

*На правах рукописи*



**Кравец Александра Сергеевна**

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ПРЕДПРИЯТИЙ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ  
НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ**

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

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Ростов-на-Дону

2020

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

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Станции и грузовая работа» ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»  
Числов Олег Николаевич

Официальные оппоненты – Котенко Алексей Геннадьевич,  
доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»;

Москвичев Олег Валерьевич,  
доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения».

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения»

Защита состоится «30» октября 2020 г. в 14.00 на заседании диссертационного совета Д 218.010.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС) по адресу: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2 (главный корпус, конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО РГУПС по адресу: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2 и на сайте <http://www.rgups.ru>.

Автореферат разослан «\_\_\_» сентября 2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 218.010.01  
доктор технических наук, профессор



В.А. Соломин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Российская Федерация в силу географических особенностей находится на пересечении важнейших международных направлений грузопотоков, что определяет ее приоритеты в развитии транспортной инфраструктуры, необходимость развития технологий организации перевозочного процесса, особенно в сегменте экспортных перевозок. Увеличение доли в экспорте насыпных грузов требует поиска и реализации эффективных транспортно-технологических схем развития этого сегмента перевозок с использованием потенциала видов транспорта, включая железнодорожный транспорт.

В структуре экспорта России (2017–2018 гг.) продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье составляют около 6 %, и наблюдается положительная динамика. Группа насыпных грузов включает в свою очередь существенную часть экспортных потоков зерновых грузов, угля и химических грузов (в частности, минеральных удобрений).

Специфика функционирования систем транспортировки насыпных грузов включает аспекты, определяющие актуальность исследования: рост объема экспортных перевозок насыпных грузов, определенных в ряду приоритетов стратегических программ развития РФ; специфика перевозок насыпных грузов, определенная необходимостью наличия специальных предприятий и терминалов в местах погрузки, выгрузки и перевалки, а также необходимостью их консолидации; необходимость взаимодействия видов транспорта при перевозках насыпных грузов, что обосновано особенностями схем транспортировки.

В этих условиях необходимы и актуальны разработки новых подходов и методов технологического взаимодействия предприятий в региональных системах транспортировки насыпных грузов на основе совершенствования производственно-транспортно-складских процессов и систем распределения грузопотоков.

**Степень разработанности темы исследования.** Значительный вклад в развитие теории проектирования транспортных систем и совершенствования их функционирования внесли известные отечественные ученые и специалисты: В.М. Акулиничев, В.В. Багинова, В.Д. Верескун, Е.В. Казанский, Л.В. Канторович, М.В. Колесников, Е.К. Коровяковский, А.Г. Котенко, Б.А. Левин, С.В. Милославская, Л.Б. Миротин, В.Н. Морозов, О.В. Москвичев, В.Я. Негрей, В.М. Николашин, В.Н. Образцов, Ю.О. Пазойский, В.А. Персианов, Э.А. Позамантир, Н.В. Правдин, С.М. Резер, П.Б. Романова, А.А. Смехов и др. Методы повышения эффективности взаимодействия различных видов транспорта рассмотрены в трудах А.С. Балалаева, А.П. Батурина, А.Ф. Бородина, С.Ю. Елисеева, И.А. Елового, В.Н. Зубкова, П.А. Козлова, В.В. Костенко, А.Ф. Котляренко, П.В. Куренкова, В.А. Макеева, Э.А. Мамаева, А.Н. Рахмангулова, П.К. Рыбина, О.Н. Числова и др. Вопросы повышения качества работы транспортных систем за счет оптимизации распределения грузопотоков исследованы О.И. Авеном, Б.И. Алибековым, В.Г. Галабурдой, И.П. Гордоном, М.И. Денисовым, А.Т. Осьмининим и др.

Анализ научных исследований и опыта перевозок насыпных грузов в ведущих зарубежных странах-экспортерах (США, Канада, Австралия, Китай, Аргентина, Австралия и др.) также показывает наличие ряда проблем с выбором эффективных схем транспортировки и разрабатываемых путей их решения. Научные разработки в данной области представлены работами известных зарубежных ученых и логистов: Т. Гулея, Г. Поттгоффа, Г. Ричардсона, А. Робинсона, Л. Форда, Ф. Хейта и др.

Вместе с тем современные особенности взаимодействия участников процесса перевозок массовых насыпных грузов требуют учета новых аспектов: мультиагентности транспортных процессов, клиентоориентированности технологий и др. Конкурентная транспортная среда, развитие логистических технологий, взаимочет коммерческих интересов участников перевозочного процесса определяют необходимость совершенствования методов выбора рациональных форм транспортно-технологического взаимодействия.

**Целью** диссертационной работы является развитие методов организации и управления транспортно-технологическим взаимодействием предприятий в региональных системах транспортировки массовых насыпных грузов на основе повышения эффективности систем управления распределением грузопотоков при условии рациональной загрузки припортовой региональной инфраструктуры.

Для достижения указанной цели потребовалось решить следующие **задачи**:

1. Выполнить анализ современного состояния отечественного и зарубежного научного опыта в области проектирования, организации и управления транспортировкой насыпных грузов в региональных транспортно-технологических системах.

2. Провести анализ технологии взаимодействия региональных субъектов транспортного рынка при экспортных перевозках насыпных грузов с участием различных видов транспорта.

3. Разработать концепцию, аппарат кластеризации региональных припортовых транспортно-грузовых систем организации перевозок насыпных грузов.

4. Построить экономико-математическую модель распределения грузопотоков насыпных грузов в транспортно-технологических системах (ТТС) при реализации схем поставок с участием нескольких видов транспорта в условиях мультиагентного транспортного рынка на основе метода кластеризации и многокритериальной оптимизации.

5. Исследовать варианты распределения грузопотоков насыпных грузов в региональной ТТС с учетом рационального использования портовой инфраструктуры и мультиагентности транспортного процесса на основе авторского программного комплекса.

**Объектом исследования** являются региональные ТТС управления перевозками насыпных грузов в адрес портов с учетом взаимодействия видов транспорта и повышения конкурентоспособности транспортных услуг.

**Предмет исследования** – теоретико-методические подходы функционирования систем организации и управления перевозками массовых насыпных грузов в региональных припортовых ТТС, транспортно-технологические схемы перевозок насыпных грузов в международном сообщении, логистические методы мультиагентного взаимодействия.

Диссертация выполнена в рамках паспорта научной специальности 05.22.01 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте»: п. 1 «Транспортные системы и сети страны, их структура, технологии работы. Оптимальная структура подвижного состава», п. 3 «Транспортная логистика», 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».

**Теоретико-методологической основой** являются научные работы ученых в области организации и управления транспортно-технологическими системами, методы кластеризации, методы экономико-математического моделирования, математической статистики, а также законодательные, нормативные и программные документы РФ по вопросам государственной транспортной политики.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Методика моделирования технологического взаимодействия предприятий на принципах кластеризации и управления перевозками массовых насыпных грузов, учитывающая фактор мультиагентности, направленная на повышение конкурентоспособности видов транспорта и отечественной продукции.

2. Система критериев оценки функциональных возможностей региональной транспортно-складской системы на основе нового показателя динамики грузовой массы, что позволяет повысить эффективность накопления и продвижения грузопотока.

3. Экономико-математическая модель распределения припортовых грузопотоков массовых насыпных грузов на основе развития метода кластеризации и многокритериальной параметризации, учитывающая мультиагентность перевозочного процесса.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем:

1. Развита методика оценки элементов региональной припортовой транспортно-технологической системы как накопительно-распределительных систем для транспортировки массовых насыпных грузов на основе показателя динамики грузовой массы.

2. Разработана методика кластеризации элементов инфраструктуры припортовых транспортно-технологических систем с консолидированным рассмотрением погрузочного и портового кластеров, позволяющая получить синергетический эффект от организации и управления транспортировкой насыпных грузов различными видами транспорта.

3. Разработаны многокритериальная экономико-математическая модель, алгоритм и программный комплекс управления транспортировкой массовых насыпных грузов в регионе, позволяющие учитывать временные и экономические параметры мультимодальной перевозки, разнообразие интересов участников перевозочного процесса при реализации схем перевозок в условиях изменения объема перевозок грузов.

4. На основе интегрального показателя качества технологического взаимодействия предприятий в транспортно-технологических системах предложены новые схемы рационального распределения региональных грузопотоков насыпных грузов в адрес портов Азово-Черноморского бассейна (АЧБ).

**Теоретическая и практическая значимость** работы состоит в разработке экономико-математической модели, методов и алгоритмов для решения задачи управления региональными транспортными системами в части технологии перевозок массовых насыпных грузов различными видами транспорта, учитывая клиентоориентированность, мультиагентность и мероприятия по повышению конкурентоспособности видов транспорта.

**Апробация работы.** Основные положения диссертационного исследования докладывались на международных научно-практических конференциях: «Актуальные проблемы развития транспортного комплекса», г. Самара, 2008 г.; «Акту-

альные проблемы развития железнодорожного транспорта», г. Ростов-на-Дону, 2009 г.; «Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса», г. Ростов-на-Дону, 2009 г.; «Наука и образование транспорту», г. Самара, 2009 г., 2010 г., 2019 г.; «Транспорт: наука, образование, производство» («Транспорт»), г. Ростов-на-Дону, 2009–2016 гг., 2019 г.; «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте», г. Одесса, 2010 г.; «Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса Юга России», г. Ростов-на-Дону, 2014 г.; «МехТрибоТранс», г. Ростов-на-Дону, 2016 г.; «Транспорт и логистика: инновационная инфраструктура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление», г. Ростов-на-Дону, 2018 г.; «Транспорт и логистика: стратегические приоритеты, технологические платформы и решения в глобализованной цифровой экономике», г. Ростов-на-Дону, 2019 г.; «Transport Systems. Theory and Practice» (TSTP2019), г. Катовице, Польша, 2019 г.; «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах» (РИЛТ-ТРАНС-2019), г. Санкт-Петербург, 2019 г.; «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России» («ТрансПромЭк-2019»), г. Ростов-на-Дону, 2019 г.; на заседаниях кафедр «Станции и грузовая работа», «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО РГУПС (г. Ростов-на-Дону), «Управление эксплуатационной работой» ФГБОУ ВО УрГУПС (г. Екатеринбург).

**Внедрение результатов работы.** Результаты диссертации используются в работе Северо-Кавказского территориального центра фирменного транспортного обслуживания – филиала ОАО «РЖД», Северо-Кавказской Дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД»; в учебном процессе при разработке учебно-методических комплексов для студентов по дисциплинам «Взаимодействие видов транспорта», «Управление грузовой и коммерческой работой», «Управление эксплуатационной работой», «Организация работы экспедиторских фирм»; в научно-исследовательской работе ФГБОУ ВО РГУПС. Также результаты были использованы в деятельности ООО «ЮРПРОФИ центр», ООО «Ростовский КХП».

**Публикации.** Основное содержание диссертации и результаты исследования опубликованы в 37 научных работах общим объемом 9,44 п.л. (авторских – 5,58 п.л.), в том числе 5 статей 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.

**Структура и объем работы** определены целью и задачами, поставленными и решенными в ходе исследования. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка из 185 наименований и 4 приложений. Работа изложена на 169 страницах основного текста, содержит 44 рисунка, 34 таблицы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цель и основные задачи диссертационной работы, определены предмет и объект исследования, теоретико-методологическая основа, научная новизна, практическая значимость работы и положения, выносимые на защиту.

**В первой главе «Транспортно-технологические системы обеспечения перевозок насыпных грузов: состояние и перспективы развития»** проведен анализ си-

стем транспортировки насыпных грузов (рис. 1). Раскрыты принципы и основные этапы формирования в исторической ретроспективе транспортной системы юга России, анализ основных логистических технологий с учетом зарубежного опыта, а также научных концепций по организации перевозок насыпных грузов.



Рисунок 1 – Динамика железнодорожных перевозок насыпных грузов, тыс. т

Отмечен высокий уровень объемов экспортных перевозок насыпных грузов через порты АЧБ, сохраняющийся на протяжении значительного времени, и прогнозируется их рост в перспективе, что способствует тенденции к расширению рынков сбыта. Выявлены основные проблемы региональных перевозок насыпных грузов (рис. 2). При переходе к мультиагентному транспортному рынку на основе изучения зарубежного и отечественного опыта взаимодействия железнодорожного и морского транспорта установлено, что необходимо обеспечить интересы сторон для соблюдения рыночного баланса эффективности перевозочного процесса.



Рисунок 2 – Проблемы в организации транспортировки насыпных грузов

Сформулировано авторское решение проблем транспортировки насыпных грузов, связанных с технологическим взаимодействием участников перевозочного процесса на основе:

1 – систематизации логистических цепочек перевозочного процесса насыпных грузов в части использования различных элементов производственно-транспортно-складской инфраструктуры (рис. 3);

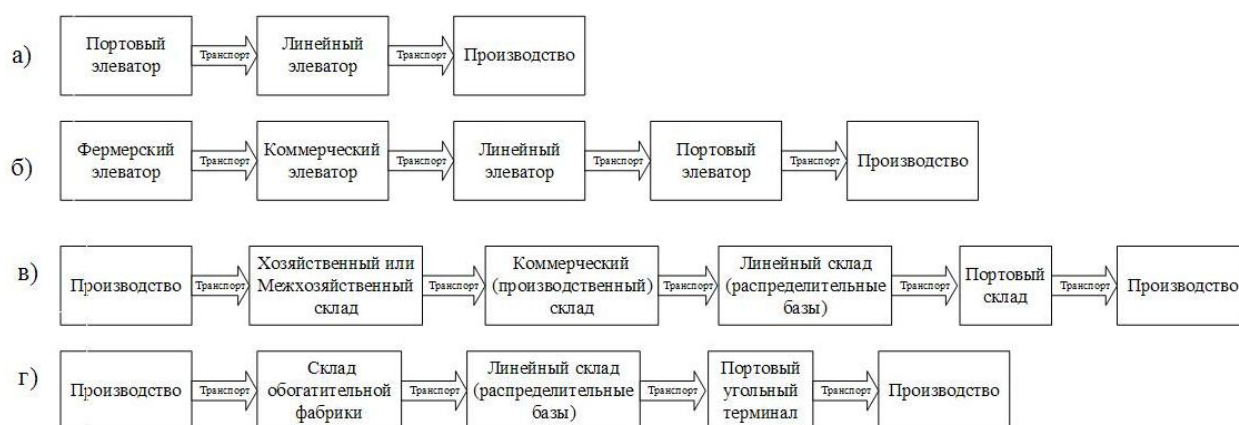


Рисунок 3 – Транспортно-технологические цепочки перевозок насыпных грузов:  
*а* – импорт зерна; *б* – экспорт зерна; *в* – экспорт минеральных удобрений;  
*г* – экспорт угля

2 – формирования регионального кластера по принципу «4К» (конкуренция, концентрация, кооперация, конкурентоспособность) для повышения уровня взаимодействия участников перевозочного процесса и усиления межпроизводственных связей;

3 – исследования методов распределения региональных грузо- и вагонопотоков с позиции учета интересов участников транспортного процесса (табл. 1).

Сформирована структура авторского научного исследования (рис. 4).

Таблица 1 – Модели и методы распределения грузо- и вагонопотоков региональных ТТС

Уровни управления	Задачи	Модели и методы	Результаты
Прогнозный	1.1 Определение удельных транспортных затрат по перевозке насыпных грузов	Модели и методы прогнозирования; Модели определения кратчайших путей; Методы решения сетевой транспортной задачи; Методы экономико-математического моделирования; Теоретико-вероятностные и статистические методы.	Оптимизация параметров транспортных сетей и прогнозирование грузовой базы транспорта при перевозке насыпных грузов
	1.2 Размещение транспортных узлов и производств	Модели размещения производств; Модели размещения транспортных узлов, сортировочных станций; Аналитические методы моделирования; Методы теории графов	
	1.3 Создание резервов пропускной и провозной способностей транспортных систем для транспортировки насыпных грузов	Модели теории запасов; Методы кластеризации; Методы теории графов; Методы имитационного моделирования; Методы регрессионного анализа.	
Текущий	2.1 Прогнозирование производства и потребления	Модели прогнозирования; Методы системного анализа.	Концентрация и распределение грузо- и вагонопотоков, оптимизация параметров технических средств для перевозок насыпных грузов
	2.2 Определение параметров транспортных потоков с учетом грузопотока с мест погрузки (производства)	Модели определения кратчайших путей; Методы решения транспортной задачи; Модели размещения производства; Модели прогнозирования; Методы кластеризации; Методы теории массового обслуживания.	
	2.3 Управление перевозками насыпных грузов	Методы маршрутизации перевозок; Методы определения плана формирования поездов (ПФП) на железнодорожном транспорте.	
Оперативный	3.1 Определение надежности работы стыковых пунктов транспорта	Методы календарного планирования; Методы разработки графиков подвода транспортных потоков к местам стыковки видов транспорта; Методы динамического программирования.	Качество взаимодействия видов транспорта





Рисунок 4 – Структура диссертационного исследования

Во второй главе «**Модели выбора рациональных форм распределения грузопотоков насыпных грузов в припортовых транспортных системах**» разработана концептуальная модель формирования региональных транспортно-грузовых кластеров на основе авторской модификации ABC-анализа и гравитационного метода Шеффле – Вебера.

Предлагаемая модель кластеризации состоит из трех видов кластеров, функционирующих в границах региональной припортовой транспортно-технологической системы (рис. 5):

1 – *Погрузочный кластер* – совокупность производственно-транспортно-складских объектов, осуществляющих накопление и погрузку грузов, конечной продукцией которых является груженная транспортная единица (отправительский или технический маршрут).

2 – *Единый портовый кластер* – совокупность портов, географически близко расположенных друг относительно друга (единый морской бассейн), выполняющих схожие производственно-транспортно-складские функции по перевалке схожих номенклатур грузов.

3 – *Кластер порта* – совокупность производственно-транспортно-складских объектов определенного порта с включением тыловых складов, а также «сухого порта» (железнодорожного порта и т.п.).

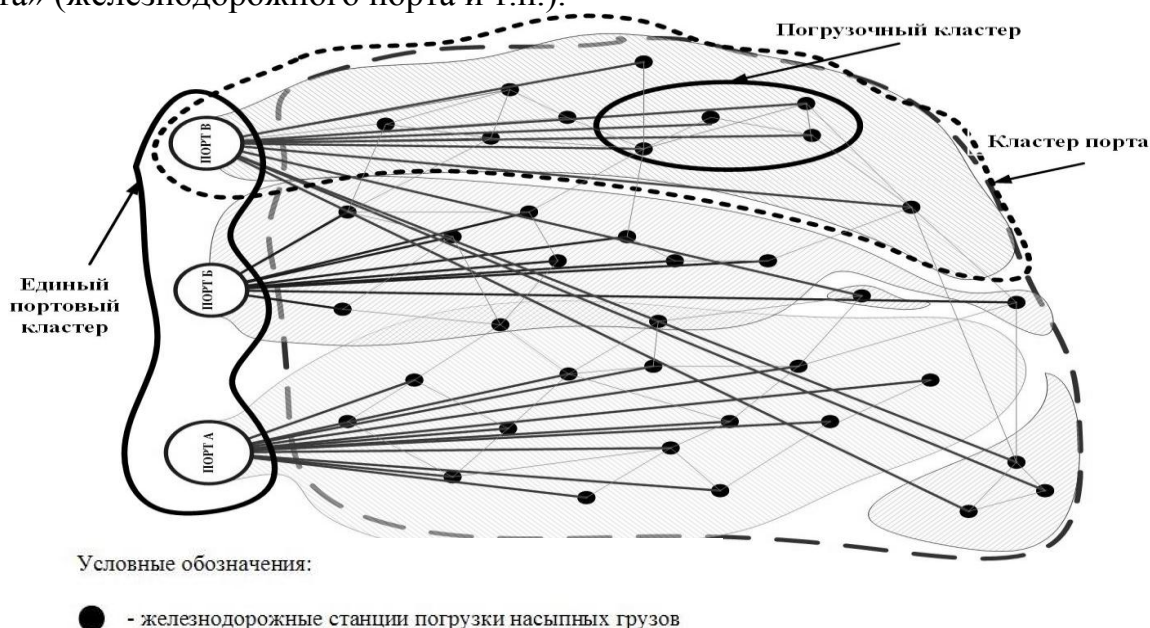


Рисунок 5 – Схема кластеризации региональных припортовых производственно-транспортно-складских объектов

При формировании указанных видов кластеров могут образовываться «пограничные» зоны – зоны влияния нескольких системных объектов одновременно, или так называемые «острова» – кластеры, которые имеют тяготение к определенному порту, но не входят в единую структуру кластера.

В диссертационном исследовании получили развитие методы нахождения оптимальных распределений региональных грузопотоков, состоящие в построении экономико-математической модели процесса перевозок, целевые функции которой выражаются в виде временных и стоимостных параметров, рассматриваемых в соответствии с принципами мультиагентности.

**Постановка задачи:** на заданном полигоне припортовой железной дороги при известных параметрах грузопотоков насыпных грузов и принципах кластеризации применительно к производственно-транспортно-складским объектам необходимо найти такой вариант распределения грузопотоков между станциями погрузки (погрузочными кластерами), припортовыми станциями выгрузки (портовыми кластерами), при котором временные характеристики и расходы на транспортировку были бы минимальными в рамках рассматриваемых ограничений.

**Исходные данные:**  $m$  – число станций погрузки (отправления);  $n$  – число станций выгрузки (назначения);  $a_i$  – количество маршрутных поездов, подлежащих вывозу с  $i$ -й ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) станции погрузки;  $b_j$  – количество маршрутных поездов, которые могут быть приняты  $j$ -й ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) станцией назначения;  $t_{ij}$  – среднее время следования маршрута на участке между  $i$ -й станцией погрузки и  $j$ -й припортовой станцией;  $c_{ij}$  – стоимость перевозок между  $i$ -й ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) станцией погрузки и  $j$ -й ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) станцией назначения.

Если  $x_{ij}$  – число маршрутов, которые могут быть направлены с  $i$ -й погрузочной станции на  $j$ -ю припортовую станцию ( $x_{ij} \geq 0$ ), то накладываемые ограничения выглядят следующим образом:

1. На каждой из станций погрузки все запланированные к вывозу маршруты должны быть организованы и выведены:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m). \quad (1)$$

2. Число всех маршрутов, выведенных с каждой станции погрузки на каждую из припортовых станций, не должно превосходить числа маршрутов, которые могут быть ею приняты:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (2)$$

Рациональный план распределения грузопотоков в региональной транспортно-технологической системе определяется по временным и стоимостным критериям транспортировки насыпных грузов с учетом интересов различных участников перевозочного процесса.

*Первая целевая функция* – время

$$\tau_1 = \max_{i,j} \{t_{ij} \operatorname{sgn} x_{ij}\} \quad (3)$$

– является показателем плана перевозок  $(x_{ij})$ , которым выражается коммерческий интерес операторских грузовых компаний;  $\tau_1$  есть время максимальной по времени перевозки в рассматриваемом плане перевозок  $(x_{ij})$ . Поскольку величиной  $\tau_1$  определяется время реализации всего плана, ее называют общим временем перевозок. Здесь функция  $\operatorname{sgn} x$  в силу неотрицательности рассматриваемых значений  $x_{ij}$  принимает значения 0 или 1.

Значения  $x_{ij}$  весьма несущественны по сравнению с числом всех грузовых отправительских (или других) маршрутов, находящихся в каждый момент времени на рассматриваемом железнодорожном полигоне. Таким образом, вполне допустимо предположение о том, что время  $t_{ij}$  не зависит от значений  $x_{ij}$ .

Заметим, что в задаче целочисленного математического программирования  $\tau_1 \rightarrow \min$  в качестве оптимального принимается такой план  $(x_{ij})$ , в котором время максимальной по продолжительности перевозки не превосходит времени максимальной по продолжительности перевозки в любом другом плане.

*Вторая целевая функция* – время

$$\tau_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n t_{ij} x_{ij} \quad (4)$$

– является показателем плана перевозок  $(x_{ij})$ , которым выражается, в частности, степень интенсивности эксплуатации железнодорожной инфраструктуры полигона дороги. Обратим внимание на то, что минимизация показателя  $\tau_2$  представляет коммерческий интерес для собственника инфраструктуры и соответствует принципам «зеленой» логистики.

Для каждого плана перевозок  $(x_{ij})$  величина  $\tau_2$  представляет собой суммарное время нахождения на полигоне всех маршрутов, посредством которых реализуется этот план. Оптимальным в смысле параметра  $\tau_2$  является план перевозок, в котором суммарное время нахождения на полигоне всех маршрутов, посредством

которых реализуется этот план, не превосходит суммарного времени нахождения на полигоне всех маршрутов, посредством которых реализуется любой другой план.

При двухкритериальной оптимизации с множеством допустимых планов перевозок  $D$  и целевыми функциями  $\tau_1$  и  $\tau_2$  каждому плану перевозок  $(x_{ij}) \in D$  ставится в соответствие вектор  $\{\tau_1, \tau_2\}$ , называемый вектором полезностей. Оптимальным является план перевозок  $(x_{ij}^*) \in D$  с вектором полезности  $\{\tau_1^*, \tau_2^*\}$ , для которого не существует плана перевозок  $(x_{ij}) \in D$  такого, что координаты его вектора полезностей  $\{\tau_1, \tau_2\}$  удовлетворяют условию  $(\tau_1 \leq \tau_1^* \text{ и } \tau_2 < \tau_2^*)$  или условию  $(\tau_1 < \tau_1^* \text{ и } \tau_2 \leq \tau_2^*)$ .

Для нахождения оптимального (в указанном смысле) плана перевозок разработан алгоритм, реализация которого в программной среде осуществляется с использованием условия:

$$((\tau_1 \leq \tau_1^*) \wedge (\tau_2 < \tau_2^*)) \vee ((\tau_1 < \tau_1^*) \wedge (\tau_2 \leq \tau_2^*)). \quad (5)$$

В предлагаемом мультиагентном подходе к организации процесса перевозок (5) интересы всех рассматриваемых участников (субъектов) процесса учитываются в равной степени.

*Третья целевая функция* – время

$$\tau_{(j)з} = \max_{i=1, \dots, m} \{t_{ij} \operatorname{sgn} x_{ij}\} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

– является показателем плана перевозок  $(x_{ij})$ , посредством которого  $j$ -я припортовая станция может быть выделена среди остальных, например, на основании полученных ранее результатов кластеризации объектов транспортной инфраструктуры;  $\tau_{(j)з}$  есть модификация  $\tau_1$  и служит временной характеристикой части перевозочного процесса, относящейся непосредственно к какой-либо из станций назначения, с целью выполнения соответствующей оптимизации.

Наряду с решением приведенной выше задачи оптимизации процесса перевозок с двумя временными показателями в диссертационной работе получено решение многокритериальной оптимизационной задачи с тремя временными целевыми функциями, а также с рассмотрением стоимостной целевой функции. В результате мультиагентный подход в исследовании процесса грузоперевозок получает развитие добавлением к вектору полезностей в оптимизационной модели (наряду с временными компонентами) стоимостной компоненты, которая является непосредственной оценкой экономической эффективности оптимизационных мероприятий.

В табл. 2 представлена в общем виде форма записи допустимых планов перевозок, полученных при одно-, двух- и трехкритериальной оптимизации (в каждом новом случае добавляется новый столбец временного параметра).

Алгоритм процедуры оптимизации распределения грузопотоков от погрузочных железнодорожных станций до припортовых станций выгрузки с учетом принципов кластеризации и мультиагентности состоит из последовательности шагов (подходов):

1. *Подход*: АВС-анализ складов (элеваторов) насыпных грузов по показателям емкости и производительности.

Таблица 2 – Ведомость допустимых планов перевозок для трехкритериальной модели

№	Допустимый план маршрутизации перевозок	$\tau_1$ , сут	$\tau_2$ , сут	$\tau_{(j)3}$ , сут
1	$\ x_{ij}\ ^1$	$\tau_1^1$	$\tau_2^1$	$\tau_{(j)3}^1$
2	$\ x_{ij}\ ^2$	$\tau_1^2$	$\tau_2^2$	$\tau_{(j)3}^2$
...	.....	...	...	...
k	$\ x_{ij}\ ^k$	$\tau_1^k$	$\tau_2^k$	$\tau_{(j)3}^k$

*Результат:* ранжирование складов на группы А, В (две подгруппы), группа С рассматривается отдельно по каждому из показателей.

2. *Подход:* Объединение складов группы С и более крупных на основе модифицированного гравитационного метода Шеффле – Вебера ввиду малого к ним интереса с

точки зрения маршрутизации перевозочного процесса на основе дробно-степенной функции  $W_{ij}(Q) = p^{(Q)} \frac{\sum_1^i Q_i \sum_1^j Q_j}{l_{ij}^2}$  или  $W_{ij}(E) = p^{(E)} \frac{\sum_1^i E_i \sum_1^j E_j}{l_{ij}^2}$ , где  $p$  – коэффициент пропорциональности, который определяется по формуле  $p^{(Q)} = \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}}$  или  $p^{(E)} = \frac{E_{\min}}{E_{\max}}$ , где  $E_i$  – емкость  $i$ -го склада,  $Q_i$  – производительность транспортного оборудования  $i$ -го склада.

*Результат:* сокращение объема выборки за счет объединения складов группы С. В итоге выборка состоит из трех групп складов в каждом показателе А, В\*, С\*, где В\*, С\* – модифицированные подгруппы.

3. *Подход:* Сравнительный анализ результатов модифицированного АВС-анализа.

*Результат:* образование групп складов (погрузочных кластеров) с учетом совместных показателей емкости и производительности (группы АА, АВ/ВА, ВВ, ВС/СВ, СС).

4. *Подход:* Выявление складов с необходимой пропорцией показателей емкости и производительности с помощью величины введенного коэффициента динамики грузовой массы  $k_{\text{дгм}}$ , который рассчитывается по формуле

$$k_{\text{дгм}} = \frac{E_i}{Q_i}, \quad (7)$$

*Результат:* определен интервал рациональных значений коэффициента динамики грузовой массы  $k_{\text{дгм}} = 62,25 \div 154,76$ , при которых пропорция показателей емкости и производительности складов наиболее удовлетворяет условиям оперативности при организации перевозок насыпных грузов на экспорт. Результат – выбор складов с необходимой величиной  $k_{\text{дгм}}$ .

5. *Подход:* Выявление погрузочных кластеров, наиболее удовлетворяющих требованию обеспечения необходимых объемов экспортных перевозок. Чтобы учесть пропорцию указанных показателей и выбрать крупнейшие склады, предлагается выполнить АВС-анализ по двум показателям одновременно.

*Результат:* в результате первого шага получим множество складов с различным набором групп по двум указанным показателям (АА, АВ, ВА и т.д.). На втором шаге введено понятие укрупненных складских объектов:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -,  $\omega$ -складов погрузочного регионального кластера (табл. 3). Наиболее мощными по емкости и производительности являются  $\alpha$ - и  $\beta$ -склады, они преимущественны при выборе центра погрузочного кластера;  $\gamma$ - и  $\delta$ -склады имеют ряд недостатков (например, недостаточная емкость склада), в результате чего второстепенны при выборе центра кластера;  $\omega$ -склад – нежелательный выбор при определении центра кластера; 0 – вариант с существенным дисбалансом показателей.

Таблица 3 – Модификация ABC-анализа складов по емкости и производительности

Группа, полученная в результате ABC-анализа		По емкости		
		A	B	C
По производительности	A	AA	AB	AC
		$\alpha$ -склад	$\beta$ -склад	0
	B	BA	BB	BC
		$\beta$ -склад	$\gamma$ -склад	$\delta$ -склад
	C	CA	CB	CC
		0	$\delta$ -склад	$\omega$ -склад

*Подход:* Совместное ранжирование соседних станций погрузки на полигоне дороги по показателю большей емкости склада и выбор лучшей. Схемы выбора альтернатив станций для формирования и погрузки маршрутной отправки представлены на рис. 6.

*Результат:* развитие подходов к организации перевозочного процесса в соответствии с принципами мультиагентности.

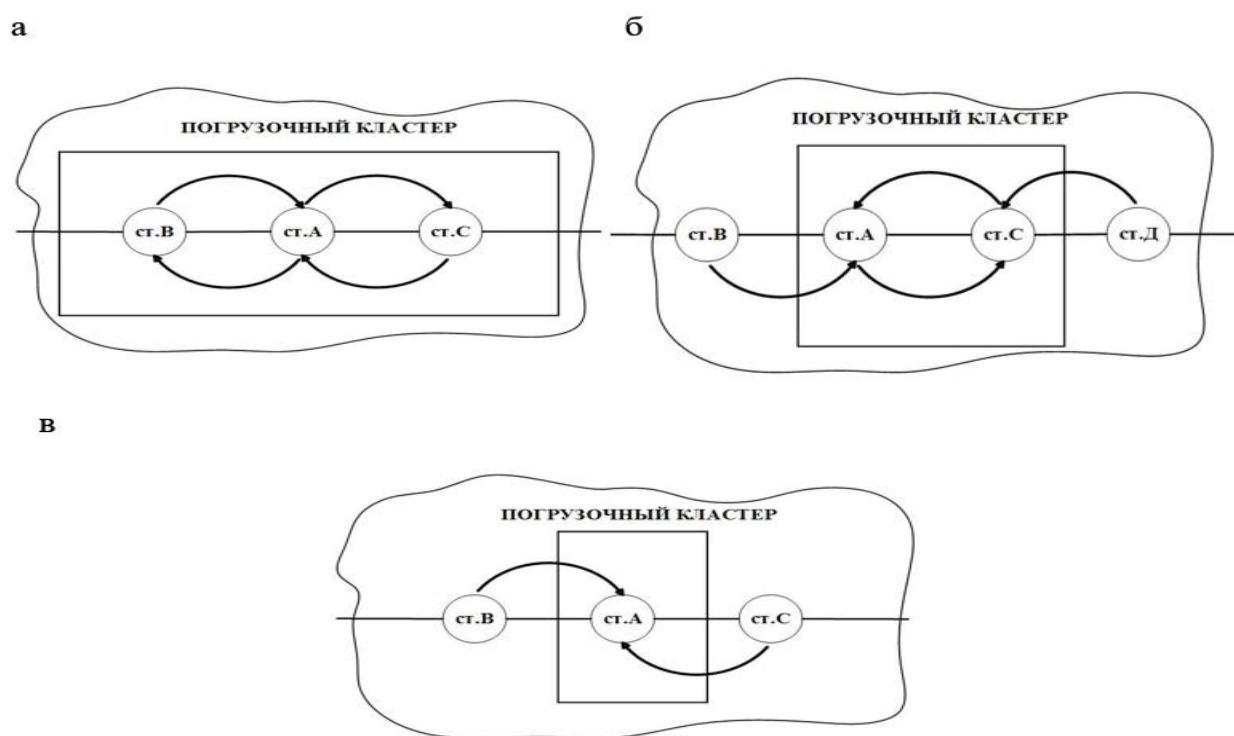


Рисунок 6 – Схемы выбора альтернатив станций отправления при реализации технической маршрутизации:

*а* – с тремя альтернативными станциями погрузки; *б* – с двумя альтернативными станциями погрузки; *в* – с одной, безальтернативной, станцией погрузки

6. *Подход:* Формирование плана распределения (маршрутизации) железнодорожных перевозок насыпных грузов на основе разработанной экономико-математической модели в среде аналитических вычислений.

*Результат:* повышение уровня маршрутизации железнодорожных перевозок в адрес портов, расширение количества направлений применения технологии «Грузовой экспресс», оперативное управление транспортно-технологической системой обеспечения перевозок насыпных грузов, учет в процессе организации пе-

ревозочного процесса рыночных интересов агентов перевозки (принцип мультиагентности).

В третьей главе «Развитие модельно-методических форм транспортно-технологического взаимодействия при организации мультимодальных перевозок насыпных грузов» на основе предложенного алгоритма и разработанного программного комплекса планирования и управления региональными перевозками насыпных грузов представлена его реализация для полигона СКЖД и рассчитана эффективность внедрения предлагаемых подходов на основе интегрального показателя качества, стоимостных характеристик планов перевозок с учетом инфраструктурных особенностей полигона дороги.

Многооконный программный комплекс разработан на объектно ориентированном языке C# в интегрированной среде Visual Studio. Диалоговое окно программы представлено на рис. 7.

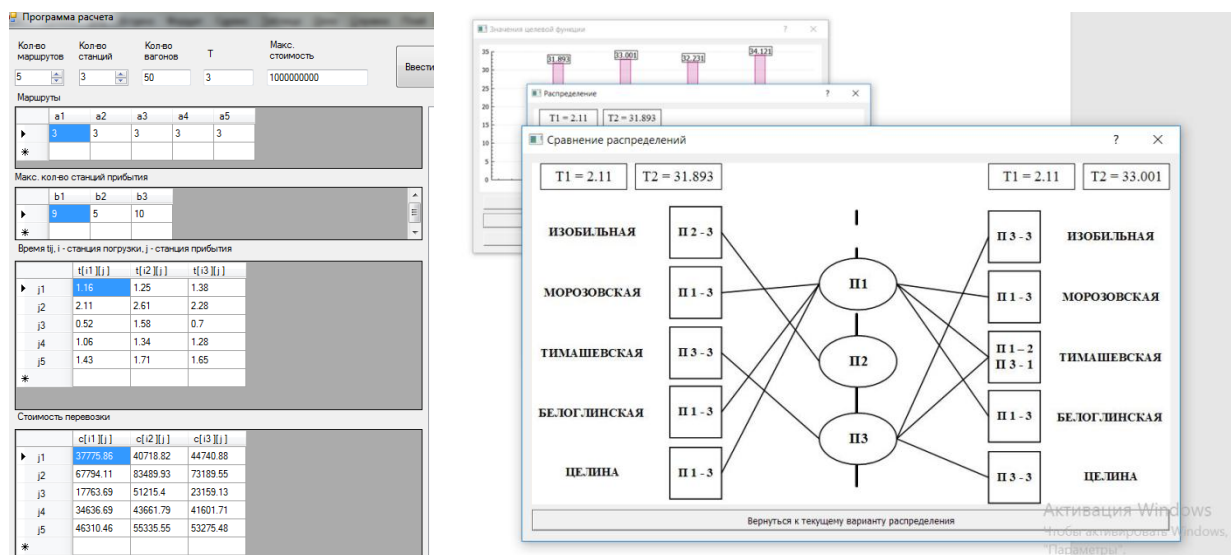


Рисунок 7 – Интерфейс программного комплекса распределения припортовых грузопотоков: ввод данных и сравнение распределений (фрагмент)

В качестве примера рассмотрена юго-западная часть полигона СКЖД (рис. 8) с размещенными десятью станциями погрузки и тремя припортовыми станциями выгрузки (табл. 4). На основе представленного алгоритма определены погрузочные кластеры для зерновых грузов на полигоне СКЖД с учетом коэффициента динамики грузовой массы. Рассчитаны показатели тяготения для портов АЧБ.

Сравнительный анализ значений тяготения показал, что часть портов имеют взаимное притяжение, например Азов и Ростов, а другие взаимного притяжения не имеют – Таганрог и Ростов притягиваются односторонне. Таким образом, выделены портовые кластеры для эффективной организации экспортных перевозок насыпных грузов (рис. 9).

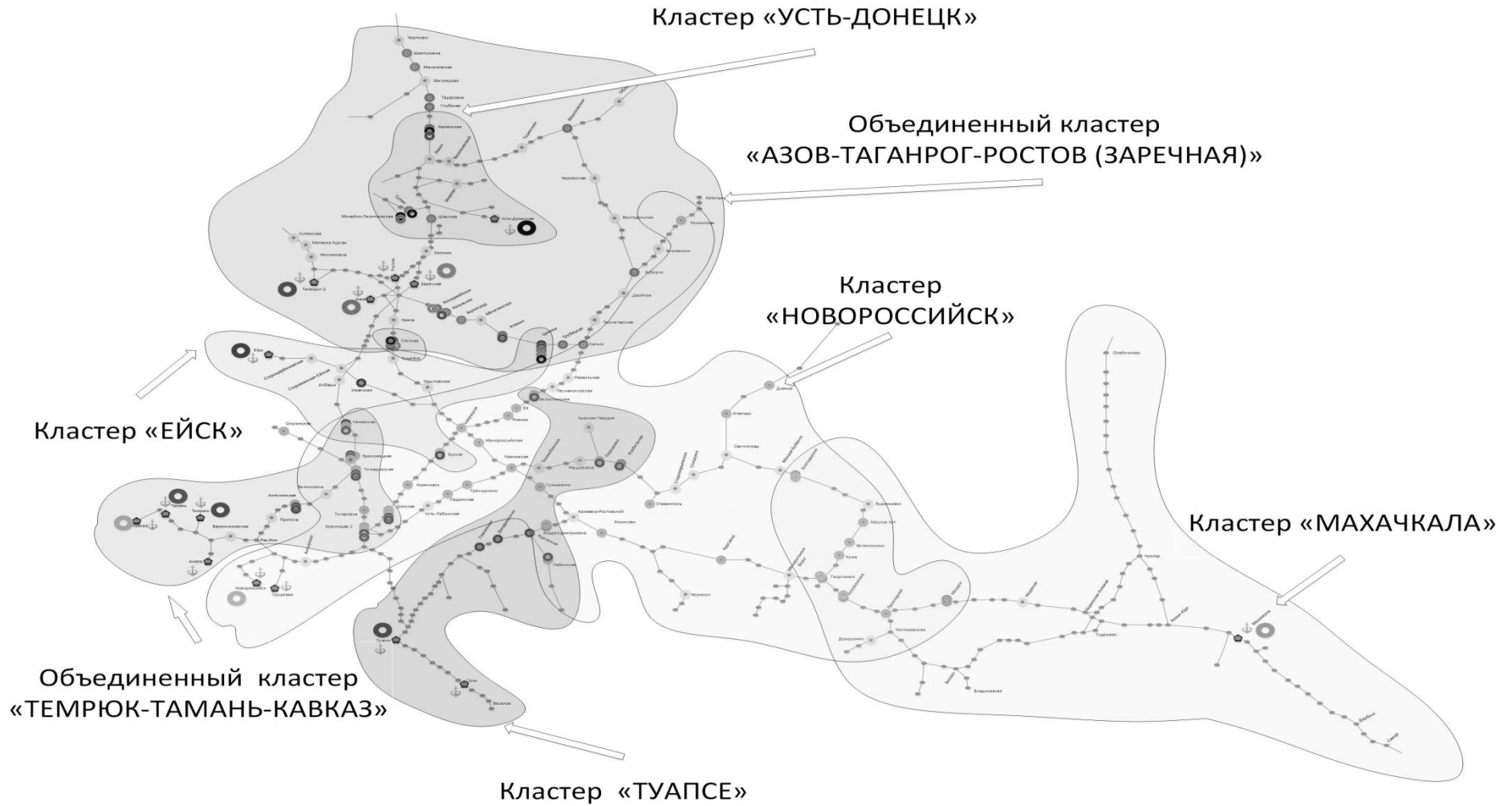


Рисунок 8 – Пример кластеризации портов по емкости и производительности транспортно-складской инфраструктуры на полигоне СКЖД



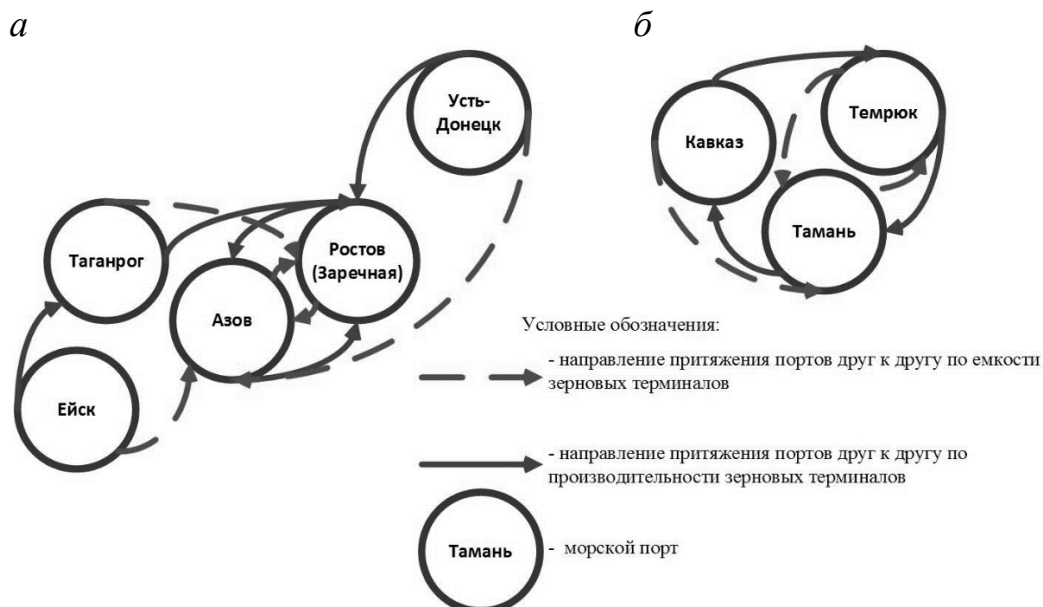


Рисунок 9 – Направления тяготения малых портов АЧБ для перевозок зерновых грузов

Принято, что на припортовые станции Новороссийск (П1), Туапсе (П2) и Тамань (П3) с указанных 10 станций погрузки прибывают соответственно 12, 8 и 4 маршрута насыпных грузов. Таким образом, выполняется равенство

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j = 24 \text{ маршрута.}$$

Таблица 4 – Ведомость времен следования маршрутов на участках дороги между станциями погрузки и припортовыми станциями

Станция погрузки	Количество отправляемых маршрутов	Припортовые станции		
		Новороссийск (П1)	Туапсе (П2)	Тамань (П3)
		$t_{ij}$ , сут	$t_{ij}$ , сут	$t_{ij}$ , сут
Крыловская	2	1,02	1,05	1,24
Белоглинская	2	1,06	1,10	1,28
Изобильная	2	1,16	1,20	1,38
Спицевка	3	1,40	1,44	1,62
Целина	2	1,43	1,47	1,65
Ипатово	3	1,66	1,70	1,89
Благодарное	2	1,74	1,78	1,96
Аполлонская	3	1,80	1,49	2,03
Зеленокумск	2	1,86	1,54	2,08
Буденновск	3	1,97	1,70	2,19

Из табл. 4 следует, что станция Аполлонская находится существенно ближе к припортовым станциям Новороссийск (П1) и Туапсе (П2), чем к станции Тамань (П3). Для начального плана зададим исходное распределение маршрутов в адрес припортовых станций в соответствии с их перерабатывающими способностями.

В табл. 5 приведены пять из множества (см. первый столбец табл. 5) планов перевозок, последовательно найденных системой аналитических вычислений. Заметим, что с точки зрения минимизации времени перевозок  $\tau_1$  все эти планы являются оптимальными со значением равным 1,97 суток.

Таблица 5 – Ведомость планов перевозок в однокритериальной модели

№	План перевозки ( $x_{11}, \dots, x_{1j}, x_{21}, \dots, x_{2j}, \dots, x_{ij}$ )	$\tau_1$
1	0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 2, 0, 2, 1, 0, 2, 0, 2, 1, 0, 1, 1, 0, 3, 0, 0, 2, 0, 0, 3, 0, 0	1,97
2	0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 2, 0, 2, 1, 0, 2, 0, 2, 1, 0, 2, 0, 0, 2, 1, 0, 2, 0, 0, 3, 0, 0	1,97
.	.....	.
8	0, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 2, 0, 2, 1, 0, 2, 0, 3, 0, 0, 2, 0, 0, 2, 1, 0, 1, 1, 0, 3, 0, 0	1,97
.	.....	.
1445	1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 2, 0, 0, 0, 3, 0, 1, 1, 2, 1, 0, 2, 0, 0, 2, 1, 0, 1, 1, 0, 3, 0, 0	1,97
1446	1, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 2, 0, 0, 0, 3, 0, 1, 1, 2, 1, 0, 2, 0, 0, 2, 1, 0, 2, 0, 0, 2, 1, 0	1,97

На втором этапе построения оптимизационных моделей сделаем предположения относительно множества  $D$  допустимых планов перевозок ( $x_{ij}$ ). Предположим, что каждая из трех рассматриваемых припортовых станций Новороссийск (П1), Туапсе (П2) и Тамань (П3) может принять все находящиеся на десяти станциях погрузки и запланированные к отправке маршруты.

В табл. 6 приведены 4 из найденных системой аналитических вычислений допустимых планов перевозок. В рассматриваемой двухкритериальной модели время оптимального плана перевозок оказалось равным 1,97 сут, а суммарное время нахождения на полигоне всех составляющих этот план маршрутов – равным 36,13 сут (см. последнюю строку табл. 6).

Таблица 6 – Ведомость допустимых планов перевозок для двухкритериальной модели

№	Допустимый план перевозки	Количество маршрутов на припорт. станции			$\tau_1$	$\tau_2$
		П1	П2	П3		
1	0, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 0, 3, 0, 0, 2, 2, 0, 1, 1, 1, 0, 2, 1, 0, 1, 1, 0, 2, 0, 1	8	3	13	2,19	39,31
2	0, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 0, 3, 0, 0, 2, 2, 0, 1, 1, 1, 0, 2, 1, 0, 1, 1, 0, 2, 1, 0	8	4	12	1,97	38,82
...	.....	.	.	.	.	.
62	0, 2, 0, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 3, 0, 0, 2, 0, 0, 3, 0, 0, 2, 0, 0, 2, 1, 0, 1, 1, 0, 2, 1, 0	15	9	0	1,97	36,35
...	.....	.	.	.	.	.
68	2, 0, 0, 2, 0, 0, 2, 0, 0, 3, 0, 0, 2, 0, 0, 3, 0, 0, 2, 0, 0, 2, 1, 0, 1, 1, 0, 2, 1, 0	21	3	0	1,97	36,13

В оптимальном плане распределения, полученном для двухкритериальной модели, припортовая станция П3 оказывается лишенной маршрутных поступлений с рассматриваемых станций погрузки. В заданных посредством ограничений оперативных условиях из имеющихся на всех станциях погрузки 24 маршрутов на припортовую станцию П1 попадает 21 маршрут.

Рассмотрим возможность оперативного учета в разработанной модели сезонных обстоятельств перевозок. Известно, что для южного региона осенний период является одним из пиковых для экспортных поставок, особенно зерновых грузов. Поэтому целесообразно частично разгрузить припортовую станцию Новороссийск (П1) от местных маршрутов с зерном путем директивного направления некоторых из них (по согласованию с грузовладельцем), например, на припортовую станцию Тамань (П3). В результате формирования начального плана будем предполагать, что со всех рассматриваемых в настоящей работе станций погрузки на станцию Новорос-

сийск (П1) должно поступить не более 15 маршрутов, а на станцию Тамань (П3) – не менее 5 маршрутов.

В табл. 7 приведены 4 из найденных системой аналитических вычислений допустимых планов перевозок. В рассматриваемой модели с тремя временными показателями время оптимального плана перевозок (см. последнюю строку табл. 12), как и в предыдущих двух моделях, оказалось равным 1,97 суток. В результате введения в процесс оптимизации третьего временного показателя суммарное время нахождения на полигоне всех маршрутов, составляющих оптимальный план, оказалось большим, чем в двухкритериальной модели, и составило 37,26 суток. Относящийся к припортовой станции Туапсе (П2) третий временной показатель оказался при этом равным 1,70 сут.

Таблица 7 – Планы перевозок для трехкритериальной модели

№	Допустимый план перевозки	Число маршрутов, прибывших на припортовые станции			$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_{(j)3}$
		П1	П2	П3			
1	0,0,2,0,0,2,0,0,2,0,0,3,0,0,2,2,0,1,1,1,0,2,1,0,1,1,0,2,0,1	8	3	13	2,19	39,31	1,78
2	0,0,2,0,0,2,0,0,2,0,0,3,0,0,2,2,0,1,2,0,0,2,1,0,1,1,0,2,1,0	9	3	12	1,97	38,78	1,70
...	.....	...	...	...	...	...	...
31	0,0,2,0,0,2,0,1,1,3,0,0,2,0,0,3,0,0,2,0,0,2,1,0,1,1,0,2,1,0	15	4	5	1,97	37,27	1,70
32	0,1,1,0,0,2,0,0,2,3,0,0,2,0,0,3,0,0,2,0,0,2,1,0,1,1,0,2,1,0	15	4	5	1,97	37,26	1,70

В последней строке табл. 7 приведены количества маршрутов, составляющих найденный оптимальный план перевозок, соотнесенные к станциям погрузки и припортовым станциям.

Для отражения многокритериального подхода в разработанной модели, рассмотрим пример формирования оптимального варианта распределения грузопотоков зерновых грузов, в которых в качестве критериев выступают не только время транспортировки  $\tau_1$ , но и стоимость  $c_4$  (табл. 8).

Таблица 8 – Показатели отправительских маршрутов при следовании на участках между станциями погрузочных элеваторов и припортовыми станциями

№ п/п	Станция	Количество маршрутов	Порт								
			Новороссийск (П1)			Туапсе (П2)			Тамань (П3)		
			$l_{ij}$ , км	$t_{ij}$ , сут	$c_{ij}$ , руб.	$l_{ij}$ , км	$t_{ij}$ , сут	$c_{ij}$ , руб.	$l_{ij}$ , км	$t_{ij}$ , сут	$c_{ij}$ , руб.
1	Изобильная	3	373	1,16	37775,86	403	1,25	40718,82	444	1,38	44740,88
2	Морозовская	3	679	2,11	67794,11	839	2,61	83489,93	734	2,28	73189,55
3	Тимашевская	3	169	0,52	17763,69	510	1,58	51215,4	224	0,7	23159,13
4	Белоглинская	3	341	1,06	34636,69	433	1,34	43661,79	412	1,28	41601,71
5	Целина	3	460	1,43	46310,46	552	1,71	55335,55	531	1,65	53275,48

Примечание:  $l_{ij}$  – расстояние между железнодорожными станциями;  $c_{ij}$  – стоимость перевозки железнодорожным транспортом 1 вагона зерна

Время  $\tau_1$  представляет собой показатель плана перевозок  $(x_{ij})$ , которым выражается в сутках коммерческий интерес операторских грузовых компаний, а также владельца инфраструктуры в том, чтобы как можно быстрее и без остатка доставить получателю все вверенные ей грузы. То есть соответствующее время  $\tau_1$  должно

быть как можно меньшим, что определяет минимизацию использования подвижного состава и инфраструктуры по времени.

Стоимость  $c_4$  является показателем плана перевозок  $(x_{ij})$ , который выражает в рублях, с одной стороны, величину транспортной составляющей в цене перевозимого груза, которую оплачивает грузовладелец, а с другой стороны – величину дохода перевозчика при реализации этого плана. Рассматриваемые при этом критерии  $\tau_1$  и  $c_4$  выступают как равноправные (табл. 9).

Таблица 9 – Допустимые планы перевозок по критериям времени и стоимости

№	Допустимый план перевозки	Количество маршрутов на припортовые станции			Время $\tau_1$ , сут	Стоимость, $c_4$ , млн руб.
		П1	П2	П3		
1	0,0,3,0,0,3,0,2,1,0,3,0,0,0,3	0	5	10	2,28	38,510
2	0,0,3,0,0,3,0,2,1,1,2,0,0,0,3	1	4	10	2,28	38,058
...	...	...	...	...	...	...
14	0,0,3,1,0,2,3,0,0,3,0,0,0,0,3	7	0	8	2,28	33,271
15	0,0,3,2,0,1,3,0,0,3,0,0,0,0,3	8	0	7	2,28	33,001
16	0,0,3,3,0,0,2,0,1,3,0,0,0,0,3	8	0	7	2,11	33,001
17	0,0,3,3,0,0,3,0,0,3,0,0,0,0,3	9	0	6	2,11	32,732
...	...	...	...	...	...	...
21	0,3,0,3,0,0,2,0,1,3,0,0,1,0,2	9	3	3	2,11	32,050
22	0,3,0,3,0,0,1,0,2,3,0,0,2,0,1	9	3	3	2,11	31,971
23	0,3,0,3,0,0,0,0,3,3,0,0,3,0,0	9	3	3	2,11	31,893

Из табл. 9 следует, что при одинаковой стоимости – 33 млн руб. в 15-м и 16-м допустимых планах – значения общего времени отличаются и составляют 2,28 и 2,11 суток соответственно. При реализации одного и того же времени – 2,11 суток – разница вариантов стоимости реализации планов распределения, найденных системой аналитических вычислений, составляет 1,11 млн руб.

В качестве оценки эффективности реализации планов транспортировки региональных насыпных грузов, в рамках выполненных исследований предлагается использовать не только традиционные показатели, но и перспективные: степень прозрачности технологий, клиентоориентированность, регулярность/ритмичность, комплексность, экологичность, уровень цифровизации.

На основе применения метода экспертных оценок рассчитаны отдельные показатели и составлена сводная ведомость результатов распределения региональных грузопотоков насыпных грузов на принципах кластеризации производственно-транспортно-складских объектов и мультиагентности (табл. 10).

В результате получено, что наиболее рациональным с точки зрения удовлетворения интересов участвующих в перевозке сторон, является план распределения – Итерация 23, при которой обеспечивается сокращение срока доставки грузов, что позволяет оптимизировать финансовые расходы клиентов с учетом возможностей организации вариантов транспортировки насыпных грузов.

Таблица 10 – Сводная ведомость результатов распределения грузопотоков на принципах кластеризации производственно-транспортно-складских объектов и мультиагентности

Показатели	Итера- ция 15	Итера- ция 16	Итера- ция 23	Разница, ( $\Delta$ ), между 23 и 15	Разница, ( $\Delta$ ), %
Вагоно-километры пробега, $\sum n_{гр} l_{гр}$ , ваг- км	327 350	327 350	316 050	-11 300	-3,45
Срок доставки, $\tau_1$ , сут	2,28	2,11	2,11	-0,17	-7,46
Стоимость перевозки, $c_4$ , млн руб.	33,001	33,001	31,893	-1,108	-3,36
Качество транспортировки, $E_j$ , %	85,904	89,028	98,889	+12,985	+13,13

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований работы позволяют сделать следующие выводы:

1. Выполнен анализ современного состояния отечественного и зарубежного научного опыта в области организации и управления транспортными процессами насыпных грузов. Проведен анализ технологических параметров взаимодействия региональных субъектов транспортного рынка при экспортных перевозках насыпных грузов с участием видов транспорта. Установлена необходимость развития методов распределения региональных грузопотоков на принципах мультиагентности и клиентоориентированности.

2. Предложено развитие методов выбора форм концентрации региональных транспортно-складских систем при организации железнодорожных перевозок по уточненным факторам: емкости, производительности и динамики грузовой массы. Разработана методика кластеризации элементов региональной ТТС (погрузочный кластер – кластер порта – портовый кластер) по авторскому алгоритму, которая позволяет оценить возможности повышения уровня маршрутизации массовых насыпных грузов в регионе. Разработаны схемы выбора альтернатив железнодорожных погрузочных станций в кластере при реализации технической маршрутизации перевозок насыпных грузов.

3. Разработана экономико-математическая модель выбора рациональной организации грузопотоков насыпных грузов в адрес портов на основе сформированной системы временных и экономических критериев оценки перевозочного процесса в мультиагентной ТТС с учетом кластеризации производственно-транспортно-складских объектов и загрузки портовой инфраструктуры.

4. Разработан алгоритм и программный комплекс формирования плана распределения (маршрутизации) насыпных грузов на принципах клиентоориентированности. В результате апробации методики получены области эффективного взаимодействия погрузочных кластеров, кластеров порта, портовых кластеров.

5. Выполнена оценка эффективности реализации рациональных планов маршрутизации перевозок насыпных грузов на полигоне Северо-Кавказской железной дороги, которая позволяет сократить расходы клиента на транспортировку на 3,36 % (1,108 млн руб.), сократить пробеги подвижного состава на 11 300 км (3,45 %), создать резерв времени 0,17 суток (7,46 %) для обеспечения ритмичности перевозочного процесса в припортовой транспортно-технологической системе. Интегральный показатель качества организации распределения региональных грузопотоков улучшен на 13 %.

## **Рекомендации и перспективы дальнейших исследований по теме**

Выполненные в диссертационной работе теоретические и методологические исследования могут служить научной основой для формирования направлений развития региональных ТТС управления перевозками насыпных грузов, конкурентных выгод предприятий транспорта. Их реализация в транспортном процессе обеспечит повышение эффективности систем транспортировки железнодорожного, автомобильного и водного транспорта за счет применения экономико-математической модели и развития системы параметризации, адекватной оценки уровней взаимодействия видов транспорта на основе интегрального показателя качества организации распределения региональных грузопотоков.

## **Основное содержание диссертации отражено в следующих публикациях:**

### *Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК, и в международных базах данных:*

1. Кравец, А.С. Развитие логистики перевозки зерна в железнодорожно-морском сообщении (на примере Южного региона) / А.С. Кравец, Е.А. Чеботарева // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 3 (67). – С. 103–112.
2. Магомедова, Н.М. Обоснование социальной и стратегической значимости перевозок зерновых грузов: историческая ретроспектива / Н.М. Магомедова, А.С. Кравец // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 4 (40). – С. 69–76.
3. Развитие методов распределения зерновых грузопотоков в припортовой железнодорожной транспортно-технологической системе / О.Н. Числов, В.А. Богачев, А.С. Кравец, В.М. Задорожний, Т.В. Богачев // Транспорт: наука, техника, управление. – 2019. – № 5. – С. 29–35.
4. Временная параметризация в распределении грузопотоков транспортно-технологических систем / О.Н. Числов, В.А. Богачев, А.С. Кравец, Т.В. Богачев // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 3 (50). – С. 14–22.
5. Мультиагентный подход в математическом моделировании распределения региональных грузопотоков / О.Н. Числов, В.А. Богачев, А.С. Кравец, Т.В. Богачев, Е.В. Филина // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 4 (64). – С. 87–95.
6. Time parameters optimization of the export grain traffic in the port railway transport technology system / O.N. Chislov, V.M. Zadorozhnyi, T.V. Bogachev, A.S. Kravets, I.N. Egorova, V.A. Bogachev // Sierpiński G. (eds) Smart and Green Solutions for Transport Systems. TSTP 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing. – Vol. 1091. – Springer, Cham (2020).

### *Публикации в журналах и научных сборниках:*

7. Кравец, А.С. Проблемы развития транспортной инфраструктуры и обновления технических средств обеспечения перевозочного процесса в Южном регионе / А.С. Кравец // Актуальные проблемы развития транспортного комплекса: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Самара : СамГУПС, 2008. – С. 13–16.
8. Кравец, А.С. Принципы построения графика движения поездов в современных условиях / А.С. Кравец // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2008. – № 3 (7). – С. 95–98.
9. Кравец, А.С. Сокращение величины порожнего пробега железнодорожных грузовых вагонов в современных условиях / А.С. Кравец // Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса: образование, наука, производство: сб. науч. тр. Всероссийск. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2009. С. 209–210.
10. Кравец, А.С. Критерии выбора варианта перевозки при транспортировке товаров агропромышленного комплекса / А.С. Кравец // Наука и образование транспорту: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Самара : СамГУПС, 2009. – С. 28–29.
11. Кравец, А.С. Проблемы транспортных узлов при росте количества частного специализированного подвижного состава / А.С. Кравец // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2009. – № 3 (10). – С. 52–55.
12. Зубков, В.Н. Анализ выполнения участковой скорости и пути ее повышения / В.Н. Зубков,

А.С. Кравец // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта: сб. науч. тр. молодых ученых, аспирантов и докторантов. Посвящен 80-летию РГУПС. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2009. – С. 82–89.

13. Кравец, А.С. Значение рационализации использования железнодорожного подвижного состава в условиях функционирования транспортной компании в форме холдинга / А.С. Кравец // Транспорт-2009 : сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2009. – С. 267–269.

14. Гончаров И.В. Образование холдинга как способ сохранения конкурентоспособности транспортного предприятия / И.В. Гончаров, А.С. Кравец // Обеспечение устойчивого экономического развития России на современном этапе: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д: ИПО ПИ ЮФУ, 2009. – С. 83–88.

15. Кравец, А.С. Логистический подход к использованию парка пассажирского подвижного состава / А.С. Кравец, О.В. Муленко // Вагонный парк. – 2009. № 11–12. – С. 33–35.

16. Кравец, А.С. Направления совершенствования организации грузовых перевозок в современных условиях / А.С. Кравец // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте. Т. 1: Транспорт. – Одесса : Черноморье, 2010. – С. 50–53.

17. Кравец, А.С. Практическое применение базовых принципов системы управления перевозками в условиях полностью частных грузовых вагонов / А.С. Кравец // Наука и образование транспорту: матер. междунар. науч.-практ. конф. – Самара: СамГУПС, 2010. С. 30–31.

18. Кравец, А.С. Выбор схем транспортировки на основе многокритериального подхода / А.С. Кравец // Транспорт-2010 : сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д: РГУПС, 2010. – С. 268–269

19. Кравец, А.С. Перспективы развития конкурентной среды на транспорте / А.С. Кравец // Транспорт-2011 : сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2011. – С. 255–256.

20. Кравец, А.С. Анализ внешних факторов, влияющих на динамику поездопотоков / А.С. Кравец // Транспорт-2012: сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2012. – С. 280–281 .

21. Кравец, А.С. Проблемы и перспективы транспортировки насыпных грузов в адрес южных глубоководных и малых портов / А.С. Кравец // Транспорт-2013: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2013. – С. 292–293.

22. Кравец, А.С. Влияние транспортных коридоров на развитие региональных перевозок / А.С. Кравец, С.С. Малышев // Транспорт – 2013: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2013.– С. 22.

23. Кравец, А.С. Методы распределения грузопотоков насыпных грузов малых южно-портовых комплексов / А.С. Кравец // Транспорт – 2014: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2014.– С. 51–52.

24. Кравец, А.С. Анализ рисков, связанных с организацией движения грузовых поездов по расписанию с согласованным временем отправления и прибытия / А.С. Кравец // Транспорт – 2015: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2015.– С. 129–130.

25. Кравец, А.С. Информационная база принятия управленческих решений в ОАО «РЖД» / А.С. Кравец, Д.О. Черченко, К.Д. Дементьев // Транспорт – 2015: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2015.– С. 131–132.

26. Кравец, А.С. Анализ возможных индикаторов оптимальности перевозки / А.С. Кравец // Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса Юга России: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2015. – С. 47–48.

27. Кравец, А.С. Анализ перевозок зерновых грузов на Северо-Кавказской железной дороге / А.С. Кравец, И.В. Ручкин // Транспорт-2016: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2016. – С. 153–155.

28. Кравец, А.С. Современное состояние перевозок насыпных грузов / А.С. Кравец, Н.М. Магомедова // Транспорт – 2016: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2016.– С. 40–42.

29. Кравец, А.С. Развитие конкуренции на рынке транспортных услуг в сегменте перевозок насыпных грузов / А.С. Кравец, Н.М. Магомедова // Транспорт: наука, образование, производство : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2017. – С. 141–144.

30. Кравец, А.С. Инфраструктурные особенности как фактор эффективности техноло-

гии перевозок зерновых грузов / А.С. Кравец // Транспорт и логистика: инновационная структура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление: сб. науч. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2018. – С. 177–180.

31. Кравец, А.С. Анализ недостатков транспортной инфраструктуры Ростовской области в условиях изменения конъюнктуры грузопотоков / А.С. Кравец, Д.В. Сорокин // Транспорт и логистика: инновационная инфраструктура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. / РГУПС. – Ростов-на-Дону, 2018. – С. 181–184.

32. Кравец, А.С. Актуальные вопросы распределения насыпных грузов в припортовых транспортно-технологических системах / А.С. Кравец // Транспорт: наука, образование, производство: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2019. – С. 161–165.

33. Числов, О.Н. Транспортно-технологические системы зерновых грузов как факторы перспективного регионального развития / О.Н. Числов, А.С. Кравец // Транспорт и логистика: стратегические приоритеты, технологические платформы и решения в глобализованной цифровой экономике: сб. науч. тр. III междунар. науч.-практ. конф. / РГУПС. – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 461–465.

34. Кравец А.С. Теоретические предпосылки использования нейронных сетей для решения эксплуатационных задач на железнодорожном транспорте / А.С. Кравец, Д.В. Сорокин // Транспорт: наука, образование, производство: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2019. – С. 214–218.

35. Числов, О.Н. Актуальные вопросы повышения эффективности функционирования транспортно-технологических систем зерновых грузов / О.Н. Числов, А.С. Кравец // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : междунар. сб. науч. ст. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГут, 2019. – С. 137–148.

36. Кравец, А.С. Метод кластеризации транспортно-складских объектов как основа технической маршрутизации перевозок / А.С. Кравец // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2019. – С. 46–49.

37. Кравец, А.С. Критерии и факторы взаимодействия видов транспорта при перевозках насыпных грузов / А.С. Кравец, Д.В. Сорокин // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д : РГУПС, 2019. – С. 50–53.

**Личный вклад соискателя.** Основные положения и результаты исследований получены автором самостоятельно. Статьи [7–11, 13, 16–21, 23, 24, 26, 30, 32, 36] подготовлены единолично. Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве [1–6, 12, 14, 15, 22, 25, 27–29, 31, 33–35, 37], – постановка задач исследований, проведение расчетов, обработка и обобщение полученных результатов.

**Кравец Александра Сергеевна**

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
ПРЕДПРИЯТИЙ В РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ  
НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать 26.08.20. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,39.

Тираж 100 экз. Заказ № \_\_\_\_\_

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка  
Народного Ополчения, д. 2.