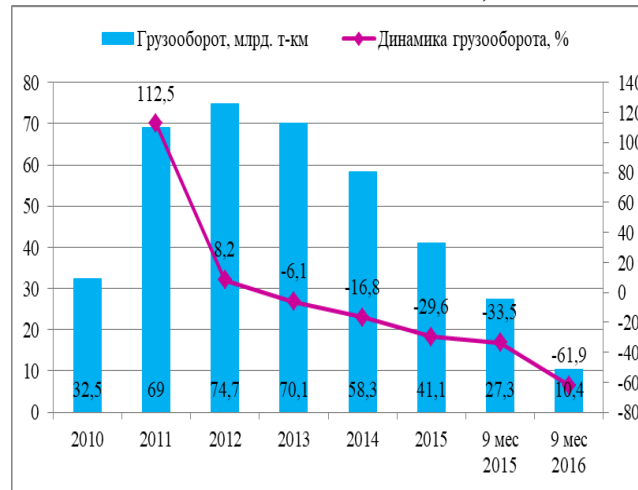
Структура парка Rail Garant в собственности компании на 01.01.2017, %



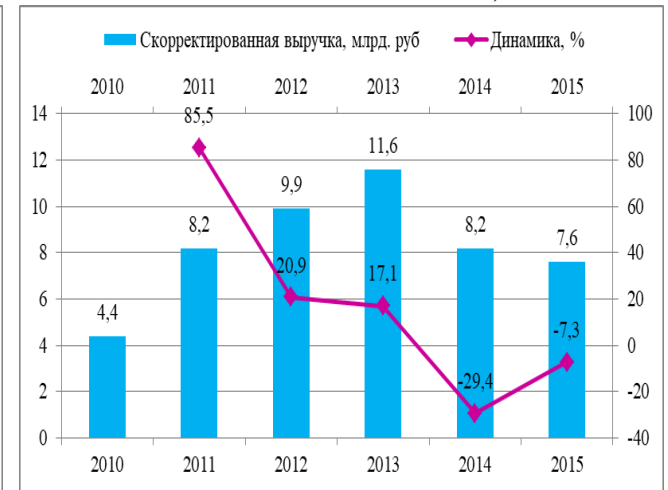
Структура парка Rail Garant в управлении компании на 01.01.2017, %



Динамика объема грузовых перевозок ГК «Rail Garant» в 2009–2016 гг., млн т

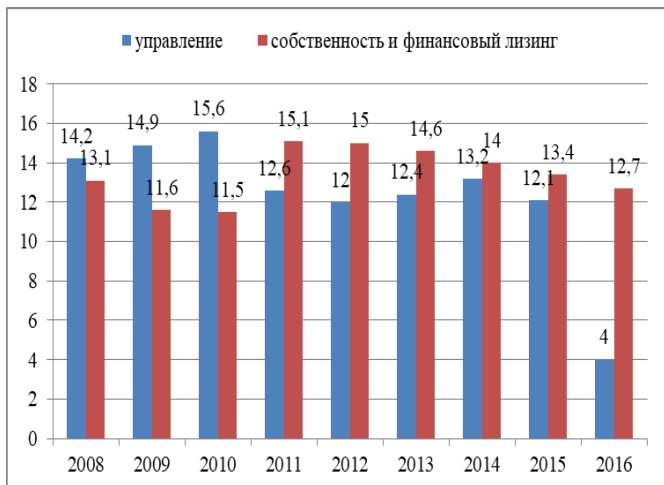


Динамика грузооборота ГК «Rail Garant» в 2010–2016 гг., млрд т-км



Динамика выручки компании в 2010–2015 гг., млрд руб.

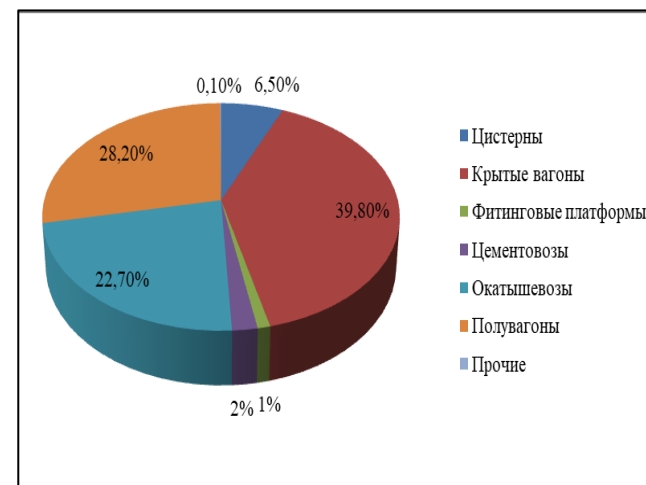
Рисунок П1.18 – Показатели деятельности ГК «Rail Garant»



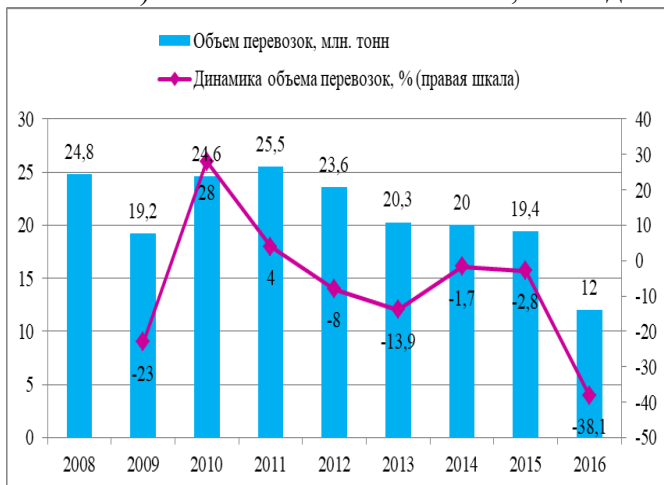
Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности (с учетом финансового лизинга) компании в 2008–2016 гг., тыс. ед.



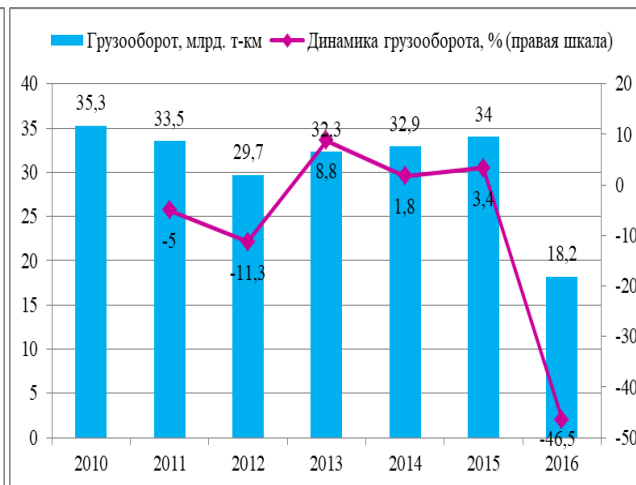
Структура парка в собственности компании на 01.01.2017, %



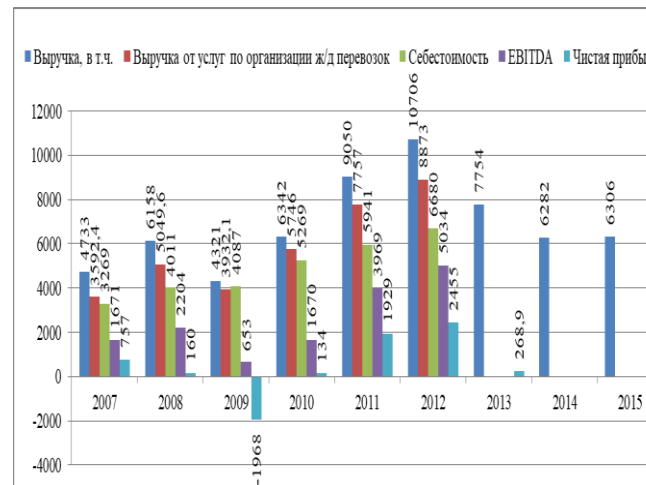
Структура парка в управлении компании на 01.01.2017, %



Динамика объема грузовых перевозок в 2008–2016 гг., млн т

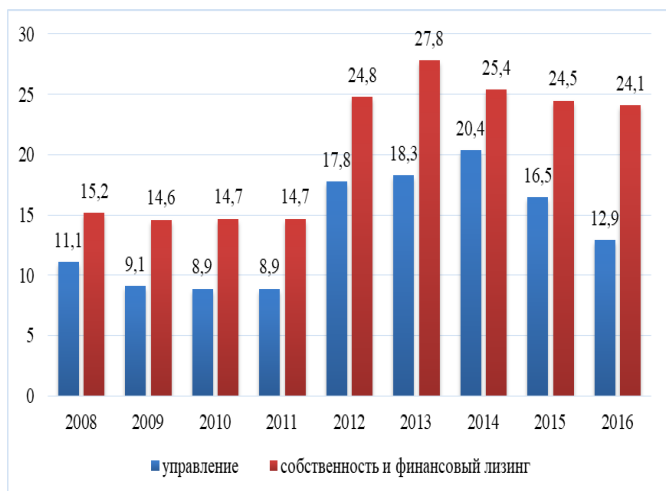


Динамика грузооборота в 2010–2016 гг., млрд т-км



Динамика финансовых показателей в 2007–2015 гг. по МСФО, млн руб.

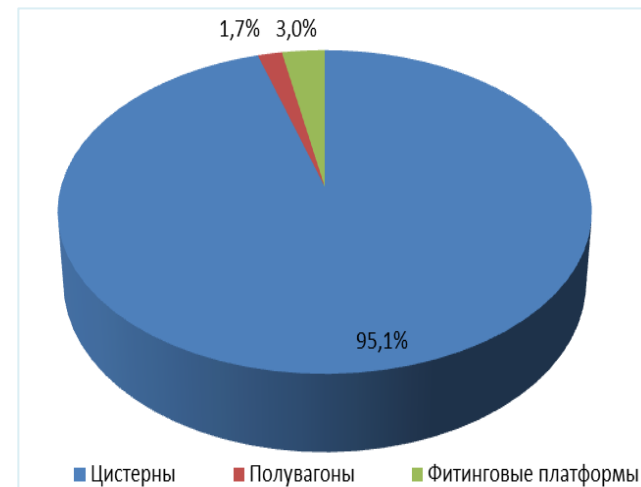
Рисунок П1.19 – Показатели деятельности ООО «Трансгарант»



Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности в 2008–2016 гг., тыс. ед.



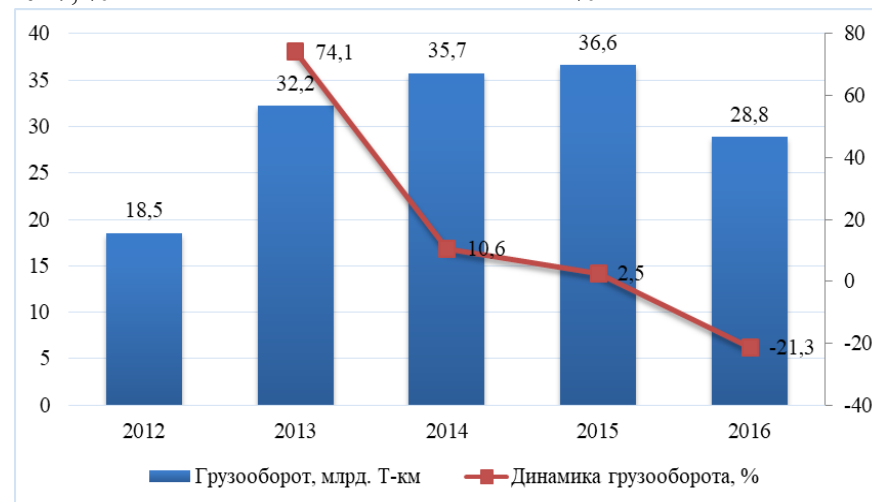
Структура парка в собственности компании на 01.01.2017, %



Структура парка в управлении на 01.01.2017, %

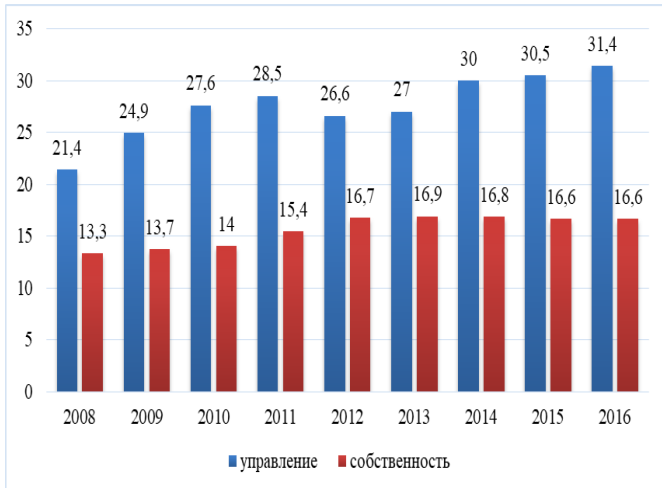


Динамика объема грузовых перевозок активов в 2008–2016 гг., млн т



Динамика грузооборота в 2012–2016 гг., млрд т-км

Рисунок П1.20 – Показатели деятельности АО «СГ-Транс»



Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности компании в 2008–2016 гг., тыс. ед.



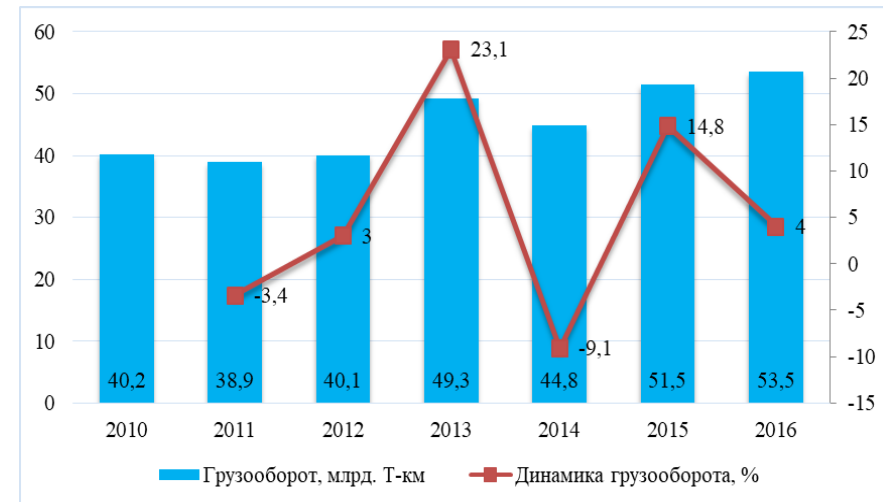
Структура парка в собственности компании на 01.01.2017, %



Структура парка в управлении компании на 01.01.2017, %

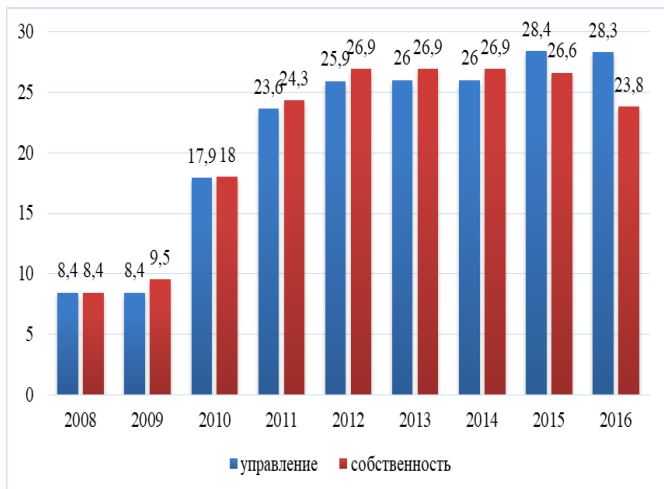


Динамика объема грузовых перевозок в 2008–2016 гг., млн т



Динамика грузооборота в 2010–2016 гг., млн т

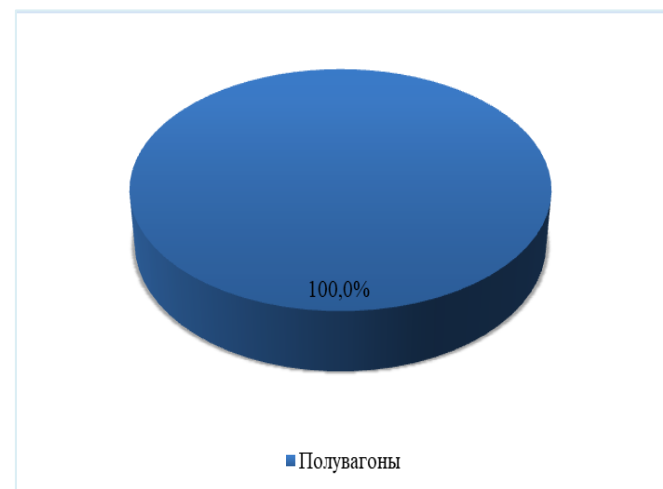
Рисунок П1.21 – Показатели деятельности Группы «Газпромтранс»



Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности компании в 2008–2016 гг., тыс. ед.



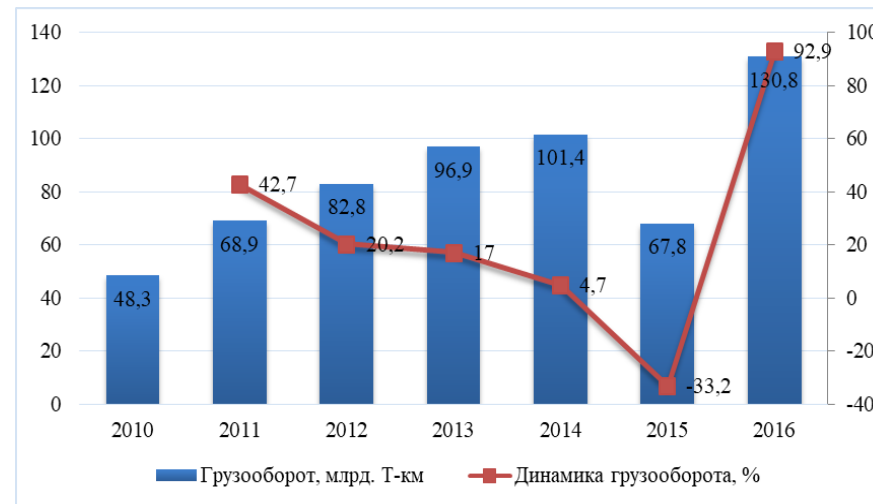
Структура парка в собственности компании на 01.01.2017, %



Структура парка в управлении компании на 01.01.2017, %

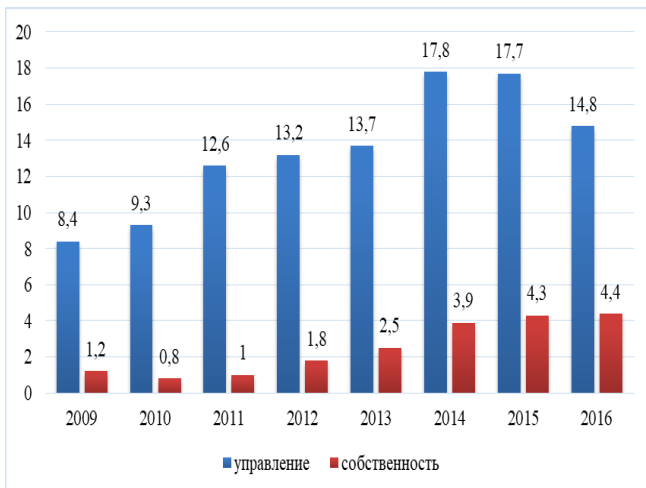


Динамика объема грузовых перевозок в 2010–2016 гг., млн т



Динамика грузооборота в 2010–2016 гг., млрд т-км

Рисунок П1.22 – Показатели деятельности ГК «Новотранс»



Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности компании в 2009–2016 гг., тыс. ед.



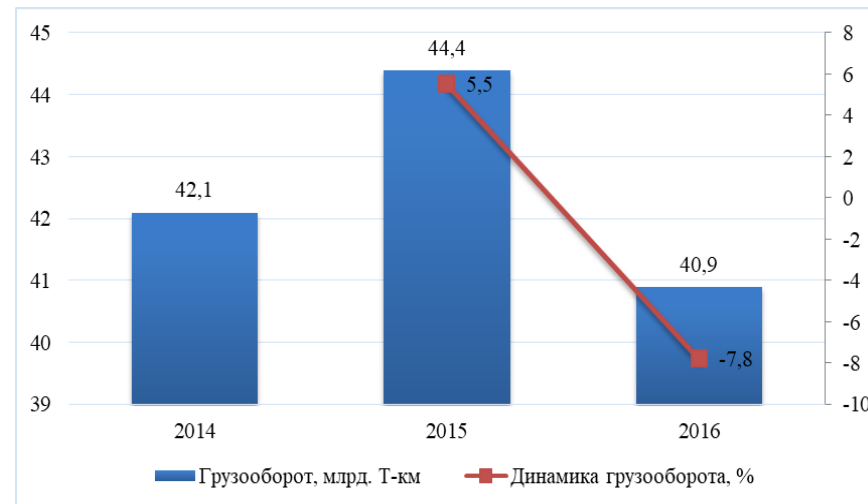
Структура парка в собственности компании на 01.01.2017, %



Структура парка в управлении компании на 01.01.2017, %

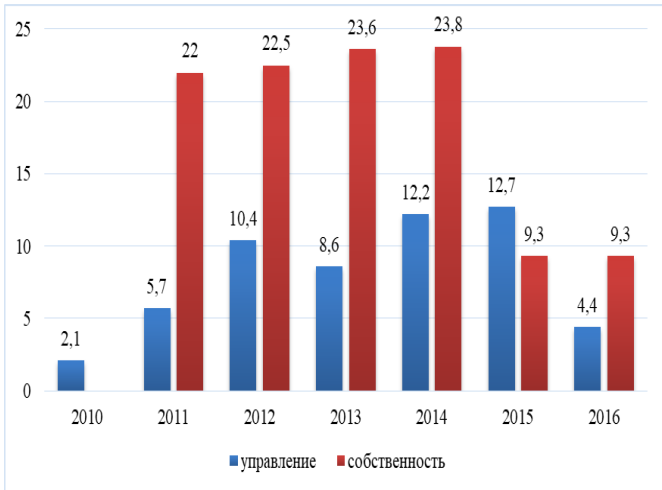


Динамика объема грузовых перевозок в 2009–2016 гг., млн т

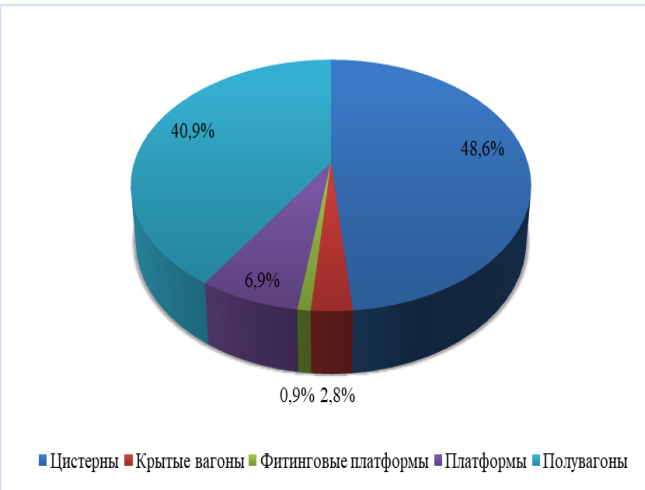


Динамика грузооборота в 2014–2016 гг., млрд т-км

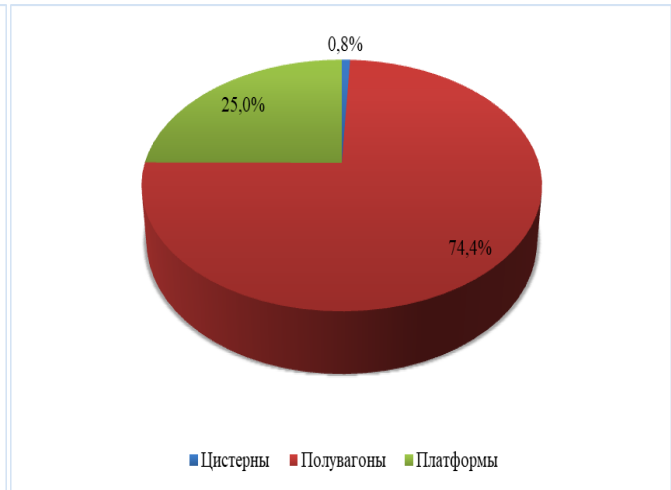
Рисунок П1.23 – Показатели деятельности АО «Совфракт-Совмортранс»



Динамика парка подвижного состава в управлении и собственности компании в 2010–2016 гг., тыс. ед.



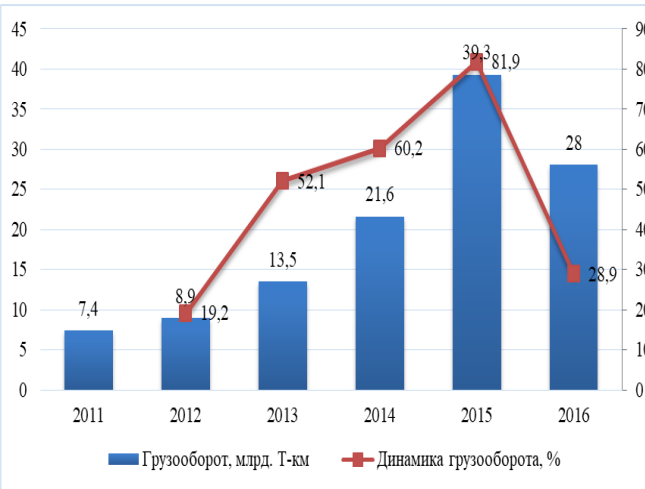
Структура парка в собственности компании на 01.01.2017, %



Структура парка в управлении компании на 01.01.2017, %



Динамика объема грузовых перевозок в 2010–2016 гг., млн т



Динамика грузооборота в 2011–2016 гг., млрд т-км



Динамика выручки в 2010–2016 гг., млрд руб.

Рисунок П1.24 – Показатели деятельности «Спецэнерготранс»

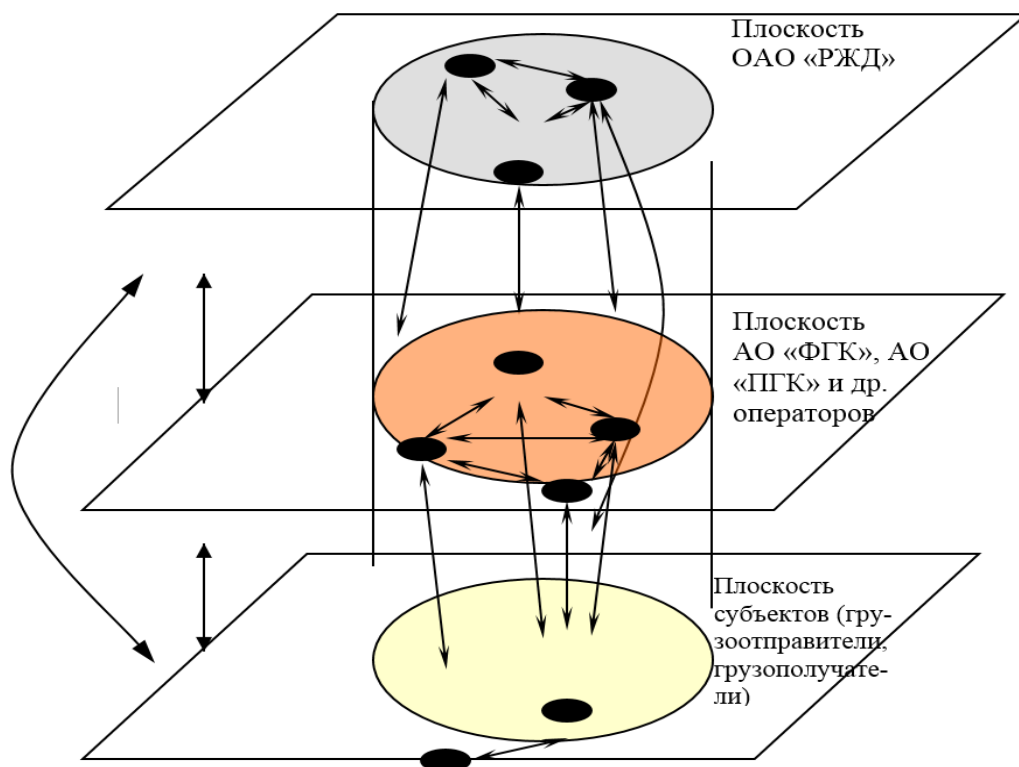


Рисунок П2.1 – Общая схема сэндвич-модели

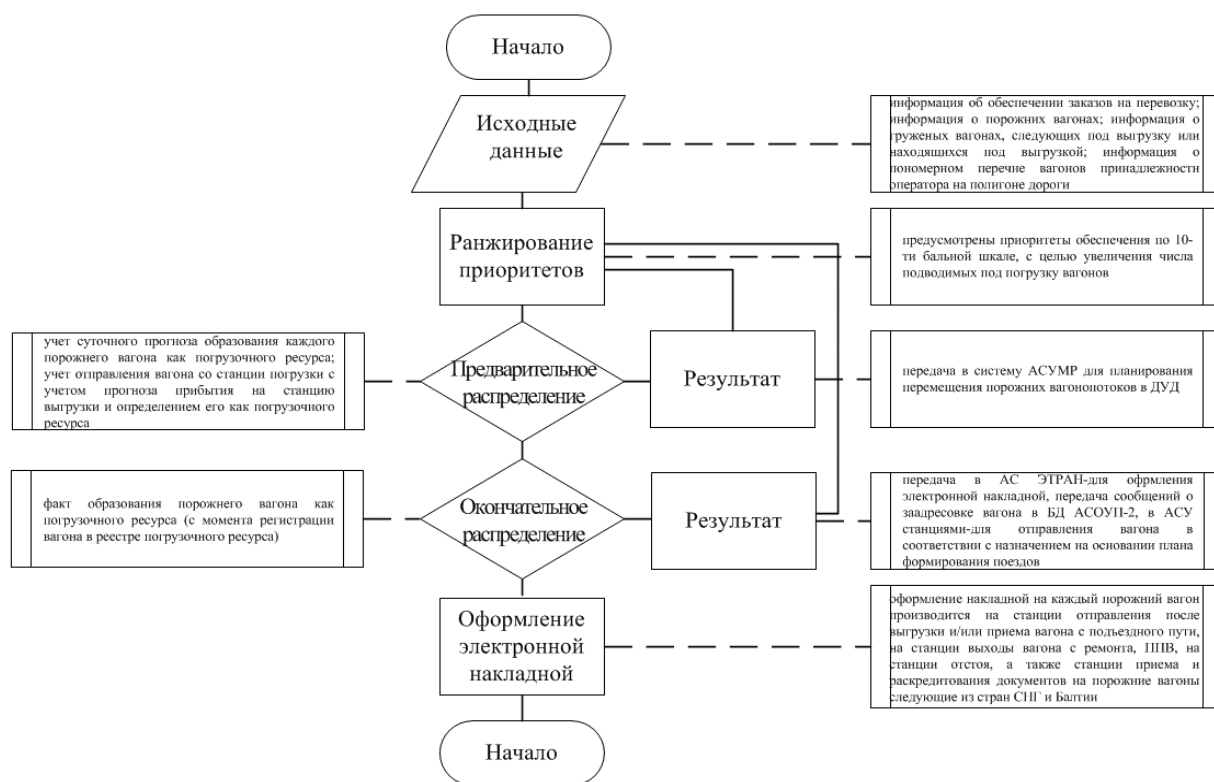


Рисунок П2.2 – Технология распределения порожних вагонопотоков операторской компании на принципах ЕСТП

Постановка многокритериальной игровой модели

Для решения поставленной задачи могут использоваться следующие исходные данные:

n – количество инвестиционных проектов;

d_i – потребность в инвестициях i -го проекта, $i = 1, 2, \dots, n$;

\underline{a}_i – минимальная сумма, которую может инвестировать в i -й проект первый игрок, $i = 1, 2, \dots, n$;

\bar{a}_i – максимальная сумма, которую может инвестировать в i -й проект первый игрок, $i = 1, 2, \dots, n$;

A – максимальная сумма, которую может инвестировать во все проекты первый игрок;

\underline{b}_i – минимальная сумма, которую может инвестировать в i -й проект второй игрок, $i = 1, 2, \dots, n$;

\bar{b}_i – максимальная сумма, которую может инвестировать в i -й проект второй игрок, $i = 1, 2, \dots, n$;

B – максимальная сумма, которую может инвестировать во все проекты второй игрок;

p_i – доход первого игрока от реализации i -го проекта;

q_i – доход второго игрока от реализации i -го проекта;

r_i – рейтинг i -го проекта для первого игрока ($r_i \in \{1, 2, \dots, n\}$, $r_i = 1$ – наивысший рейтинг);

s_i – рейтинг i -го проекта для второго игрока.

Неизвестные:

x_i – сумма, инвестируемая в i -й проект первым игроком, $i = 1, 2, \dots, n$;

y_i – сумма, инвестируемая в i -й проект вторым игроком, $i = 1, 2, \dots, n$.

Постановка и решение задачи.

Вектор $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^n$, удовлетворяющий ограничениям

$$\begin{aligned} \underline{a}_i \leq x_i \leq \bar{a}_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \\ x_1 + x_2 + \dots + x_n \leq A, \end{aligned} \quad (1)$$

назовем *стратегией* первого игрока. Через X обозначим множество всех стратегий первого игрока. Аналогично, вектор $y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \in R^n$, удовлетворяющим ограничениям

$$\begin{aligned} \underline{b}_i \leq y_i \leq \bar{b}_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \\ y_1 + y_2 + \dots + y_n \leq B, \end{aligned} \quad (2)$$

назовем *стратегией* второго игрока. Через Y обозначим множество всех стратегий второго игрока.

Элемент $(x, y) \in X \times Y \subset R^n$ назовем *ситуацией*, декартово произведение $X \times Y$ – множеством ситуаций.

Введем функцию дохода первого игрока от реализации i -го проекта, $i = 1, 2, \dots, n$:

$$f_i(x_i, y_i) = \begin{cases} p_i, & \text{если } x_i + y_i \geq d_i, \\ 0, & \text{если } x_i + y_i < d_i. \end{cases} \quad (3)$$

Тогда *выигрыш (доходность)* первого игрока в ситуации (x, y) имеет вид:

$$H_1(x, y) = \sum_{i=1}^n f_i(x_i, y_i).$$

Аналогично вводится функция дохода второго игрока от реализации i -го проекта, $i = 1, 2, \dots, n$:

$$g_i(x_i, y_i) = \begin{cases} q_i, & \text{если } x_i + y_i \geq d_i, \\ 0, & \text{если } x_i + y_i < d_i \end{cases} \quad (4)$$

и *выигрыш (доходность)* второго игрока в ситуации (x, y) :

$$H_2(x, y) = \sum_{i=1}^n g_i(x_i, y_i).$$

Множество всех ситуаций $X \times Y$, т. е. множество всех векторов $(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_n)$, удовлетворяющих ограничениям (1), (2), представляет собой полиэдр (многогранник) в пространстве R^{2n} .

Рассмотрим в пространстве R^{2n} $2n$ полупространств $P_i^+ = \{(x, y) \in R^{2n} : x_i + y_i \geq d_i\}$, $P_i^- = \{(x, y) \in R^{2n} : x_i + y_i \leq d_i - \varepsilon\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$), где ε – малое положительное число. Из этих полупространств образуем непересекающиеся непустые множества вида $Q_k = P_1^* \cap P_2^* \cap \dots \cap P_n^*$, $k = 1, \dots, 2^n$, где вместо $*$ стоят знаки $+$ или $-$ (всевозможные сочетания знаков $+$ и $-$ дают именно 2^n множеств). В множестве всех ситуаций $X \times Y$ рассмотрим m непустых непересекающихся подмножеств $Z_k = Q_k \cap X \times Y$, $k = 1, \dots, m$, где $m \leq 2^n$. Каждое из множеств Z_k представляет собой выпуклый ограниченный многогранник. Считаем, что $Z_k = \emptyset$, если $k = m+1, \dots, 2^n$. Очевидно, для всех k ($1 \leq k \leq m$) функции f_i , g_i и, следовательно, $H_1(x, y)$, $H_2(x, y)$ постоянны на множестве Z_k , так как в выражениях (3) и (4) справедливо одно из неравенств $x_i + y_i \geq d_i$ или $x_i + y_i \leq d_i - \varepsilon$ (одно и то же для всех $(x, y) \in Z_k$). В каждом множестве Z_k выберем по одному представителю z_k (можно произвольному, но для определенности возьмем тот элемент, на котором функционал $f(x, y) = \sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i$ (суммарные инвестиции обоих игроков во все проекты) достигает наименьшего значения). Другими словами, $z_k = (x^{(k)}, y^{(k)}) = (x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}, y_1^{(k)}, y_2^{(k)}, \dots, y_n^{(k)})$ – это решение задачи линейного программирования: $f(x, y) \rightarrow \min, (x, y) \in Z_k$.

Определим функцию $R_1(x, y)$ – рейтинг ситуации (x, y) для первого игрока. Отсортируем векторы доходов $h_k = (f_1(x_1^{(k)}, y_1^{(k)}), f_2(x_2^{(k)}, y_2^{(k)}), \dots, f_n(x_n^{(k)}, y_n^{(k)}))$, $k = 1, \dots, m$, по убыванию координаты i с рейтингом $r_i = 1$, затем по убыванию

координаты i с рейтингом $r_i = 2$ и т. д. После этого, когда все векторы *лексикографически упорядочены*: $h_{k_1}, h_{k_2}, \dots, h_{k_m}$, положим $R_1(x, y) = 1$, если $(x, y) \in S_{k_1}$ (в частности, $R_1(z_k) = 1$); $R_1(x, y) = 2$, если $(x, y) \in S_{k_2}$; и т. д. $R_1(x, y) = m$, если $(x, y) \in S_{k_m}$. Аналогично определяется функция $R_2(x, y)$ – рейтинг ситуации (x, y) для второго игрока.

Среди всех ситуаций $z_k = (x^{(k)}, y^{(k)})$, $k = 1, \dots, m$ выберем ситуации, оптимальные по Парето. Ситуация $z^* = (x^*, y^*)$ называется *оптимальной по Парето* (или парето-оптимальной), если не существует более предпочтительной для обоих игроков ситуации $z = (x, y)$, т. е. такой, что $H_1(x^*, y^*) \leq H_1(x, y)$, $H_2(x^*, y^*) \leq H_2(x, y)$, $R_1(x^*, y^*) \geq R_1(x, y)$, $R_2(x^*, y^*) \geq R_2(x, y)$.

В результате проигрывания всевозможных сценариев выявляются оптимальные по Парето ситуации [111].

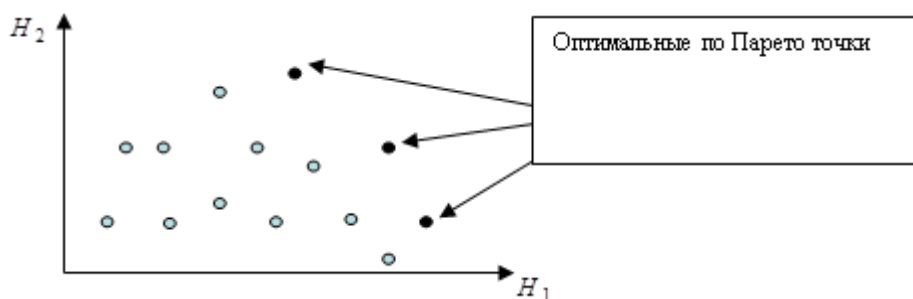


Рисунок П2.3 – Набор возможных ситуаций

На основании разработанной математической модели могут проигрываться различные сценарии взаимодействия операторской компании и субъекта.

Однако эффективное взаимодействие возможно только в том случае, если будут учитываться интересы обеих сторон. Для этого может использоваться показатель, который характеризует состоятельность субъекта: его промышленное развитие, платежеспособность и т. п.

Эти факторы необходимо учитывать при формировании коэффициента состоятельности регионального грузоотправителя (грузополучателя) $\tau_{\text{пер}}$:

$$\tau_{\text{пер}} = \frac{W_{\text{пер}}}{W_{\text{РФ}}},$$

где $W_{\text{пер}}$ – величина абсолютной состоятельности регионального грузоотправителя (грузополучателя);

$W_{\text{РФ}}$ – величина абсолютной состоятельности всех региональных грузоотправителей (грузополучателей) на данной территории РФ.

Величина абсолютной состоятельности $w_{\text{пер}}$ определяется по формуле

$$W_{\text{пер}} = \alpha_1 M_{\text{пер}} + \alpha_2 V_{\text{пер}} + \alpha_3 B_{\text{пер}} + \alpha_4 N_{\text{пер}} + \alpha_5 S_{\text{пер}} + \alpha_6 L_{\text{пер}} + \alpha_7 \Phi_{\text{пер}},$$

где $M_{\text{рег}}$ – тонны производства (погрузки), т/год;
 $V_{\text{рег}}$ – тонны потребления (выгрузки), т/год;
 $B_{\text{рег}}$ – бюджет регионального грузоотправителя (грузополучателя), руб/год;
 $N_{\text{рег}}$ – численность работников, чел;
 $S_{\text{рег}}$ – общая площадь (территория) предприятия, км²;
 $L_{\text{рег}}$ – развернутая длина железнодорожного подъездного пути необщего пользования (протяженность грузовых фронтов), км;
 $\Phi_{\text{рег}}$ – фактор федерального воздействия на регион, руб/год.
 $\alpha_1 \dots \alpha_7$ – весовые коэффициенты.

Величина абсолютной состоятельности территории Российской Федерации $W_{\text{рф}}$ определяется как сумма состоятельности региональных грузоотправителей (грузополучателей)

$$W_{\text{рф}} = W_{01} + W_{02} + \dots + W_{83} = \sum_{k=1}^R W_k ,$$

где R – число региональных грузоотправителей (грузополучателей).

Коэффициенты $\alpha_i > 0$ выполняют двойную роль. Первая функция коэффициентов линейной формы $w_{\text{рег}}$ – уравнивание размерностей. Коэффициенты уравнивают размерности складываемых величин так, чтобы было правомерно выполнять операцию сложения и в результате получать безразмерную величину $w_{\text{рег}}$. Вторая функция коэффициентов линейной формы $w_{\text{рег}}$ – придание соответствующей значимости веса учитываемым факторам.

Рассмотренные семь параметров наиболее интересны для ОАО «РЖД» и операторской компании потому, что они связаны с практической деятельностью.

Таблица ПЗ.1 – Площади областей диаграмм-«пауков» операторских компаний

<i>НефтеТрансСервис</i>								
a1=	192,5	м	a2=	191,8	м	a3=	102,7	м
b1=	192,2	м	b2=	166,2	м	b3=	81,6	м
c1=	191,8	м	c2=	102,7	м	c3=	91,1	м
p1=	288,3	м	p2=	230,4	м	p3=	137,7	м
S1=	15991	м2	S2=	8527	м2	S3=	3550	м2
a4=	81,6	м	a5=	192,2	м	a6=	192,1	м
b4=	82,7	м	b5=	82,7	м	b6=	192,3	м
c4=	82,1	м	c5=	167	м	c6=	192,5	м
p4=	123,2	м	p5=	220,9	м	p6=	288,5	м
S4=	2921	м2	S5=	6882	м2	S6=	16012	м2
S _{КО} =	53883,07			м2	K _{КО} =			0,33
<i>ФГК</i>								
a1=	224	м	a2=	221,7	м	a3=	41,2	м
b1=	221,7	м	b2=	41,2	м	b3=	41,8	м
c1=	222,8	м	c2=	204,3	м	c3=	41,6	м
p1=	334,3	м	p2=	233,6	м	p3=	62,3	м
S1=	21500	м2	S2=	3956	м2	S3=	746,9	м2
a4=	41,6	м	a5=	75,4	м	a6=	225,6	м
b4=	65,4	м	b5=	199	м	b6=	224,8	м
c4=	75,4	м	c5=	225,6	м	c6=	224	м
p4=	91,2	м	p5=	250	м	p6=	337,2	м
S4=	1358	м2	S5=	7370	м2	S6=	21882	м2
S _{КО} =	56812,31			м2	K _{КО} =			0,35
<i>UCL Rail</i>								
a1=	240,4	м	a2=	240,2	м	a3=	64,34	м
b1=	239,8	м	b2=	215,4	м	b3=	56,5	м
c1=	240,2	м	c2=	64,34	м	c3=	41,6	м
p1=	360,2	м	p2=	260	м	p3=	81,22	м
S1=	24969	м2	S2=	6694	м2	S3=	1159	м2
a4=	41,6	м	a5=	133,1	м	a6=	241,3	м
b4=	117,9	м	b5=	209,4	м	b6=	241,9	м
c4=	133,1	м	c5=	241,3	м	c6=	240,2	м
p4=	146,3	м	p5=	291,9	м	p6=	361,7	м
S4=	2396	м2	S5=	13911	м2	S6=	25177	м2
S _{КО} =	74306,09			м2	K _{КО} =			0,46
<i>Rail Garant</i>								
a1=	150	м	a2=	134,4	м	a3=	221,3	м
b1=	143,2	м	b2=	193,1	м	b3=	221,4	м
c1=	134,4	м	c2=	221,3	м	c3=	221,3	м
p1=	213,8	м	p2=	274,4	м	p3=	332	м
S1=	8744	м2	S2=	12878	м2	S3=	21213	м2
a4=	221,3	м	a5=	73,1	м	a6=	132,1	м
b4=	195,3	м	b5=	114,6	м	b6=	141,5	м
c4=	73,1	м	c5=	132,1	м	c6=	150	м
p4=	244,9	м	p5=	159,9	м	p6=	211,8	м
S4=	7005	м2	S5=	4181	м2	S6=	8564	м2
S _{КО} =	62584,59			м2	K _{КО} =			0,39
<i>Globaltrans</i>								
a1=	166,3	м	a2=	168,7	м	a3=	197,1	м
b1=	168,5	м	b2=	184,5	м	b3=	171,5	м
c1=	168,7	м	c2=	197,1	м	c3=	115,5	м
p1=	251,8	м	p2=	275,1	м	p3=	242	м
S1=	12196	м2	S2=	14394	м2	S3=	9855	м2
a4=	115,5	м	a5=	149,7	м	a6=	166,1	м
b4=	135,8	м	b5=	158,5	м	b6=	165,3	м
c4=	149,7	м	c5=	166,1	м	c6=	166,3	м
p4=	200,5	м	p5=	237,1	м	p6=	248,8	м
S4=	7484	м2	S5=	10765	м2	S6=	11917	м2
S _{КО} =	66610,66			м2	K _{КО} =			0,41
<i>Трансойл</i>								
a1=	126,4	м	a2=	149,9	м	a3=	94	м
b1=	139,7	м	b2=	131,3	м	b3=	94,8	м
c1=	149,9	м	c2=	94	м	c3=	95,6	м
p1=	208	м	p2=	187,6	м	p3=	142,2	м
S1=	8206	м2	S2=	6105	м2	S3=	3891	м2
a4=	95,6	м	a5=	43,3	м	a6=	134,9	м
b4=	82,9	м	b5=	119,3	м	b6=	130,8	м
c4=	43,3	м	c5=	134,9	м	c6=	126,4	м
p4=	110,9	м	p5=	148,8	м	p6=	196,1	м
S4=	1792	м2	S5=	2529	м2	S6=	7381	м2
S _{КО} =	29904,69			м2	K _{КО} =			0,18

Таблица ПЗ.2 – Анкета оценки рейтинга участков полигона СКЖД
 работниками аппарата управления компании-оператора
 Экспертные оценки рейтинга железнодорожных участков полигона СКЖД
 Участок в границах _____

Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка, поезд	Емкость путевого развития выходной станции участка, поезд
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Таблица ПЗ.3 – Экспертные оценки рейтинга ж.-д. участков полигона СКЖД работниками аппарата управления компании-оператора и коэффициенты конкордации, W ж.-д. участков полигона СКЖД

ЧЕРТКОВО – ЛИХАЯ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	Сумма, Σ
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	7	7	6	2	4	3	5	-
2	6	6	7	3	5	3	7	-
3	7	5	7	3	4	4	6	-
4	6	7	7	2	3	3	5	-
5	7	6	6	3	4	3	7	-
6	5	7	7	2	5	4	6	-
7	6	5	7	3	4	3	6	-
Сумма рангов, ΣX	44	43	47	18	29	23	42	246
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	35,14							35
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	9	8	12	-17	-6	-12	7	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	81	64	144	289	36	144	49	807
Коэффициент конкордации, W	0,59							
ЛИХАЯ-РОСТОВ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	Сумма, Σ
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	7	7	6	4	3	5	3	-
2	6	7	5	5	3	7	4	-
3	6	6	7	4	4	6	3	-
4	5	6	7	5	3	5	2	-
5	7	6	7	4	2	7	3	-
6	7	7	6	5	3	6	4	-
7	6	7	5	4	2	6	3	-
Сумма рангов, ΣX	44	46	42	31	20	42	22	247
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	35,29							35
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	9	11	7	-4	-15	7	-13	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	81	121	49	16	225	49	169	710
Коэффициент конкордации, W	0,52							
РОСТОВ-БАТАЙСК								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	Сумма, Σ
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	5	6	7	4	4	3	7	-
2	4	7	7	3	3	4	6	-
3	5	6	7	4	4	3	7	-
4	5	7	6	3	3	2	7	-
5	4	7	6	2	5	3	7	-
6	5	7	6	3	4	4	7	-
7	4	6	7	2	3	3	7	-
Сумма рангов, ΣX	32	46	46	21	26	22	48	241
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	34,43							34
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	-2	12	12	-13	-8	-12	14	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	4	144	144	169	64	144	196	865
Коэффициент конкордации, W	0,63							
РОСТОВ-ТАГАНРОГ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	Сумма, Σ
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	6	4	5	4	3	3	2	-
2	7	3	6	3	2	4	3	-
3	7	3	5	4	3	3	3	-
4	7	4	6	3	3	2	2	-
5	6	4	6	2	2	3	2	-
6	6	4	5	3	2	4	3	-
7	6	4	6	2	3	3	3	-
Сумма рангов, ΣX	45	26	39	21	18	22	18	189
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	27,00							27
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	18	-1	12	-6	-9	-5	-9	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	324	1	144	36	81	25	81	692
Коэффициент конкордации, W	0,50							

БАТАЙСК-СТАРОМИНСКАЯ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	7	5	5	4	3	7	3	-
2	5	7	4	3	2	6	3	-
3	5	6	4	4	4	7	3	-
4	7	5	4	3	3	7	2	-
5	6	7	5	5	3	7	3	-
6	5	7	4	4	2	7	3	-
7	5	6	4	3	3	7	3	-
Сумма рангов, ΣX	40	43	30	26	20	48	20	227
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	32,43							32
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	8	11	-2	-6	-12	16	-12	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	64	121	4	36	144	256	144	769
Коэффициент конкордации, W	0,56							
БАТАЙСК-АЗОВ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	3	4	2	4	3	7	2	-
2	3	4	3	3	2	6	3	-
3	4	6	2	4	3	7	3	-
4	3	3	2	3	3	7	2	-
5	4	4	3	5	2	7	3	-
6	4	3	2	4	3	7	4	-
7	4	6	3	3	2	7	2	-
Сумма рангов, ΣX	25	30	17	26	18	48	19	183
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	26,14							26
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	-1	4	-9	0	-8	22	-7	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	1	16	81	0	64	484	49	695
Коэффициент конкордации, W	0,51							
БАТАЙСК-ТИХОРЕЦКАЯ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	4	6	4	4	4	7	6	-
2	5	7	4	3	3	6	7	-
3	4	6	4	4	3	7	7	-
4	5	7	5	3	3	7	7	-
5	4	7	4	5	4	7	6	-
6	4	7	3	4	3	7	6	-
7	4	6	4	3	4	7	7	-
Сумма рангов, ΣX	30	46	28	26	24	48	46	248
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	35,43							35
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	-5	11	-7	-9	-11	13	11	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	25	121	49	81	121	169	121	687
Коэффициент конкордации, W	0,50							
СТАРОМИНСКАЯ-ТИМАШЕВСКАЯ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	5	5	7	3	4	3	4	-
2	6	7	5	2	2	3	3	-
3	6	6	7	4	3	3	3	-
4	7	6	6	3	3	2	4	-
5	5	7	6	2	2	3	4	-
6	6	7	5	2	3	3	3	-
7	6	6	5	3	3	3	4	-
Сумма рангов, ΣX	41	44	41	19	20	20	25	210
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	30,00							30
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	11	14	11	-11	-10	-10	-5	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	121	196	121	121	100	100	25	784
Коэффициент конкордации, W	0,57							

СТАРОМИНСКАЯ-ЕЙСК								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	6	5	4	3	2	3	2	-
2	5	4	5	2	2	3	2	-
3	6	5	5	4	2	3	2	-
4	7	6	7	3	2	2	3	-
5	5	6	5	2	3	3	2	-
6	6	4	5	2	2	3	3	-
7	6	4	6	3	3	3	2	-
Сумма рангов, ΣX	41	34	37	19	16	20	16	183
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	26,14							26
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	15	8	11	-7	-10	-6	-10	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	225	64	121	49	100	36	100	695
Коэффициент конкордации, W	0,51							
ТИМАШЕВСКАЯ-РАЗЪЕЗД 9 км								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	6	5	5	4	7	4	7	-
2	7	6	4	2	6	3	7	-
3	6	6	4	3	7	3	7	-
4	7	6	5	3	6	4	6	-
5	6	6	5	2	6	4	7	-
6	6	7	4	3	7	3	7	-
7	7	6	5	3	7	4	6	-
Сумма рангов, ΣX	45	42	32	20	46	25	47	257
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	36,71							37
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	8	5	-5	-17	9	-12	10	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	64	25	25	289	81	144	100	728
Коэффициент конкордации, W	0,53							
ТИМАШЕВСКАЯ-КРАСНОДАР								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	6	6	7	4	3	4	4	-
2	7	5	6	2	2	3	3	-
3	5	6	7	3	3	3	4	-
4	6	7	6	3	3	4	3	-
5	7	5	6	2	4	4	3	-
6	6	7	5	3	2	3	4	-
7	7	6	6	3	4	4	3	-
Сумма рангов, ΣX	44	42	43	20	21	25	24	219
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	31,29							31
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	13	11	12	-11	-10	-6	-7	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	169	121	144	121	100	36	49	740
Коэффициент конкордации, W	0,54							
КРАСНОДАР-ТУАПСЕ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	7	6	6	3	4	4	3	-
2	6	4	7	3	2	3	4	-
3	7	5	7	4	3	4	4	-
4	6	4	7	3	3	4	3	-
5	7	6	6	4	4	3	4	-
6	7	5	6	2	3	4	3	-
7	6	4	7	4	2	3	4	-
Сумма рангов, ΣX	46	34	46	23	21	25	25	220
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	31,43							31
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	15	3	15	-8	-10	-6	-6	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	225	9	225	64	100	36	36	695
Коэффициент конкордации, W	0,51							

РАЗЪЕЗД 9 км-НОВОРОССИЙСК								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	4	7	4	7	3	7	7	-
2	3	7	3	6	4	7	6	-
3	4	6	4	7	4	7	6	-
4	4	7	4	6	5	6	7	-
5	3	6	4	6	4	7	7	-
6	4	7	3	7	3	7	6	-
7	4	7	4	7	4	6	7	-
Сумма рангов, ΣX	26	47	26	46	27	47	46	265
Средняя арифметическая сумма рангов, X'	37,86							38
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X')$	-12	9	-12	8	-11	9	8	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X')^2$	144	81	144	64	121	81	64	699
Коэффициент конкордации, W	0,51							
РАЗЪЕЗД 9 км-КРЫМСКАЯ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	4	6	3	7	3	7	4	-
2	3	7	3	6	4	7	4	-
3	4	6	4	7	3	7	3	-
4	4	7	3	6	3	6	4	-
5	3	7	4	6	3	7	3	-
6	4	7	3	7	4	7	3	-
7	3	6	4	7	3	6	4	-
Сумма рангов, ΣX	25	46	24	46	23	47	25	236
Средняя арифметическая сумма рангов, X'	33,71							34
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X')$	-9	12	-10	12	-11	13	-9	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X')^2$	81	144	100	144	121	169	81	840
Коэффициент конкордации, W	0,61							
РАЗЪЕЗД 9 км-ЮРОВСКИЙ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	6	5	4	7	2	7	2	-
2	5	4	5	6	2	7	3	-
3	6	5	4	7	3	7	2	-
4	5	5	4	6	2	6	2	-
5	5	4	5	6	2	7	2	-
6	6	5	4	7	2	7	2	-
7	5	4	5	7	2	6	2	-
Сумма рангов, ΣX	38	32	31	46	15	47	15	224
Средняя арифметическая сумма рангов, X'	32,00							32
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X')$	6	0	-1	14	-17	15	-17	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X')^2$	36	0	1	196	289	225	289	1036
Коэффициент конкордации, W	0,76							
ЮРОВСКИЙ-ТЕМРЮК								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	4	5	6	2	2	2	2	-
2	5	4	5	2	2	3	2	-
3	5	4	5	3	2	2	3	-
4	4	5	7	2	2	2	2	-
5	5	5	4	2	2	2	2	-
6	4	6	5	2	2	2	2	-
7	5	5	6	2	2	2	2	-
Сумма рангов, ΣX	32	34	38	15	14	15	15	163
Средняя арифметическая сумма рангов, X'	23,29							23
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X')$	9	11	15	-8	-9	-8	-8	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X')^2$	81	121	225	64	81	64	64	700
Коэффициент конкордации, W	0,51							

ЮРОВСКИЙ-КАВКАЗ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	7	4	5	2	3	2	3	-
2	5	5	6	2	2	3	2	-
3	6	5	5	3	3	2	2	-
4	5	4	6	2	2	2	3	-
5	6	5	6	2	3	2	2	-
6	5	4	6	2	2	2	3	-
7	6	4	5	2	2	2	2	-
Сумма рангов, ΣX	40	31	39	15	17	15	17	174
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	24,86							25
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	15	6	14	-10	-8	-10	-8	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	225	36	196	100	64	100	64	785
Коэффициент конкордации, W	0,57							
ЮРОВСКИЙ-ТАМАНЬ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	6	5	4	2	2	2	2	-
2	5	5	6	2	3	3	2	-
3	5	4	5	3	2	2	2	-
4	6	4	6	2	2	2	3	-
5	5	4	5	2	3	2	2	-
6	6	5	6	2	2	2	3	-
7	5	4	5	2	2	2	2	-
Сумма рангов, ΣX	38	31	37	15	16	15	16	168
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	24,00							24
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	14	7	13	-9	-8	-9	-8	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	196	49	169	81	64	81	64	704
Коэффициент конкордации, W	0,51							
ЮРОВСКИЙ-АНАПА								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	7	5	7	2	2	2	3	-
2	6	4	5	2	2	3	3	-
3	5	5	6	3	2	2	2	-
4	5	4	6	2	3	2	3	-
5	6	5	5	2	2	2	3	-
6	5	5	6	2	2	2	2	-
7	4	4	5	2	3	2	2	-
Сумма рангов, ΣX	38	32	40	15	16	15	18	174
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	24,86							25
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	13	7	15	-10	-9	-10	-7	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	169	49	225	100	81	100	49	773
Коэффициент конкордации, W	0,56							
КОТЕЛЬНО-САЛЬСК								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	7	6	7	3	4	3	3	-
2	6	7	6	2	3	3	5	-
3	5	6	7	3	4	4	4	-
4	7	6	5	4	3	4	4	-
5	6	7	6	3	4	3	3	-
6	7	5	7	3	3	4	3	-
7	7	7	6	4	4	3	4	-
Сумма рангов, ΣX	45	44	44	22	25	24	26	230
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	32,86							33
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	12	11	11	-11	-8	-9	-7	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	144	121	121	121	64	81	49	701
Коэффициент конкордации, W	0,51							

САЛЬСК-ТИХОРЕЦКАЯ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	7	6	7	4	4	3	6	-
2	6	6	7	3	3	5	7	-
3	7	7	6	4	3	4	7	-
4	6	6	5	3	3	5	7	-
5	6	6	7	4	4	3	6	-
6	7	7	7	3	3	3	6	-
7	6	7	6	4	4	4	7	-
Сумма рангов, ΣX	45	45	45	25	24	27	46	257
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	36,71							37
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	8	8	8	-12	-13	-10	9	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	64	64	64	144	169	100	81	686
Коэффициент конкордации, W	0,50							
ТИХОРЕЦКАЯ-КРАСНОДАР								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	6	3	6	4	3	6	4	-
2	6	3	5	3	2	7	3	-
3	6	3	6	3	3	7	4	-
4	7	3	5	3	3	7	3	-
5	7	4	5	4	4	6	3	-
6	6	3	6	3	2	6	4	-
7	7	4	5	4	4	7	3	-
Сумма рангов, ΣX	45	23	38	24	21	46	24	221
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	31,57							32
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	13	-9	6	-8	-11	14	-8	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	169	81	36	64	121	196	64	731
Коэффициент конкордации, W	0,53							
КРАСНОДАР-КРЫМСКАЯ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	6	4	6	3	3	4	4	-
2	7	2	7	2	4	3	4	-
3	6	3	6	3	3	4	3	-
4	6	3	7	3	3	3	4	-
5	7	3	6	4	3	3	3	-
6	6	3	6	2	4	4	3	-
7	7	4	7	4	3	3	4	-
Сумма рангов, ΣX	45	22	45	21	23	24	25	205
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	29,29							29
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	16	-7	16	-8	-6	-5	-4	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	256	49	256	64	36	25	16	702
Коэффициент конкордации, W	0,51							
КРЫМСКАЯ-НОВОРОССИЙСК								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	4	6	6	3	3	4	7	-
2	4	6	7	4	4	4	6	-
3	3	7	6	3	4	3	5	-
4	4	6	7	3	5	4	7	-
5	5	7	7	3	4	3	7	-
6	4	7	7	4	3	4	6	-
7	3	7	6	3	4	4	7	-
Сумма рангов, ΣX	27	46	46	23	27	26	45	240
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	34,29							34
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	-7	12	12	-11	-7	-8	11	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	49	144	144	121	49	64	121	692
Коэффициент конкордации, W	0,50							

КРЫМСКАЯ-ГРУШЕВАЯ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	2	3	5	7	2	6	2	-
2	2	4	5	4	2	4	3	-
3	4	5	5	6	2	5	2	-
4	2	6	5	5	2	7	2	-
5	4	5	6	6	3	5	2	-
6	3	4	5	4	2	6	2	-
7	2	3	5	6	2	5	2	-
Сумма рангов, ΣX	19	30	36	38	15	38	15	191
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	27,29							27
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	-8	3	9	11	-12	11	-12	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	64	9	81	121	144	121	144	684
Коэффициент конкордации, W	0,50							
МОРОЗОВСКАЯ-ЛИХАЯ								
Показатели	Расстояние, км (эксплуатационное состояние, ограничение скорости движения, состояние пути)	Пропускная способность, поезд/сут	Время хода поезда на участке, ч	Продолжительность обработки поезда на входной станции участка, ч	Продолжительность обработки поезда на выходной станции участка, ч	Емкость путевого развития входной станции участка	Емкость путевого развития выходной станции участка	
№№ экспертов	1	2	3	4	5	6	7	Сумма, Σ
1	6	6	4	3	4	3	5	-
2	7	6	5	2	5	4	7	-
3	6	7	4	3	4	3	6	-
4	7	6	3	3	3	4	5	-
5	6	6	2	2	4	4	7	-
6	7	6	4	2	5	3	6	-
7	6	7	3	4	4	4	6	-
Сумма рангов, ΣX	45	44	25	19	29	25	42	229
Средняя арифметическая сумма рангов, X^*	32,71							33
Отклонение от средней суммы рангов, $(X-X^*)$	12	11	-8	-14	-4	-8	9	-
Квадраты отклонений суммы рангов, $(X-X^*)^2$	144	121	64	196	16	64	81	686
Коэффициент конкордации, W	0,50							

Таблица ПЗ.4 – Ведомость показателей работы участков полигона припортовой железной дороги

№ п/п	Участок полигона		Расстояние, км		Теоретическая пропускная способность		Время хода (t _х) поезда на участке, ч		Обработка поезда, мин												Емкость путевого развития, ваг					
									t _{пр}		t _{об}				t _{о.отпр}				t _{об}		t _{от}		(i)		(j)	
									7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
	(i)	(j)	r ₁	k ₁	r ₂	k ₂	r ₃	k ₃	(ij)	(i)	r ₄	(j)	r ₅	(i)	r ₄	(j)	r ₅	k ₄	k ₅	(ij)	r ₆	k ₆	r ₇	k ₇		
Коридор «Север-Юг»																										
1	Сохрановка	Лихая	161	0,953	160	1,000	5,19	0,95	5	45	1,000	15	0,333	16	0,533	30	1,000	1,533	1,333	2	917,3	0,113	4613,5	0,570		
2	Лихая	Ростов	164	0,970	160	1,000	5,29	0,97	5	15	0,333	45	1,000	30	1,000	16	0,533	1,333	1,533	2	4613,5	0,570	1977,4	0,244		
3	Ростов	Батайск	10	0,059	160	1,000	0,32	0,06	5	45	1,000	15	0,333	16	0,533	30	1,000	1,533	1,333	2	1977,4	0,244	8087,8	1,000		
4		Таганрог	71	0,420	160	1,000	2,29	0,42	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	1977,4	0,244	968,6	0,120		
5	Батайск	Староминская	96	0,568	160	1,000	3,10	0,57	5	15	0,333	45	1,000	30	1,000	16	0,533	1,333	1,533	2	8087,8	1,000	816,2	0,101		
6		Азов	30	0,178	66	0,413	0,97	0,18	5	15	0,333	45	1,000	30	1,000	16	0,533	1,333	1,533	2	8087,8	1,000	481,7	0,060		
7		Тихорецкая	169	1,000	160	1,000	5,45	1,00	5	15	0,333	45	1,000	30	1,000	16	0,533	1,333	1,533	2	8087,8	1,000	3640,6	0,450		
8	Староминская	Тимашевская	107	0,633	160	1,000	3,45	0,63	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	816,2	0,101	1120,2	0,139		
9		Ейск	66	0,391	66	0,413	2,13	0,39	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	816,2	0,101	399	0,049		
10	Тимашевская	Рзд 9 км	112	0,663	160	1,000	3,61	0,66	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	1120,2	0,139	3355,8	0,415		
11		Краснодар	73	0,432	160	1,000	2,35	0,43	5	45	1,000	15	0,333	16	0,533	30	1,000	1,533	1,333	2	1120,2	0,139	1338,2	0,165		
12	Краснодар	Туапсе	146	0,864	66	0,413	4,71	0,86	5	15	0,333	45	1,000	30	1,000	16	0,533	1,333	1,533	2	1338,2	0,165	1547,4	0,191		
13	Рзд 9 км	Новороссийск	57	0,337	160	1,000	1,84	0,34	5	45	1,000	15	0,333	16	0,533	30	1,000	1,533	1,333	2	3355,8	0,415	2952,6	0,365		
14		Юровский	59	0,349	160	1,000	1,90	0,35	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	3355,8	0,415	193,7	0,024		
15		Крымская	8	0,047	160	1,000	0,26	0,05	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	3355,8	0,415	1237,7	0,153		
16	Юровский	Темрюк	31	0,183	66	0,413	1,00	0,18	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	193,7	0,024	178,8	0,022		
17		Кавказ	97	0,574	66	0,413	3,13	0,57	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	193,7	0,024	320,9	0,040		
18		Тамань	53	0,314	66	0,413	1,71	0,31	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	193,7	0,024	228,2	0,028		
19		Анапа	28	0,166	66	0,413	0,90	0,17	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	193,7	0,024	435,5	0,054		
Коридор «Трансиб»																										
1	Сальск	Тихорецкая	147	0,742	66	0,413	4,74	0,74	5	45	1,000	15	0,333	16	0,533	30	1,000	1,533	1,333	2	1640,06	0,355	3640,6	0,789		
2	Тихорецкая	Краснодар	136	0,687	66	0,413	4,39	0,69	5	15	0,333	15	0,333	30	1,000	30	1,000	1,333	1,333	2	3640,6	0,789	1338,2	0,290		
3	Краснодар	Крымская	86	0,434	66	0,413	2,77	0,43	5	15	0,333	45	1,000	30	1,000	16	0,533	1,333	1,533	2	1338,2	0,290	1237,7	0,268		
4	Крымская	Новороссийск	49	0,247	160	1,000	1,58	0,25	5	45	1,000	15	0,333	16	0,533	30	1,000	1,533	1,333	2	1237,7	0,268	2952,6	0,640		
5		Грушевая	22	0,111	66	0,413	0,71	0,11	5	45	1,000	45	1,000	16	0,533	16	0,533	1,533	1,533	2	1237,7	0,268	325,7	0,071		
6	Морозовская	Лихая	150	0,758	160	1,000	4,84	0,76	5	45	1,000	15	0,333	16	0,533	30	1,000	1,533	1,333	2	1249,3	0,271	4613,5	1,000		
7	Лихая	Ростов	164	0,828	160	1,000	5,29	0,83	5	15	0,333	45	1,000	30	1,000	16	0,533	1,333	1,533	2	4613,5	1,000	1977,4	0,429		

Таблица П4.1 – Расчет аналитических зависимостей стоимости перевозки груза операторской компанией АО «ФГК» для станций Сальск и Белореченская

210

		АО «ФГК»		Сальск	
		L	C		
n	x	y	x ²	x · y	
1	196	21,8	38 416	4272,8	
2	207	25,6	42 849	5299,2	
3	262	23,8	68 644	6235,6	
4	339	24,8	114 921	8407,2	
5	418	27,7	174 724	11 578,6	
6	429	29,4	184 041	12 612,6	
7	467	33,2	218 089	15 504,4	
8	533	32,2	284 089	17 162,6	
9	864	39,4	746 496	34 041,6	
сумма x	3715	-	-	-	
сумма x ²	-	-	1 872 269	-	
сумма y	-	257,9	-	-	
сумма xy	-	-	-	115 114,6	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
3715	q+	9	p =	257,9	
1 872 269	q+	3715	p =	115 114,6	
	Δ =	3715	9	=	-3 049 196
		1 872 269	3715		
	Δq =	257,9	9	=	-77 932,9
		115 114,6	3715		
	Δp =	3715	257,9	=	-55 207 436,1
		1 872 269	115 114,6		
	q =	0,02555851			
	p =	18,1055715			
г. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 18,11					

		АО «ФГК»		Белореченская	
		L	C		
n	x	y	x ²	x · y	
1	126	21,6	15 876	2721,6	
2	345	26,4	119 025	9108	
3	394	31,9	155 236	12 568,6	
4	424	28,4	179 776	12 041,6	
5	435	33	189 225	14 355	
6	460	30,9	211 600	14 214	
7	480	29,2	230 400	14 016	
8	486	31,1	236 196	15 114,6	
9	697	36,2	485 809	25 231,4	
сумма x	3847	-	-	-	
сумма x ²	-	-	1 823 143	-	
сумма y	-	268,7	-	-	
сумма xy	-	-	-	119 370,8	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
3847	q+	9	p =	268,7	
1 823 143	q+	3847	p =	119 370,8	
	Δ =	3847	9	=	-1 608 878
		1 823 143	3847		
	Δq =	268,7	9	=	-40 648,3
		119 370,8	3847		
	Δp =	3847	268,7	=	-30 659 056,5
		1 823 143	119 370,8		
	q =	0,025265			
	p =	19,056172			
г. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 19,06					

Таблица П4.2 – Расчет аналитических зависимостей стоимости перевозки груза операторской компанией АО «ФГК» для станций Полтавская и Божковская

211

	АО «ФГК»		Полтавская		
	L	C			
n	x	y	x ²	x · y	
1	102	15	10 404	1530	
2	135	19,8	18 225	2673	
3	201	18,5	40 401	3718,5	
4	240	17,4	57 600	4176	
5	261	20,3	68 121	5298,3	
6	289	19,5	83 521	5635,5	
7	300	24,1	90 000	7230	
8	351	22,1	123 201	7757,1	
9	930	37	864 900	34 410	
сумма x	2809	-	-	-	
сумма x ²	-	-	1 356 373	-	
сумма y	-	193,7	-	-	
сумма xy	-	-	-	72 428,4	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
2809	q+	9	p =	193,7	
1 356 373	q+	2809	p =	72 428,4	
	Δ =	2809	9	=	-4 316 876
		1 356 373	2809		
	Δq =	193,7	9	=	-107 752,3
		72 428,4	2809		
	Δp =	2809	193,7	=	-59 278 074,5
		1 356 373	72 428,4		
	q =	0,02496071			
	p =	13,7317066			
г. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 18,11					

	АО «ФГК»		Божковская		
	L	C			
n	x	y	x ²	x · y	
1	157	16,3	24 649	2559,1	
2	189	22	35 721	4158	
3	241	19	58 081	4579	
4	321	19,9	103 041	6387,9	
5	531	27	281 961	14 337	
6	564	31,7	318 096	17 878,8	
7	581	29,6	337 561	17 197,6	
8	630	28	396 900	17 640	
9	1045	36,8	1 092 025	38 456	
сумма x	4259	-	-	-	
сумма x ²	-	-	2 648 035	-	
сумма y	-	230,3	-	-	
сумма xy	-	-	-	123 193,4	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
4259	q+	9	p =	230,3	
2 648 035	q+	4259	p =	123 193,4	
	Δ =	4259	9	=	-5 693 234
		2 648 035	4259		
	Δq =	230,3	9	=	-127 892,9
		123 193,4	4259		
	Δp =	4259	230,3	=	-85 161 769,9
		2 648 035	123 193,4		
	q =	0,022464			
	p =	14,958417			
г. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 14,95					

Таблица П4.3 – Расчет аналитических зависимостей стоимости перевозки груза операторской компанией АО «ПГК» для станций Краснодар-Сортировочный и Ростов-Западный

212

	АО «ПГК»		Краснодар-Сорт.		
	L	C			
n	x	y	x ²	x · y	
1	113	14,8	12 769	1672,4	
2	140	15,2	19 600	2128	
3	152	15,5	23 104	2356	
4	189	16,2	35 721	3061,8	
5	196	16,2	38 416	3175,2	
6	255	17,2	65 025	4386	
7	289	17,8	83 521	5144,2	
8	294	17,8	86 436	5233,2	
9	311	18,2	96 721	5660,2	
10	366	20,7	133 956	7576,2	
11	445	21,8	198 025	9701	
12	786	28,3	617 796	22 243,8	
сумма x	3536	-	-	-	
сумма x ²	-	-	1 411 090	-	
сумма y	-	219,7	-	-	
сумма xy	-	-	-	72 338	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
3536	q+	12	p =	219,7	
1 411 090	q+	3536	p =	72 338	
	Δ =	3536	12	=	-4 429 784
		1 411 090	3536		
	Δq =	219,7	12	=	-91 196,8
		72 338	3536		
	Δp =	3536	219,7	=	-54 229 305
		1 411 090	72 338		
	q =	0,020587			
	p =	12,24198			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 12,24					

	АО «ПГК»		Ростов-Зап.		
	L	C			
n	x	y	x ²	x · y	
1	14	11,2	196	156,8	
2	32	11,6	1024	371,2	
3	52	12,1	2704	629,2	
4	61	12,3	3721	750,3	
5	183	16,2	33 489	2964,6	
6	367	20,8	134 689	7633,6	
7	394	21,3	155 236	8392,2	
8	427	21,8	182 329	9308,6	
9	434	21,7	188 356	9417,8	
10	444	21,8	197 136	9679,2	
11	493	24,2	243 049	11 930,6	
12	908	30,1	824 464	27 330,8	
сумма x	3809	-	-	-	
сумма x ²	-	-	1966393	-	
сумма y	-	225,1	-	-	
сумма xy	-	-	-	88 564,9	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
3809	q+	12	p =	225,1	
1 966 393	q+	3809	p =	88 564,9	
	Δ =	3809	12	=	-9 088 235
		1 966 393	3809		
	Δq =	225,1	12	=	-205 372,9
		88 564,9	3809		
	Δp =	3809	225,1	=	-105 291 360,2
		1 966 393	88 564,9		
	q =	0,022598			
	p =	11,58546			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 11,58					

Таблица П4.4 – Расчет аналитических зависимостей стоимости перевозки груза операторской компанией АО «ПГК» для станций Несветай и Дзегута

213

	АО «ПГК»		Несветай		
	L	C			
n	x	y	x ²	x · y	
1	96	12,8	9216	1228,8	
2	113	14,8	12 769	1672,4	
3	134	15,2	17 956	2036,8	
4	156	15,6	24 336	2433,6	
5	201	16,5	40 401	3316,5	
6	471	22,3	221 841	10 503,3	
7	498	24,3	248 004	12 101,4	
8	531	24,7	281 961	13 115,7	
9	538	24,7	289 444	13 288,6	
10	548	25,1	300 304	13 754,8	
11	597	25,6	356 409	15 283,2	
12	1012	31,4	1 024 144	31 776,8	
сумма x	4895	-	-	-	
сумма x ²	-	-	2 826 785	-	
сумма y	-	253	-	-	
сумма xy	-	-	-	120 511,9	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
4895	q+	12	p =	253	
2 826 785	q+	4895	p =	120 511,9	
	Δ =	4895	12	=	-9 960 395
		2 826 785	4895		
	Δq =	253	12	=	-207 707,8
		120 511,9	4895		
	Δp =	4895	253	=	-125 270 854,5
		2 826 785	120 511,9		
	q =	0,020853			
	p =	12,5769			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 12,57					

	АО «ПГК»		Дзегута		
	L	C			
n	x	y	x ²	x · y	
1	378	20,8	142 884	7862,4	
2	449	21,7	201 601	9743,3	
3	454	22,2	206 116	10 078,8	
4	454	22,2	206 116	10 078,8	
5	471	22,2	221 841	10 456,2	
6	481	24,2	231 361	11 640,2	
7	522	24,7	272 484	12 893,4	
8	530	24,7	280 900	13 091	
9	537	24,7	288 369	13 263,9	
10	579	25,6	335 241	14 822,4	
11	596	25,6	355 216	15 257,6	
12	605	24,5	366 025	14 822,5	
сумма x	6056	-	-	-	
сумма x ²	-	-	3 108 154	-	
сумма y	-	283,1	-	-	
сумма xy	-	-	-	144 010,5	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
6056	q+	12	p =	283,1	
3 108 154	q+	6056	p =	144 010,5	
	Δ =	6056	12	=	-622 712
		3 108 154	6056		
	Δq =	283,1	12	=	-13 672,4
		144 010,5	6056		
	Δp =	6056	283,1	=	-7 790 809,4
		3 108 154	144 010,5		
	q =	0,021956			
	p =	12,5111			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 12,51					

Таблица П4.5 – Расчет аналитических зависимостей стоимости перевозки груза операторской компанией АО «ПГК» для станций Сосыка-Ейская и Батайск

214

	АО «ПГК»		Сосыка-Ейская		
	L	C			
n	x	y	x ²	x · y	
1	143	15,6	20 449	2230,8	
2	148	15,6	21 904	2308,8	
3	165	15,9	27 225	2623,5	
4	216	16,6	46 656	3585,6	
5	286	17,9	81 796	5119,4	
6	299	17,8	89 401	5322,2	
7	313	18,2	97 969	5696,6	
8	324	19,8	104 976	6415,2	
9	362	20,8	131 044	7529,6	
10	369	20,7	136 161	7638,3	
11	428	21,8	183 184	9330,4	
12	759	27,8	576 081	21 100,2	
сумма x	3812	-	-	-	
сумма x ²	-	-	1 516 846	-	
сумма y	-	228,5	-	-	
сумма xy	-	-	-	78 900,6	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
3812	q+	12	p =	228,5	
1 516 846	q+	3812	p =	78 900,6	
	Δ =	3812	12	=	-3 670 808
		1 516 846	3812		
	Δq =	228,5	12	=	-75 765,2
		78 900,6	3812		
	Δp =	3812	228,5	=	-45 830 223,8
		1 516 846	78 900,6		
	q =	0,02064			
	p =	12,48505			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 12,48					

	АО «ПГК»		Батайск		
	L	C			
n	x	y	x ²	x · y	
1	8	11,1	64	88,8	
2	13	11,2	169	145,6	
3	30	11,5	900	345	
4	85	12,7	7225	1079,5	
5	164	15,9	26 896	2607,6	
6	345	20,3	119 025	7003,5	
7	372	20,7	138 384	7700,4	
8	405	21,2	164 025	8586	
9	412	21,2	169 744	8734,4	
10	423	21,7	178 929	9179,1	
11	471	22,2	221 841	10 456,2	
12	886	30	784 996	26 580	
сумма x	3614	-	-	-	
сумма x ²	-	-	1 812 198	-	
сумма y	-	219,7	-	-	
сумма xy	-	-	-	82 506,1	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
3614	q+	12	p =	219,7	
1 812 198	q+	3614	p =	82 506,1	
	Δ =	3614	12	=	-8 685 380
		1 812 198	3614		
	Δq =	219,7	12	=	-196 077,4
		82 506,1	3614		
	Δp =	3614	219,7	=	-99 962 855,2
		1 812 198	82 506,1		
	q =	0,022576			
	p =	11,50932			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид: y = 0,02x + 11,5					

Таблица П4.6 – Расчет аналитических зависимостей стоимости перевозки груза операторской компанией АО «ТрансКонтейнер» для станций Ростов-Товарный и Краснодар-Сортировочный

		ПАО «ТрансКонтейнер»		Ростов-Тов.	
		<i>L</i>	<i>C</i>		
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	x^2	$x \cdot y$	
1	11	23,23	121	255,53	
2	11	23,23	121	255,53	
3	49	23,92	2401	1172,08	
4	77	24,6	5929	1894,2	
5	181	28,2	32 761	5104,2	
6	391	32,54	152 881	12 723,14	
7	424	33,9	179 776	14 373,6	
8	441	33,9	194 481	14 949,9	
9	905	42,66	819 025	38 607,3	
сумма <i>x</i>	2490	-	-	-	
сумма x^2	-	-	1 387 496	-	
сумма <i>y</i>	-	266,18	-	-	
сумма <i>xy</i>	-	-	-	89 335,48	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
2490	<i>q</i> +	9	<i>p</i> =	266,18	
1 387 496	<i>q</i> +	2490	<i>p</i> =	89 335,48	
	Δ =	2490	9	=	-6 287 364
		1 387 496	2490		
	Δq =	266,18	9	=	-141 231,12
		89 335,48	2490		
	Δp =	2490	266,18	=	-146 878 340,1
		1 387 496	89 335,48		
	<i>q</i> =	0,022463			
	<i>p</i> =	23,36088			
г. о. искомая зависимость для станции имеет вид: $y = 0,022x + 23,36$					

		ПАО «ТрансКонтейнер»		Краснодар-Сорт.	
		<i>L</i>	<i>C</i>		
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	x^2	$x \cdot y$	
1	140	26,44	19 600	3701,6	
2	152	27,68	23 104	4207,36	
3	189	28,34	35 721	5356,26	
4	251	29,32	63 001	7359,32	
5	289	29,96	83 521	8658,44	
6	294	29,96	86 436	8808,24	
7	311	30,36	96 721	9441,96	
8	366	32,99	133 956	12 074,34	
9	786	40,91	617 796	32 155,26	
сумма <i>x</i>	2778	-	-	-	
сумма x^2	-	-	1 159 856	-	
сумма <i>y</i>	-	275,96	-	-	
сумма <i>xy</i>	-	-	-	91 762,78	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
2778	<i>q</i> +	9	<i>p</i> =	275,96	
1 159 856	<i>q</i> +	2778	<i>p</i> =	91 762,78	
	Δ =	2778	9	=	-272 1420
		1 159 856	2778		
	Δq =	275,96	9	=	-59 248,14
		91 762,78	2778		
	Δp =	2778	275,96	=	-65 156 858,92
		1 159 856	91 762,78		
	<i>q</i> =	0,021771			
	<i>p</i> =	23,94223			
г. о. искомая зависимость для станции имеет вид: $y = 0,021x + 23,94$					

Таблица П4.7 – Расчет аналитических зависимостей стоимости перевозки груза операторской компанией АО «ТрансКонтейнер» для станций Владикавказ и Скачки

	ПАО «ТрансКонтейнер»		Владикавказ		
	<i>L</i>	<i>C</i>			
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i> ²	<i>x</i> · <i>y</i>	
1	410	33,65	168100	13796,5	
2	626	36,99	391876	23155,74	
3	696	38,22	484416	26601,12	
4	701	41,76	491401	29273,76	
5	701	38,22	491401	26792,22	
6	718	38,22	515524	27441,96	
7	728	39,73	529984	28923,44	
8	769	41,11	591361	31613,59	
9	777	41,11	603729	31942,47	
сумма <i>x</i>	6126	-	-	-	
сумма <i>x</i> ²	-	-	4267792	-	
сумма <i>y</i>	-	349,01	-	-	
сумма <i>xy</i>	-	-	-	239540,8	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
6126	<i>q</i> +	9	<i>p</i> =	349,01	
4267792	<i>q</i> +	6126	<i>p</i> =	239 540,8	
	Δ =	6126	9	=	-882 252
		4 267 792	6126		
	Δq =	349,01	9	=	-17 831,94
		239 540,8	6126		
	Δp =	6126	349,01	=	-22 075 145,12
		4 267 792	239 540,8		
	<i>q</i> =	0,020212			
	<i>p</i> =	25,02136			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид: $y = 0,020x + 25,02$					

	ПАО «ТрансКонтейнер»		Скачки		
	<i>L</i>	<i>C</i>			
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>x</i> ²	<i>x</i> · <i>y</i>	
1	432	33,94	186 624	14 662,08	
2	454	34,38	206 116	15 608,52	
3	524	37,02	274 576	19 398,48	
4	529	37,43	279 841	19 800,47	
5	529	37,02	279 841	19 583,58	
6	546	37,44	298 116	20 442,24	
7	556	36,6	309 136	20 349,6	
8	597	36,76	356 409	21 945,72	
9	605	36,76	366 025	22 239,8	
сумма <i>x</i>	4772	-	-	-	
сумма <i>x</i> ²	-	-	2 556 684	-	
сумма <i>y</i>	-	327,35	-	-	
сумма <i>xy</i>	-	-	-	174 030,5	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
4772	<i>q</i> +	9	<i>p</i> =	327,35	
2 556 684	<i>q</i> +	4772	<i>p</i> =	174 030,5	
	Δ =	4772	9	=	-238 172
		2 556 684	4772		
	Δq =	327,35	9	=	-4160,21
		174 030,5	4772		
	Δp =	4772	327,35	=	-6 457 009,12
		2 556 684	174 030,5		
	<i>q</i> =	0,017467			
	<i>p</i> =	27,1107			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид: $y = 0,017x + 27,11$					

Таблица П4.8 – Расчет аналитических зависимостей стоимости перевозки груза операторской компанией АО «ПГК» для станций Новоліпецк и Ворсино

	АО «ПГК»		Новоліпецк		
	L	C			
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	x^2	$x \cdot y$	
1	1546	123,95	2 390 116	191 626,7	
2	1611	128,97	2 595 321	207 770,7	
3	1663	128,97	2 765 569	214 477,1	
4	1670	129,63	2 788 900	216 482,1	
5	1700	129,63	2 890 000	220 371,0	
сумма <i>x</i>	8190	-	-	-	
сумма x^2	-	-	13 429 906	-	
сумма <i>y</i>	-	641,15	-	-	
сумма <i>xy</i>	-	-	-	1 050 728	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
8190	<i>q</i> +	5	<i>p</i> =	641,15	
13429 906	<i>q</i> +	8190	<i>p</i> =	1 050 728	
	Δ =	8190	5	=	-73430
		13 429 906	8190		
	Δq =	641,15	5	=	-2619,4
		1 050 727,6	8190		
	Δp =	8190	641,15	=	-5 125 351,7
		13 429 906	1 050 728		
	<i>q</i> =	0,0356721			
	<i>p</i> =	69,799152			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид:				$y = 0,03x + 69,79$	

	АО «ПГК»		Ворсино		
	L	C			
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	x^2	$x \cdot y$	
1	1090	96,88	1 188 100	105 599,2	
2	1262	107,74	1 592 644	135 967,9	
3	1379	113,57	1 901 641	156 613	
4	1386	113,58	1 920 996	157 421,9	
5	1416	116,88	2 005 056	165 502,1	
сумма <i>x</i>	6533	-	-	-	
сумма x^2	-	-	8 608 437	-	
сумма <i>y</i>	-	548,65	-	-	
сумма <i>xy</i>	-	-	-	721 104,1	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
6533	<i>q</i> +	5	<i>p</i> =	548,65	
8 608 437	<i>q</i> +	6533	<i>p</i> =	721 104,1	
	Δ =	6533	5	=	-362 096
		8 608 437	6533		
	Δq =	548,65	5	=	-21 189,9
		721 104,1	6533		
	Δp =	6533	548,65	=	-12 046 070,74
		8 608 437	721 104,1		
	<i>q</i> =	0,05852			
	<i>p</i> =	33,26762			
Т. о. искомая зависимость для станции имеет вид:				$y = 0,05x + 33,26$	

Таблица П4.9 – Расчет аналитических зависимостей стоимости перевозки груза операторской компанией АО «ПГК» для станций Череповец-1 и Ревда

	АО «ПГК»		Череповец-1		
	L	C			
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	x^2	$x*y$	
1	489	61,51	239 121	30 078,39	
2	606	69,57	367 236	42 159,42	
3	613	69,57	375 769	42 646,41	
4	625	69,57	390 625	43 481,25	
5	643	71,86	413 449	46 205,98	
сумма <i>x</i>	2976	-	-	-	
сумма x^2	-	-	1 786 200	-	
сумма <i>y</i>	-	342,08	-	-	
сумма <i>xy</i>	-	-	-	204 571,5	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
2976	<i>q</i> +	5	<i>p</i> =	342,08	
1 786 200	<i>q</i> +	2976	<i>p</i> =	204 571,5	
	Δ =	2976	5	=	-74 424
		1 786 200	2976		
	Δq =	342,08	5	=	-4827,17
		204 571,5	2976		
	Δp =	2976	342,08	=	-2 218 660,8
		1 786 200	204 571,5		
	<i>q</i> =	0,06486			
	<i>p</i> =	29,81109			
т. о. искомая зависимость для станции имеет вид:				$y = 0,06x + 29,81$	

	АО «ПГК»		Ревда		
	L	C			
<i>n</i>	<i>x</i>	<i>y</i>	x^2	$x*y$	
1	2126	155,49	4 519 876	330 571,7	
2	2243	159,59	5 031 049	357 960,4	
3	2250	159,6	5 062 500	359 100	
4	2262	159,89	5 116 644	361 671,2	
5	2280	159,9	5 198 400	364 572	
сумма <i>x</i>	11 161	-	-	-	
сумма x^2	-	-	24 928 469	-	
сумма <i>y</i>	-	794,47	-	-	
сумма <i>xy</i>	-	-	-	1 773 875	
система метода наименьших квадратов имеет вид:					
11 161	<i>q</i> +	5	<i>p</i> =	794,47	
24 928 469	<i>q</i> +	11 161	<i>p</i> =	1 773 875	
	Δ =	11 161	5	=	-74 424
		24 928 469	11 161		
	Δq =	794,47	5	=	-2296,78
		1 773 875	11 161		
	Δp =	11 161	794,47	=	-6 698 654,7
		24 928 469	1 773 875,3		
	<i>q</i> =	0,030861			
	<i>p</i> =	90,00665			
т. о. искомая зависимость для станции имеет вид:				$y = 0,03x + 90$	

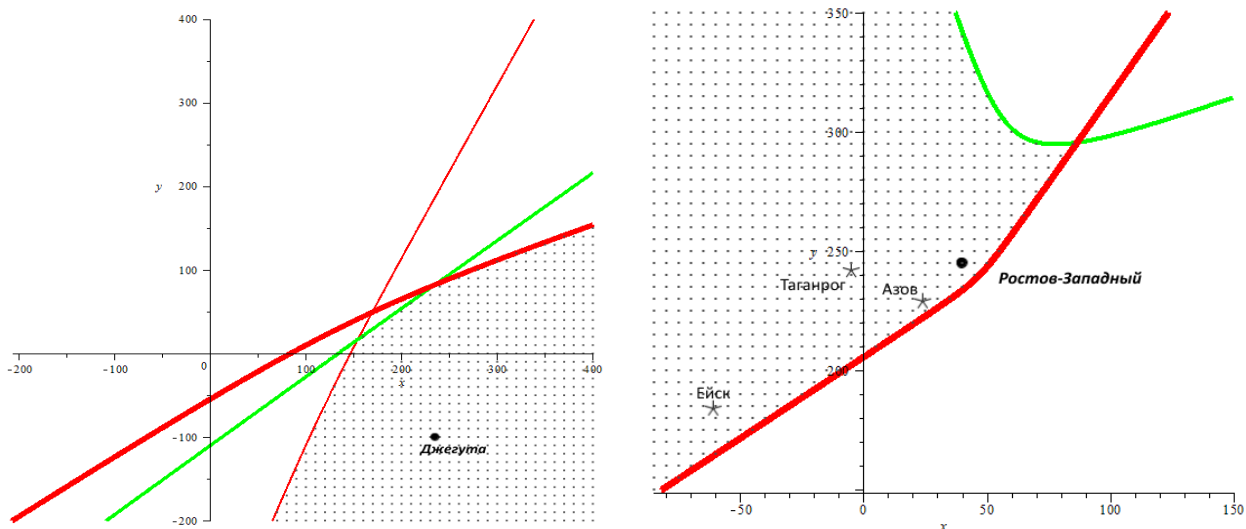


Рисунок П4.1 – «Территории влияния» станции Дзегута и Ростов-Западный в ГЕМ СКЭР на примере грузовых перевозок АО «ПГК»

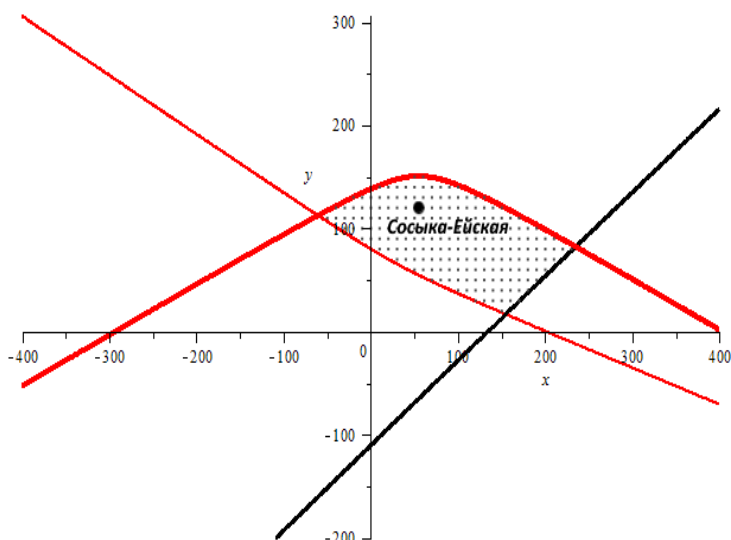


Рисунок П4.2 – «Территория влияния» станции Сосыка Ейская в ГЕМ СКЭР на примере грузовых перевозок АО «ПГК»

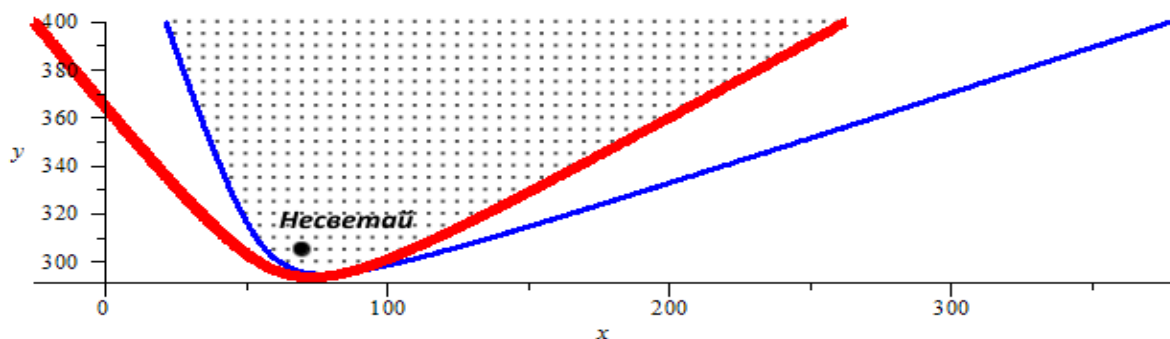


Рисунок П4.3 – «Территория влияния» станции Несветай в ГЕМ СКЭР на примере грузовых перевозок АО «ПГК»

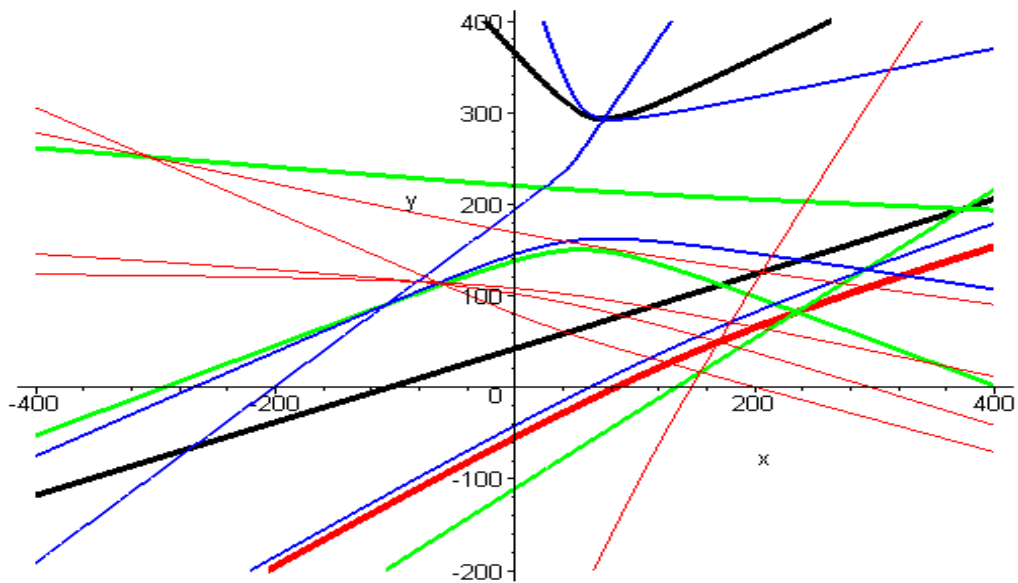


Рисунок П4.4 – Полная территориальная картина рынка грузовых перевозок в ГЕМ СКРЭ на примере грузовых перевозок АО «ПГК»

```

> Allcurves:=implicitplot([p1+q1*sqrt(x^2+y^2)=p2+q2*sqrt((x-a2)^2+(y-
b2)^2),
p1+q1*sqrt(x^2+y^2)=p3+q3*sqrt((x-a3)^2+(y-
b3)^2),p1+q1*sqrt(x^2+y^2)=p4+q4*sqrt((x-a4)^2+(y-
b4)^2),p2+q2*sqrt((x-a2)^2+(y-b2)^2)=p3+q3*sqrt((x-a3)^2+(y-
b3)^2),p2+q2*sqrt((x-a2)^2+(y-b2)^2)=p4+q4*sqrt((x-a4)^2+(y-
b4)^2),p3+q3*sqrt((x-a3)^2+(y-b3)^2)=p4+q4*sqrt((x-a4)^2+(y-
b4)^2)],x=-6000..5000,y=-
5000..5000,numpoints=1000000,thickness=[2,3,4,5,6,7]);
> display(Allcurves);

```

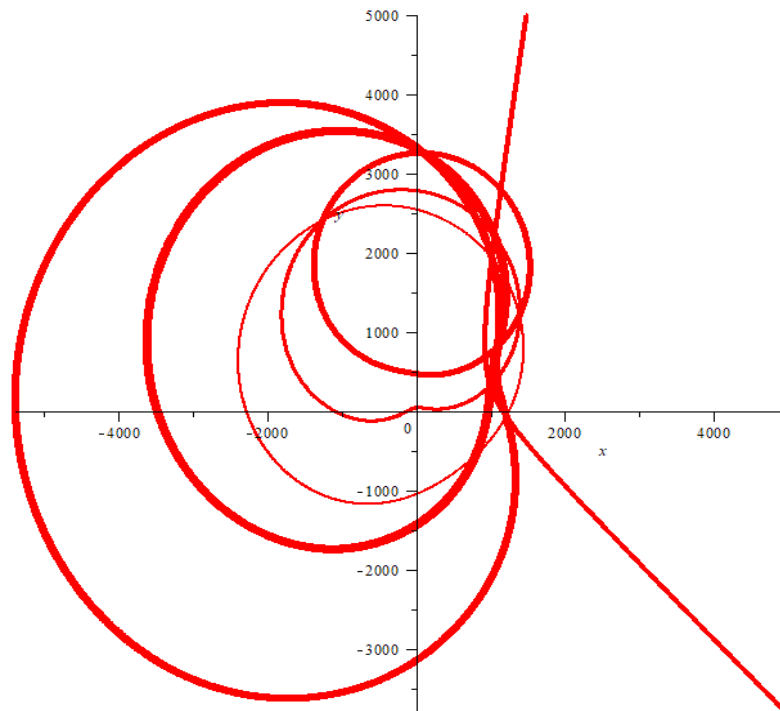


Рисунок П4.5 – Полная территориальная картина для четырех станций погрузки на примере грузовых перевозок АО «ПГК»

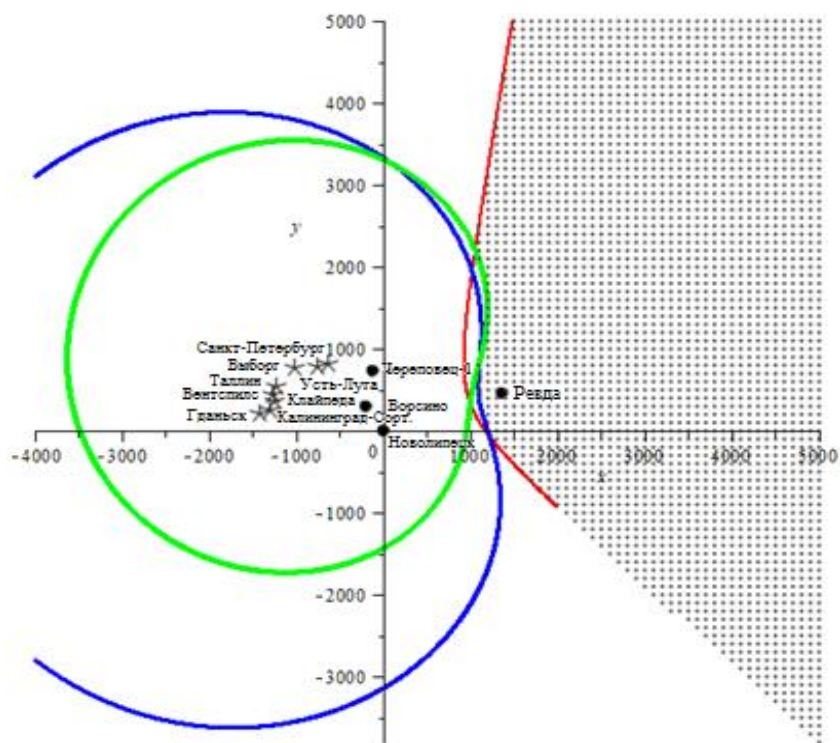


Рисунок П4.6 – «Территория влияния» станции Ревда в ГЕМ

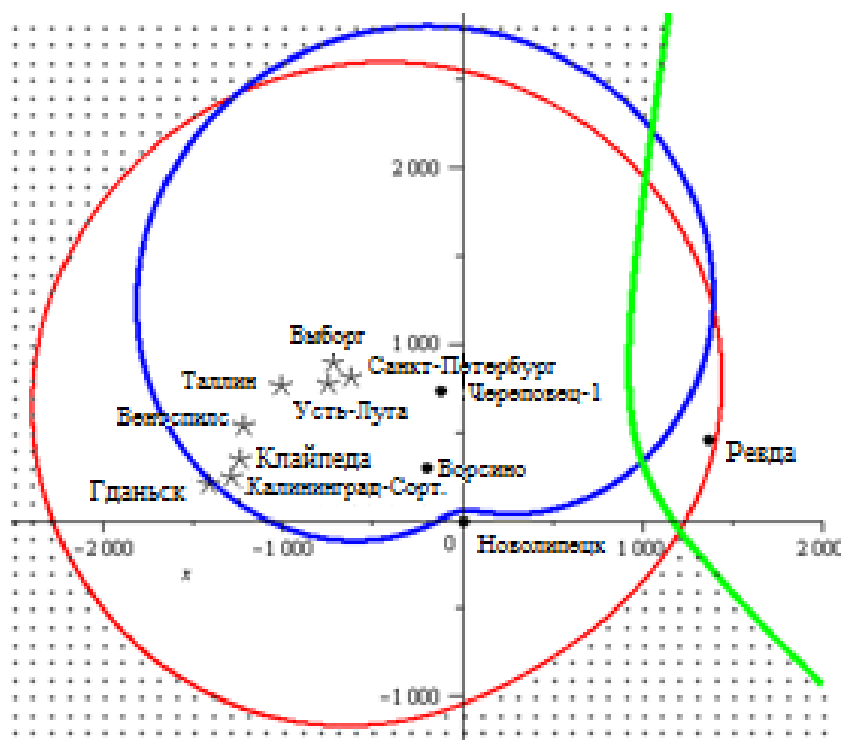


Рисунок П4.7 – «Территория влияния» станции Новополецк в ГЕМ

Экономическая эффективность организации маршрутов
Определение величины затрат на формирование отправительских маршрутов
на путях станции Краснодар-Сортировочный

Затраты на выполнение работ по формированию поездов состоят из затрат на работу маневровых локомотивов, а также по содержанию пути и постоянных устройств станции Краснодар-Сортировочный. При этом такие затраты зависят от продолжительности выполнения операций по формированию поездов и групп вагонов.

Затраты по содержанию маневровых локомотивов, вызываемые их занятостью на указанных работах, приходящиеся на один вагон, рассчитываются по формуле:

$$ME_{\text{ман}}^{\text{форм}} = T_{\text{ман}} \cdot e_{\text{манлч}} / m_j,$$

где $ME_{\text{ман}}^{\text{форм}}$ – затраты по содержанию маневровых локомотивов, вызываемые их занятостью на указанных работах, приходящиеся на один вагон (маршрутный поезд);

$T_{\text{ман}}$ – время работы маневрового локомотива по формированию маршрута; $T_{\text{ман}} = 2,75$ ч;

$e_{\text{манлч}}$ – расходная ставка стоимости одного маневрового локомотиво-часа с учетом индексации по состоянию на 2018 г.; $e_{\text{манлч}} = 1205$ руб.;

m_j – количество вагонов в маршруте. $m_j = 60$ ваг.

$$ME_{\text{ман}}^{\text{форм}} = 2,75 \cdot 1205 : 60 = 55,2 \text{ руб/ваг.}$$

Затраты по содержанию пути и постоянных устройств станции, связанные с операциями по формированию состава, приходящиеся на один вагон, рассчитываются по формуле:

$$ME_{\text{сп}}^{\text{форм}} = T_{\text{об.}} \cdot e_{\text{сп}} \cdot L_j / m_j,$$

где $ME_{\text{сп}}^{\text{форм}}$ – затраты по содержанию пути и постоянных устройств станции, связанные с операциями по формированию состава, приходящиеся на один вагон, руб. (маршрутный поезд);

$T_{\text{об.}}$ – время на работы по формированию маршрута по станции Краснодар-Сортировочный; $T_{\text{об.}} = 22,71$;

$e_{\text{сп}}$ – расходная ставка содержания 1 км пути и постоянных устройств станции с учетом индексации по состоянию на 2018 г. $e_{\text{сп}} = 116,7$ руб.

m_j – количество вагонов в маршруте, $m_j = 60$;

L_j – длина станционных путей, необходимых для накопления и формирования маршрута, $L_j = 0,980$ км.

$$E_{\text{сп}}^{\text{форм}} = 22,71 \cdot 116,7 \cdot 0,980 : 60 = 43,28 \text{ руб.}$$

Величина расходов на содержание одного вагона по станции Краснодар-Сортировочный при включении в состав отправительского маршрута рассчитывается по формуле:

$$ME_{\text{ваг}}^{\text{оп}} = T_{\text{об.}} \cdot e_{\text{вч}} / m_j,$$

где $ME_{\text{ваг}}^{\text{оп}}$ – величина расходов на содержание одного вагона по станции Краснодар-Сортировочный при включении в состав отправительского маршрута;

$T_{\text{об.}}$ – время на работы по формированию маршрута; $T_{\text{об.}} = 22,71$;

m_j – количество вагонов в маршруте согласно плану формирования, $m_j = 60$ (маршрутный поезд);

$e_{\text{вч}}$ – расходная ставка стоимости одного вагоно-часа с учетом индексации по состоянию на 2018 г.; $e_{\text{вч}} = 37,91$ руб.

$$ME_{\text{ваг}}^{\text{оп}} = 22,71 \cdot 37,91 : 60 = 14,34 \text{ руб/ваг.}$$

Изменения расходов, вызванные применением маршрутизации, зависят от продолжительности операций по формированию и накоплению составов немаршрутных и маршрутных поездов.

Затраты по содержанию маневровых локомотивов, вызываемые их занятостью на указанных работах, приходящиеся на один вагон, рассчитываются по формуле:

$${}_{\text{HM}}E_{\text{ман}}^{\text{форм}} = {}_{\text{HM}}T_{\text{ман}} \cdot e_{\text{ман.л.ч}} / m,$$

${}_{\text{HM}}E_{\text{ман}}^{\text{форм}}$ – затраты по содержанию маневровых локомотивов, вызываемые их занятостью на указанных работах, приходящиеся на один вагон (немаршрутный поезд), руб.;

${}_{\text{HM}}T_{\text{ман}}$ – время работы маневрового локомотива по формированию немаршрутного поезда; ${}_{\text{HM}}T_{\text{ман}} = 2,18$;

$e_{\text{манлч}}$ – расходная ставка стоимости одного маневрового локомотиво-часа с учетом индексации по состоянию на 2017 г.; $e_{\text{ман.л.ч.}} = 1205$ руб.;

m – количество вагонов в немаршрутном поезде, формируемом на станции согласно плану формирования; $m = 60$ шт. (немаршрутный поезд).

$${}_{\text{HM}}E_{\text{ман}}^{\text{форм}} = 2,18 \cdot 1205 : 60 = 43,78 \text{ руб./ваг.};$$

$${}_{\text{HM}}E_{\text{сп}}^{\text{форм}} = {}_{\text{HM}}T_{\text{об}} \cdot e_{\text{сп}} \cdot L_j / m,$$

где ${}_{\text{HM}}E_{\text{сп}}^{\text{форм}}$ – затраты по содержанию пути и постоянных устройств станции, связанные с операциями по формированию состава, приходящиеся на один вагон (немаршрутный поезд), руб.;

${}_{\text{HM}}T_{\text{об}}$ – время простоя в ожидании обработки немаршрутного поезда; ${}_{\text{HM}}T_{\text{об}} = 9,37$ ч;

$e_{\text{сп}}$ – расходная ставка содержания 1 км пути и постоянных устройств станции с учетом индексации по состоянию на 2018 г. $e_{\text{сп}} = 116,7$ руб.

L_j – длина станционных путей, необходимых для накопления и формирования маршрута; $L_j = 0,980$ км.

m – количество вагонов в маршруте согласно плану формирования; $m = 60$ (немаршрутный поезд);

$${}_{\text{HM}}E_{\text{сп}}^{\text{форм}} = 9,37 \cdot 116,7 \cdot 0,980 : 60 = 17,86 \text{ руб.}$$

$${}_{\text{HM}}E_{\text{ваг}}^{\text{оп}} = {}_{\text{HM}}T_{\text{об}} \cdot e_{\text{вч}} / m;$$

$E_{\text{ваг}}^{\text{оп}}$ – величина расходов на содержание одного вагона при включении в состав отправительского маршрута (немаршрутный поезд), руб./ваг.

${}_{\text{HM}}T_{\text{об}}$ – время простоя в ожидании обработки немаршрутного поезда; ${}_{\text{HM}}T_{\text{об}} = 9,37$ ч;

$e_{\text{вч}}$ – расходная ставка стоимости одного вагоно-часа с учетом индексации по состоянию на 2018 г.; $e_{\text{вч}} = 37,91$ руб.

m – количество вагонов в маршруте согласно плану формирования; $m = 60$ (немаршрутный поезд);

$${}_{\text{HM}}E_{\text{ваг}}^{\text{оп}} = 9,37 \cdot 37,91 : 60 = 5,92 \text{ руб./ваг.}$$

В общем виде изменение затрат на этапе формирования маршрута можно оценить путем сопоставления затрат на организацию вывоза со станции вагонов в немаршрутных и маршрутных поездах соответственно:

$$E_{\text{фм}} = \Delta(E_{\text{ман}}^{\text{форм}} + E_{\text{сп}}^{\text{форм}} + E_{\text{ваг}}^{\text{оп}})^{\text{HM}} - (E_{\text{ман}}^{\text{форм}} + E_{\text{сп}}^{\text{форм}} + E_{\text{ваг}}^{\text{оп}})^{\text{M}};$$

$$E_{\text{фм}} = \Delta(43,78 + 17,86 + 5,92)^{\text{HM}} - (55,2 + 43,28 + 14,34)^{\text{M}} = -45,26 \text{ руб./ваг.}$$

При формировании отправительских маршрутов из собственного подвижного состава разница в затратах на станции Краснодар-Сортировочный на выполнение работ по формированию поезда будет выглядеть следующим образом:

$$E_{\text{фм}} = \Delta(E_{\text{ман}}^{\text{форм}} + E_{\text{сп}}^{\text{форм}})^{\text{HM}} - (E_{\text{ман}}^{\text{форм}} + E_{\text{сп}}^{\text{форм}})^{\text{M}};$$

$$E_{\text{фм}} = \Delta(43,78 + 17,86)^{\text{HM}} - (55,2 + 43,28)^{\text{M}} = -36,84 \text{ руб./ваг.}$$

Экономия расходов в пути следования

Рассмотрим эффект маршрутизации порожних вагонов операторской компании при отправлении поездов со станции Краснодар-Сортировочный назначением на станцию Комбинатская.

Определяем затраты при двух вариантах:

Вариант 1 – повагонная отправка.

Вариант 2 – маршрутная отправительская.

Вариант 1 (в сборном поезде);

Расстояние – 3388 км;

Время следования – 11 сут.;

Затраты – 29 876,42 руб.-ваг.

Вариант 2 (в маршрутах);

Расстояние – 3388 км;

Время следования – 9 сут.;

Затраты – 27 428,8 руб.-ваг.

Экономия затрат с учетом расстояния и времени при следовании прямыми маршрутами:

$$\mathcal{E}_{\text{ваг}} = 29\,876,42 - 27\,428,8 = 2447,62 \text{ руб. за 1 порожний вагон.}$$

В маршруте 60 полувагонов, отсюда экономия затрат при следовании полувагонов маршрутами составит:

$$\mathcal{E}_m = 2447,62 \cdot 60 = 146\,857,2 \text{ руб.}$$

Ввиду использования собственных вагонов экономия от сокращения рабочего парка вагонов (погрузочные ресурсы), в связи с экономией времени следования, в учет не принимается.

При планируемом объеме перевозок около 1000 вагонов в месяц, экономия расходов составит:

$$\mathcal{E} = 1000 : 60 \cdot 146\,857,2 = 2\,447\,620 \text{ руб. в месяц.}$$

Расчет провозной платы за пробег порожнего вагона при следовании в отправительских маршрутах и сборных поездах

Произведем расчет провозной платы за следование порожних вагонов (код груза 391089) в составе отправительского маршрута:

$$П = (C + \Delta) \cdot K_r \cdot K_p \cdot K_n \cdot K_o \cdot K_n \cdot 0,18,$$

где C – ставка за перевозку одного вагона, руб.;

Δ – дельта корректировки базовой ставки для маршрутной отправки; $\Delta = -89,04$ руб. за один вагон;

K_r – коэффициент по классу груза, принимается согласно «Прейскуранта 10-01»;

K_p – коэффициент в зависимости от расстояния перевозки, принимается согласно «Прейскуранту 10-01»;

K_n – дополнительный поправочный коэффициент индексации, принимается согласно «Прейскуранту 10-01»;

K_o – дополнительный коэффициент по особым условиям;

K_n – коэффициент индексации на 2018 год;

0,18 – ставка НДС.

$$П_1 = (1461 - 89,04) \cdot 1 \cdot 4,0937 \cdot 1,02 \cdot 1,0144 \cdot 40,18 = 27\,428,8 \text{ руб./ваг.}$$

При следовании маршрута из 60 вагонов провозная плата составит:

$$П_{п} = 27428,8 \cdot 60 = 1\,645\,728 \text{ руб/ваг.}$$

Произведем расчет провозной платы за следование порожних вагонов (код груза 391089) в составе сборного поезда:

C – ставка за перевозку одного порожнего вагона, руб.;

Δ – дельта корректировки базовой ставки для маршрутной отправки; $\Delta = -33,39$ руб. за один вагон;

$K_{г}$ – коэффициент по классу груза принимается согласно «Прейскуранту 10-01»;

$K_{р}$ – коэффициент в зависимости от расстояния перевозки принимается согласно «Прейскуранта 10-01»;

$K_{п}$ – дополнительный поправочный коэффициент индексации принимается согласно «Прейскуранта 10-01»;

$K_{о}$ – дополнительный коэффициент по особым условиям;

$K_{и}$ – коэффициент индексации на 2018 год.

0,18 – ставка НДС.

$$П_2 = (1461 + 33,39) \cdot 1 \cdot 4,0937 \cdot 1,02 \cdot 1,0144 \cdot 4 \cdot 0,18 = 29\,876,42 \text{ руб/ваг.}$$

При следовании поезда из 60 вагонов провозная плата составит:

$$П_{п} = 29\,876,42 \cdot 60 = 1\,792\,585,2 \text{ руб/ваг.}$$

Экономия провозной платы при следовании вагонов отправительскими маршрутами:

$$\mathcal{E}_{\text{ваг}} = 29\,876,42 - 27\,428,8 = 2447,62 \text{ руб/ваг за 1 порожний вагон.}$$

В маршруте 60 полувагонов, отсюда экономия провозной платы при следовании полувагонов маршрутами составит:

$$\mathcal{E}_{\text{м}} = 2447,62 \cdot 60 = 146\,857,2 \text{ руб/ваг.}$$

При планируемом объеме перевозок около 1000 вагонов в месяц экономия по провозной плате составит:

$$\mathcal{E} = 1000 : 60 \cdot 146\,857,2 = 2\,447\,620 \text{ руб. в месяц.}$$

Таким образом, установлено, что при формировании маршрутов имеются дополнительные эксплуатационные затраты на станции формирования, которые компенсируются экономией расходов в пути следования прямого отправительского маршрута. В то же время при формировании прямых отправительских маршрутов отмечается экономия провозной платы по сравнению с немаршрутной отправкой, что более выгодно для грузоотправителя. Это стало возможным в связи с использованием на железнодорожном транспорте политики гибкого регулирования цен на перевозку.

Акты об использовании результатов диссертационного исследования



**ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
ЦЕНТР ФИРМЕННОГО
ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ
ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ФИРМЕННОГО ТРАНСПОРТНОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Привокзальная пл. 1/2,
г. Ростов-на-Дону, 344001
Тел.: (863) 259-50-06, факс: (863) 259-09-80

« _____ » _____ г. № _____

На № _____ от _____

«УТВЕРЖДАЮ»
Начальник СК ТЦФТО
А.И. Скандца



2018 г.

АКТ

**об использовании результатов диссертационной работы
на соискание ученой степени кандидата технических наук
Задорожного Вячеслава Михайловича**

Комиссия под председательством зам. начальника Северо-Кавказского ТЦФТО И.М. Малютина составила настоящий акт о том, что результаты научных исследований В.М. Задорожного на тему «Развитие методов распределения порожних вагонопотоков припортовой транспортно-технологической системы в конкурентных условиях» использованы в качестве практических рекомендаций для совершенствования производственной деятельности Северо-Кавказского территориального центра фирменного транспортного обслуживания и увеличения спроса на услуги ОАО «РЖД» на полигоне Северо-Кавказской железной дороги.

Автором разработаны рекомендации для собственников подвижного состава и грузоотправителей по определению рациональной дислокации подвижного состава для минимизации транспортных издержек на основе метода экономико-географического распределения грузовых перевозок. Сформулирован алгоритм построения модели грузовых перевозок операторской компании с целью уменьшения порожнего рейса подвижного состава. На основании исследований, выполненных В.М. Задорожным, для СК ТЦФТО разработаны практические рекомендации по оптимизации заадресовки агентского парка полувагонов собственности АО «ФГК», подготовлены и направлены крупнейшим клиентам ОАО «РЖД» на полигоне СКЖД рекомендации для совершенствования рынка транспортных услуг, увеличения спроса на услуги компании.

Зам. начальника СК ТЦФТО

И.М. Малютин



**Федеральная
грузовая
компания**

РОСТОВСКИЙ ФИЛИАЛ

Театральная пл., 4, г. Ростов-на-Дону, 344019

Адрес для корреспонденции:
М. Нагибина пр-т., 30И, г. Ростов-на-Дону, 344068
Тел./факс: +7 (863) 238-30-38
E-mail: rnd@railfgk.ru, http://www.railfgk.ru

«2» октября 2018 г. № _____

На № _____ от _____

Заключение

о практической значимости результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук Задорожного Вячеслава Михайловича на тему «Развитие методов распределения порожних вагонопотоков припортовой транспортно-технологической системы в конкурентных условиях» в работе Ростовского филиала АО «ФГК»

Рациональное распределение вагонопотоков в припортовой транспортно-технологической системе является одним из важных направлений совершенствования работы собственников подвижного состава. Научное исследование В.М. Задорожного включает в себя формирование метода экономико-географического распределения вагонопотоков в части решения задачи по определению рациональных зон транспортного тяготения станций погрузки, отстоя и накопления вагонов. Сформулирован алгоритм и программный комплекс распределения подвижного состава со станций выгрузки на станции накопления вагонов.

На основании выполненных исследований, В.М. Задорожным разработаны для Ростовского филиала АО «ФГК» практические рекомендации по совершенствованию заадресовки парка полувагонов с целью сокращения оборота порожнего вагона и улучшению показателей его использования.

Директор филиала



А.Ю. Титович



РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, г. Ростов-на-Дону, 344038
Тел. (863) 245-06-13, Факс (863) 255-32-83, 245-06-13, E-mail: up_del@dep.rgups.ru
ОКПО 01116006, ОГРН 1026103709499, ИНН/КПП 6165009334/616501001



Проректор по научной работе

А.Н. Гуда

« 04 »

2018 г.

АКТ

об использовании результатов диссертационного исследования
Задорожного Вячеслава Михайловича «Развитие методов распределения
порожних вагонопотоков припортовой транспортно-технологической системы
в конкурентных условиях» при выполнении научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, директор научно-исследовательской части, к.т.н.,
доцент Носков В.Н., заместитель директора научно-исследовательской части,
к.т.н., доцент Яицков И.А., заведующий кафедрой «Станции и грузовая работа»,
д.т.н., доцент Числов О.Н. составили настоящий акт о том, что результаты
диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата
технических наук Задорожного Вячеслава Михайловича использовались при
выполнении научно-исследовательской работы по теме:

– «Корректировка альбома схем железнодорожных узлов Северо-Кавказской железной дороги с учетом проведенных работ по их реконструкции и развитию» (договор № 786, 2014 г.) по заказу Северо-Кавказской Дирекции управления движением – филиала Центральной дирекции управления движением ОАО «РЖД».

Авторский вклад Задорожного Вячеслава Михайловича в работу заключался в создании для диспетчерского аппарата ДЦУП схем железнодорожных узлов, их анализа на основе экономико-географических подходов к распределению вагонных парков с использованием авторского программного комплекса.

Директор НИЧ
ФГБОУ ВО РГУПС

к.т.н., доц.

В.Н. Носков

Заместитель директора НИЧ
ФГБОУ ВО РГУПС

к.т.н., доц.

И.А. Яицков

Заведующий кафедрой СГР
ФГБОУ ВО РГУПС

д.т.н., доц.

О.Н. Числов



РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, г. Ростов-на-Дону, 344038
Тел. (863) 245-06-13, Факс (863) 255-32-83, 245-06-13, E-mail: up_del@dep.rgups.ru
ОКПО 01116006, ОГРН 1026103709499, ИНН/КПП 6165009334/616501001



Проректор по учебной работе –
начальник УМУ ФГБОУ ВО РГУПС
М.А. Кравченко
« 2 » Октября 2018 г.

АКТ

об использовании диссертационного исследования Задорожного Вячеслава Михайловича
«Развитие методов распределения порожних вагонопотоков припортовой транспортно-технологической системы в конкурентных условиях» в учебном процессе ФГБОУ ВО РГУПС

Мы, нижеподписавшиеся, декан факультета «Управление процессами перевозок», к.т.н., доцент Колобов И.А., начальник отдела докторантуры и аспирантуры, к.т.н., доцент Костюков А.В. составили настоящий акт о том, что результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук Задорожного Вячеслава Михайловича используются в учебном процессе по специальности 23.05.04 – «Эксплуатация железных дорог» при разработке учебно-методических комплексов для студентов по дисциплинам «Пути сообщения», «Взаимодействие видов транспорта», «Управление грузовой и коммерческой работой», научно-исследовательской работе, курсовом и дипломном проектировании студентов факультета «Управление процессами перевозок».

Основные положения и выводы диссертационного исследования были апробированы в рамках студенческих научно-практических конференций, семинаров кафедры и нашли свое отражение в следующих опубликованных работах:

1. Числов, О.Н. Железнодорожные узлы: схемные решения, транспортная работа и их оценка : моногр. / О.Н. Числов, В.В. Хан, В.М. Задорожный, Н.М. Магомедова ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2016. – 229 с.
2. Проектирование грузовых станций : учеб. пособие / О.Н. Числов, Д.С. Безусов, В.М. Задорожный, В.В. Хан ; ФГБОУ ВПО РГУПС. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д, 2014. – 68 с.
3. Технология работы грузовой станции : уч.-метод. пособие для выполнения лабораторных работ на интерактивном макете / О.Н. Числов, В.В. Трапенов, В.М. Задорожный ; ФГБОУ ВПО РГУПС. – Ростов н/Д, 2014. – 20 с.
4. Лабораторный практикум в системе «ЭТРАН» : учеб. пособие / Н.М. Магомедова, В.В. Трапенов, В.М. Задорожный ; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2014. – 16 с.
5. Организация движения поездов : учеб. пособие к лабораторным работам / В.Н. Зубков, В.А. Чеботников, В.М. Задорожный ; ФГБОУ ВПО РГУПС. – Ростов н/Д, 2013. – 38 с.

Декан факультета «УПП» ФГБОУ ВО РГУПС,
к.т.н., доцент

И.А. Колобов

Начальник отдела «Д и А» ФГБОУ ВО РГУПС,
к.т.н., доцент

А.В. Костюков