

На правах рукописи



КРЫЛОВ АЛЕКСЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

**МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПОДВОДА ГРУЖЕНЫХ
ВАГОНОПОТОКОВ К ГРУЗОПЕРЕВАЛОЧНЫМ КОМПЛЕКСАМ**

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва - 2013

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» МГУПС (МИИТ) на кафедре «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Бородин Андрей Федорович

Официальные оппоненты:

Зубков Виктор Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», кафедра «Управление эксплуатационной работой», заведующий кафедрой;

Каширцева Татьяна Игоревна, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения», кафедра «Логистические транспортные системы и технологии», доцент.

Ведущая организация: открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта»
(ВНИИЖТ)

Защита состоится 19 декабря 2013 г., в 15 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 218.005.07 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» по адресу: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9, ауд. 2505.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГУПС (МИИТ).

Автореферат разослан «18» ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



Горелик Александр
Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современные требования к качеству выполнения перевозок в условиях проводимых реформ на железнодорожном транспорте, возрастающей роли формирования сети мультимодальных логистических центров в крупных транспортных узлах, на подходах к портам и крупным промышленным кластерам, эксплуатации парков приватного подвижного состава, а также научно обоснованных прогнозов роста объемов перевозок грузов к 2030 г. до 2 раз по отношению к существующему уровню, диктуют необходимость в повышении согласованности при организации подвода груженых вагонопотоков к грузоперевалочным комплексам (ГК) за счет детального изучения и раскрытия закономерностей, определяющих эффективность функционирования перевозочного процесса на подходах к ГК, в том числе в транспортном узле.

На основе анализа технологий работы Большого Порты Санкт-Петербург, Таганрогского Морского Порты, Туапсинского Морского Порты, Усть-Лужского железнодорожного узла и подходов к ним установлено, что вместо обеспечения в технологической цепочке поточности и согласованности в обработке вагонов наблюдается:

- производство многократных сортировок одних и тех же вагонов;
- осуществление передачи вагонов вне зависимости от потребности в них;
- осуществление неоптимального включения вагонов в поезда, что влечет за собой увеличение маневровой работы (продолжительности и числа операций), а также ее концентрацию в «узких» местах инфраструктуры;
- невыполнение установленных нормативов времени;
- возникновение случаев «бросания» или досрочного расформирования поездов на станциях междорожных стыков и на подходах к ним, а также в крупных транспортных узлах.

Рационализация использования активов за счет оптимизации транспортной составляющей является важным аспектом деятельности компаний–потребителей транспортных услуг ОАО «РЖД». Стратегии развития и функционирования данных компаний целиком зависят от того, насколько логистически рационально выстроена система железнодорожного обслуживания их предприятий. При этом их взаимодействие с ОАО «РЖД» должно быть на взаимовыгодных условиях для того, чтобы ОАО «РЖД» имело достаточно ресурсов для обеспечения надежности перевозочного процесса.

На протяжении всей истории развития железнодорожного транспорта специалисты совершенствуют теорию и практику эксплуатационной работы, уделяя большое внимание вопросам совершенствования существующих, а также разработки новых технических и технологических решений в организации, управлении перевозочным процессом, в том числе движением поездов, а также исследованию закономерностей транспортных процессов и транспортных логистических систем. На современном этапе систему организации подвода груженых вагонопотоков к ГК требуется рассматривать с учетом системного (комплексного) подхода для выявления связей и установления их влияния на поведение всей системы в целом.

Целью диссертационной работы является разработка рекомендаций по рациональному использованию железнодорожной инфраструктуры при организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, за счет формирования методических решений по обоснованию рациональных параметров технологии организации эксплуатационной работы транспортного узла и подходов к нему, обеспечивающих условия для надежного транспортного обслуживания ГК.

На защиту выносятся следующие основные научные результаты диссертационного исследования:

- методические рекомендации по разработке решений по обоснованию рациональных параметров технологии организации эксплуатационной работы железнодорожного транспортного узла и подходов к нему, обеспечивающие условия для надежного транспортного обслуживания ГК при существующих и перспективных объемах переработки грузов;

- новая расчетная характеристика – коэффициент согласования затрат и потерь при организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, который позволяет выбрать такой вариант организации подвода груженных вагонопотоков, при котором распределение затрат и потерь образуют минимум общих затрат, обеспечивая максимальный эффект от организационных мер;

- принципиальные дополнения к известным методам организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, заключающиеся в разработке технических, технологических и организационных решений по повышению надежности железнодорожного транспортного обслуживания ГК и снижению потерь в использовании его перерабатывающих мощностей, в расчете технологических параметров и лимитирующих элементов всей цепочки перевозочного процесса, в детальной проработке вопросов взаимодействия станции примыкания и ГК.

- методические положения по технико-экономической оценке применения методов организации подвода груженных вагонопотоков к ГК.

Научная новизна работы. В диссертации предложен комплексный подход к разработке методических решений в части организации эксплуатационной работы железнодорожных полигонов взаимодействия с припортовыми транспортными узлами. Новизна данного подхода заключается в том, что предлагаемые методические решения оцениваются и применяются совместно с точки зрения организации подвода конкретных корреспонденций перевозок грузов в адрес конкретного ГК в системе общесетевого, регионального и внутриузлового распределения сортировочной и поездной работы, с учетом выбора состояния и параметров элементов используемой инфраструктуры и технологии продвижения вагонопотоков от погрузки на путях общего и необщего пользования дороги отправления до выгрузки на путях ГК, при снижении затрат, зависящих от основных факторов, влияющих на рассматриваемый процесс.

Теоретическая и практическая значимость. Применение предлагаемых методов на практике позволяет определить рациональные параметры технологии организации эксплуатационной работы припортового транспортного узла и подходов к нему, обеспечивающие условия для надежного транспортного обслуживания ГК по средством:

- сокращения эксплуатационных затрат от распределения сортировочной и поездной работы на полигоне взаимодействия ГК (сокращение затрат на пробеги по участкам и внутриузловым ходам, сокращения затрат на накопление, переработку и продвижение вагонопотоков на каждой сортировочной системе, сокращение затрат на станции назначения за счет концентрации на тыловых сортировочных станциях полигона взаимодействия с учетом формирования групп вагонов по определенным признакам);

- от рационализации технологии работы в транспортном узле (сокращение среднесуточных вагоно-часов нахождения вагонов в узле, сокращение расходов на перемещение вагонов в передачах между станциями узла, сокращение расходов на перемещение поездных локомотивов резервом между станциями узла, сокращение расходов на перемещение порожних полувагонов и их переработку в пути следования) и формирования экономических эффектов ОАО «РЖД», образующих эффективность предлагаемых мероприятий.

Предложенный коэффициент согласования затрат и потерь является дополнительным критерием оценки выбранного варианта технологии работы рассматриваемой транспортной системы.

Результаты данного исследования могут быть использованы при:

- разработке научно-методической и инструктивной документации, проектировании технологий организации вагонопотоков на уровне сети и полигонов ОАО «РЖД», в том числе при подготовке нормативной базы;

- разработке и проектировании единых технологических процессов работы железнодорожных станций ОАО «РЖД» и железнодорожных станций примыкания промышленных предприятий, узловых соглашений между транспортными организациями, а также регламентов взаимодействия участников перевозочного процесса;

- оперативном управлении вагонопотоками в условиях текущей эксплуатации;

- анализе результатов управления эксплуатационной работой и их технико-экономической оценке.

Реализация результатов работы. Предлагаемая методика нашла свое применение в научно-проектных разработках, объектами исследования которых явились: Большой Порт Санкт-Петербург и районы тяготения к нему, Таганрогский Морской Порт и подходы к нему, Северо-Западный полигон, сеть железных дорог России (Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 г., Актуализированная Программа развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 г., Комплексная интегрированная технология управления движением грузовых поездов по расписанию), сеть железных дорог с шириной колеи 1520 мм (Концепция развития сети железных дорог с шириной колеи 1520 мм). По результатам исследований подготовлена технологическая документация и работы сданы в эксплуатацию.

Методы исследования предусматривают:

- детальное изучение и раскрытие закономерностей, определяющих эффективность функционирования перевозочного процесса на подходах к ГК (в том числе в транспортных узлах);

- создание эксплуатационно-экономической модели определения основных показателей использования инфраструктуры и работы подвижного состава, зависящих от параметров системы и методов управления эксплуатационной работой на подходах к ГК и в транспортных узлах;

- проведение технико-экономических сопоставлений конкурентоспособных вариантов и выбор на их основе рациональных параметров организации подвода груженых вагонопотоков к ГК.

Для повышения точности расчетов и получения наиболее адекватных результатов выполнена проверка основных параметров расчета путем сопоставления с данными, полученными в эксплуатационных условиях. В исследовании использованы методы многокритериальной оптимизации для согласования технологических ритмов, методы имитационного моделирования производственных процессов и методы математической статистики для анализа динамики существующих и перспективных вагоно- и поездопотоков, определения неравномерностей их продвижения и прибытия в ГК, а также для анализа эксплуатационных потерь, вызванных задержками продвижения поездов.

Объектами данного диссертационного исследования являются железнодорожные полигоны взаимодействия с припортовыми транспортными узлами и система организации подвода груженых вагонопотоков к ГК.

Предметами данного диссертационного исследования являются процессы, которые происходят при организации подвода вагонов к ГК. Данные процессы включают в себя:

- процессы организации вагонопотоков в поезда;
- технологические процессы работы железнодорожного узла, обслуживающего ГК;
- процессы, связанные с продвижением вагонопотоков на пути следования;
- процессы, связанные с маршрутизацией груженых и порожних вагонопотоков, выбором веса поезда и станций перелома веса, а также с использованием параллельных весовых норм и т.д.

Апробация работы. Результаты исследования докладывались, обсуждались и получили одобрение на международной научно-практической конференции «Trans-Mech-Art-Chem» (Москва, МИИТ, 2008 г.), а также на кафедре «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения» МГУПС (МИИТ) (2011-2013 гг.).

Публикации. Материалы, отражающие основные положения диссертационной работы, изложены в 6 печатных работах, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы (199 наименований), 12 приложений. Основной текст – 154 страницы, включая 29 рисунков и 7 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение посвящено обоснованию актуальности выбранной темы и постановке основных вопросов исследования.

В первой главе раскрывается состояние вопроса с точки зрения теории и практики и анализа статистических данных об исполненной поездной работе, что позволяет сформулировать цель исследования и постановку задачи.

Для правильного и однозначного толкования отдельных понятий, связанных с вопросами организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, рекомендована следующая терминология: Грузопереваляющий комплекс (ГК) (рисунок 1), железнодорожный полигон взаимодействия ГК (рисунок 2), исходное и предлагаемое состояние транспортной системы (рисунок 3), комплексный подход.

Исходное состояние транспортной системы – это состояние существующей инфраструктуры, используемой при организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, а также действующая технология организации подвода вагонопотоков к ГК.

Предлагаемое состояние транспортной системы – это состояние транспортной системы, которое формируется на основе исходного, при внесении предлагаемых изменений в инфраструктуру, технологию работы и организацию вагонопотоков.

Теоретическим базисом данного диссертационного исследования послужили многочисленные работы ученых и практиков, тесно связанные с теорией организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, а именно:

- применение системного (комплексного подхода) для выявления связей и установления их влияния на поведение всей системы в целом – Л. фон Бергаланфи, Богданов А.А., Саймон Г., Друкер П., Чандлер А., Глушко И.М., Козлов П.А., Николашин В.М., Персианов В.А., Сиденко В.М., Скалов К.Ю., Усков Н.С. и другие;

- рациональная система организации вагонопотоков – Аветикян А.А., Акулиничев В.М., Батулин А.П., Бородин А.Ф., Буянова В.К., Гершвальд А.С., Гоманков Ф.С., Дувалян С.В., Ковалев В.И., Козлов П.А., Левин Д.Ю., Осьминин А.Т., Панин В.В., Персианов В.А., Сметанин А.И., Сотников Е.А., Ульяницкий Е.М., Чернюгов А.Д., Штеффен Б. и другие;

- развитие транспортных узлов, в том числе увеличение пропускной и перерабатывающей способности станций, а также разработка рекомендаций по рациональному использованию путевого развития станций и узлов – Аксенов В.И., Аветикян М.А., Акулиничев В.М., Апатцев В.И., Архангельский Е.В., Бахадиров Ф.В., Бернгард К.А., Бородин А.Ф., Буянова В.К., Быкадоров А.В., Ветухов Е.А., Волков В.С., Гринев А.А., Грунтов П.С., Дьяков Ю.В., Забело М.Л., Зубков В.Н., Иловайский Н.Д., Каплун Б.М., Климанов В.С., Козлов В.Е., Корешков А.Н., Кудрявцев В.А., Ключанек П., Левин Д.Ю., Лолуа Р.В., Ломакина Н.Н., Макарович А.М., Осьминин А.Т., Отпущенников В.И., Паристый И.Л., Рахмангулов А.Н., Сотников Е.А., Тишкин Е.М., Тулупов Л.П., Чекулдова С.В., Шапкин И.Н., Шаров В.А., Щелоков А.И., Щепанов С.Л. и другие;

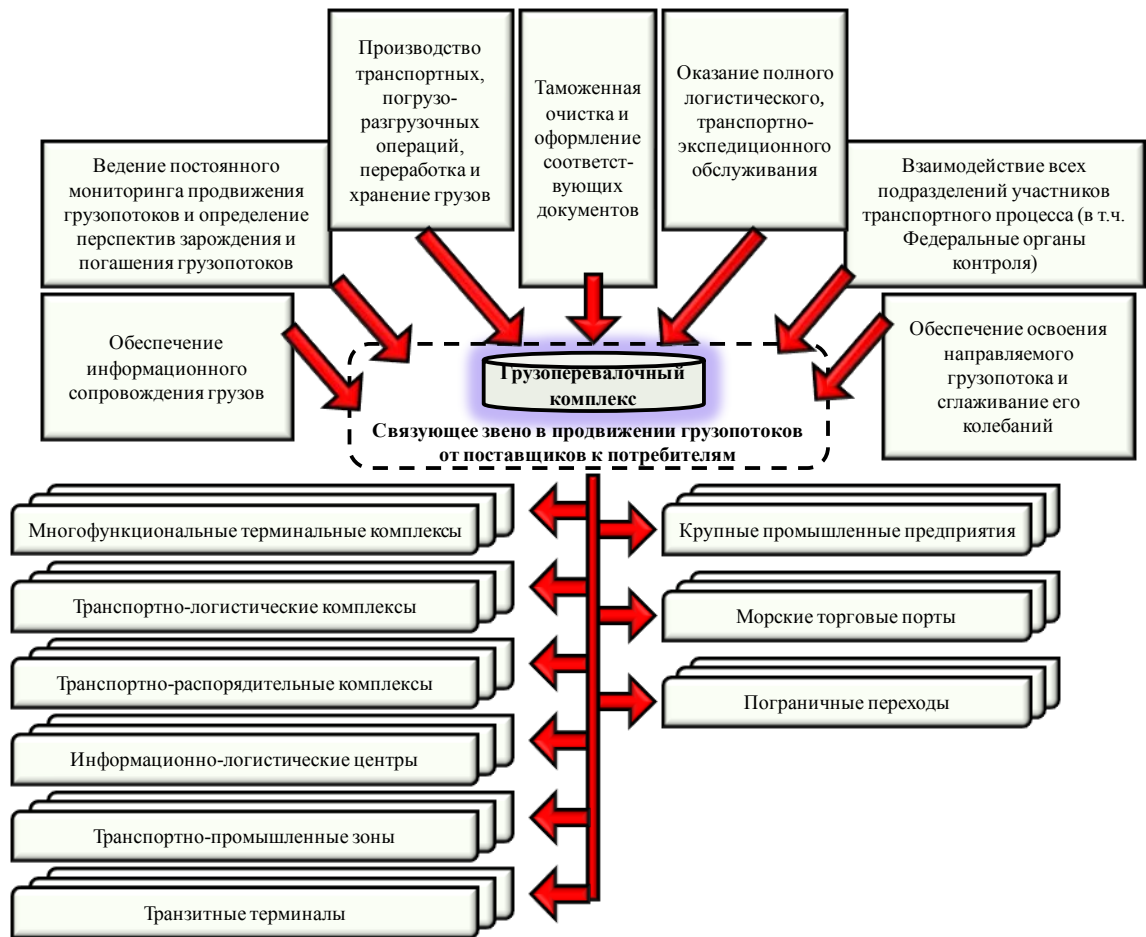
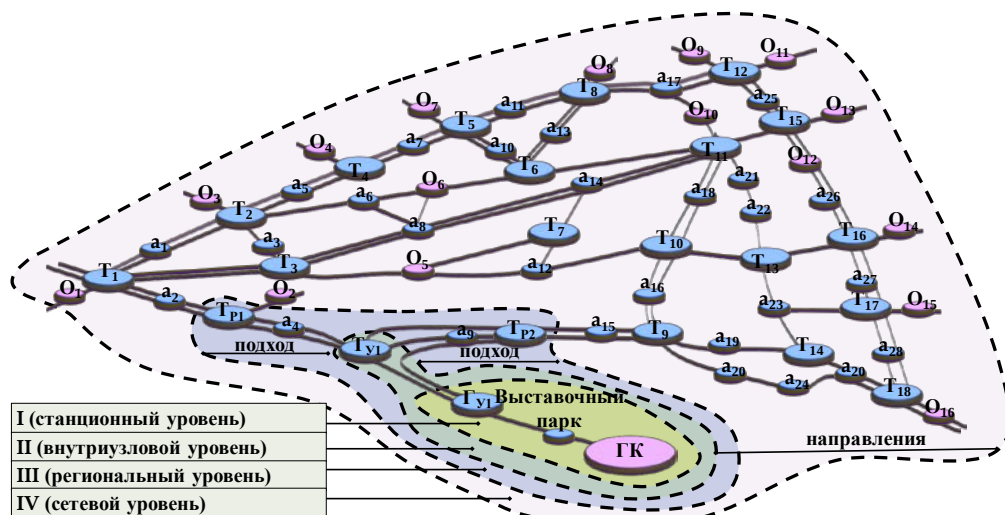


Рисунок 1 – Грузоперевалочный комплекс: основные функции и его виды



Условные обозначения:

- ГК – грузоперевалочный комплекс;
- G_{y1} – грузовая станция узла, обслуживающего ГК;
- T_{y1} – сортировочная станция узла, обслуживающего ГК;
- T_{p1}, T_{p2} – технические станции на ближайших подходах к узлу, обслуживающему ГК;
- $T_1, T_2 \dots T_n$ – технические станции на дальних подходах к узлу, обслуживающему ГК;
- $a_1, a_2 \dots a_n$ – промежуточные станции на пути следования к узлу, обслуживающему ГК;
- $O_1, O_2 \dots O_n$ – станции зарождения грузевых вагонопотоков в адрес ГК.

Рисунок 2 – Схема железнодорожного полигона взаимодействия ГК

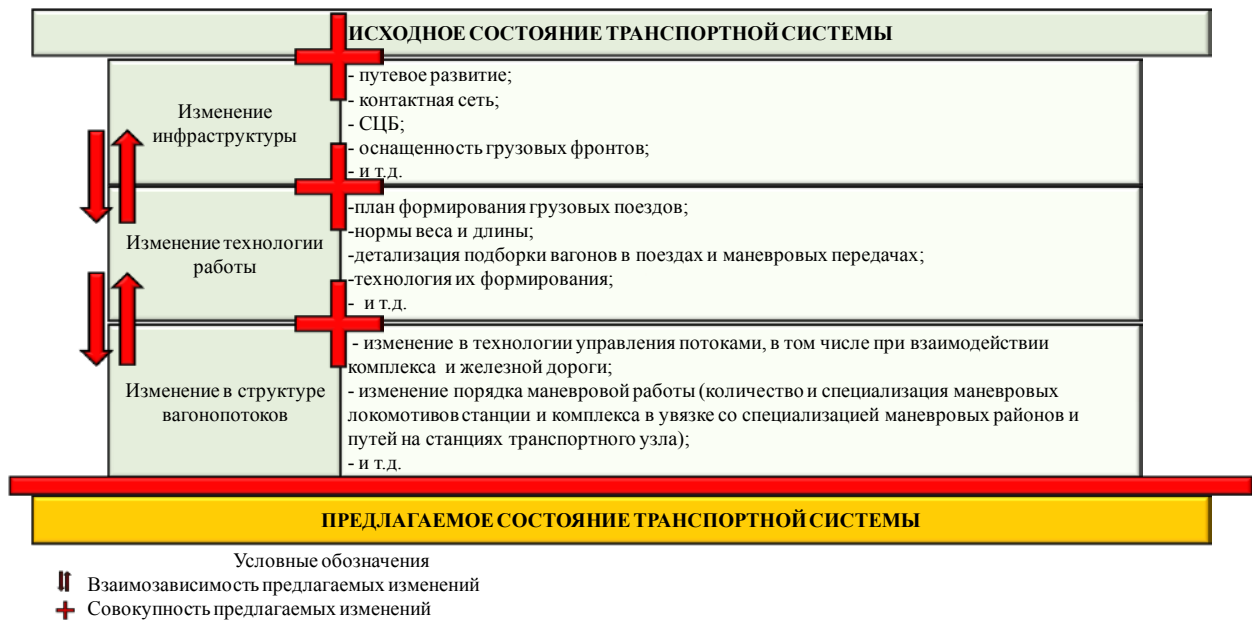


Рисунок 3 – Основной перечень возможных решений, обеспечивающих переход из исходного состояния транспортной системы в предлагаемое

– оптимизация транспортных систем с использованием моделей (математических и имитационных) – Александров А.Э., Владимирская И.П., Козлов П.А., Некрашевич В.И., Нестеров А.С., Персианов В.А., Дел Рио Б., Таль К.К., Шапкин И.Н., Шумская О.А. и другие;

– методы рационального использования путевого развития станций и узлов в системе организации вагонопотоков – Бодюл В.И., Бородин А.Ф., Шаров В.А. и другие;

– размещение, развитие и взаимодействие сортировочных станций – Бернгард К.А., Бородин А.Ф., Буянова В.К., Межова Р.В., Образцов В.Н., Персианов В.А., Скалов К.Ю., Савченко И.Е., Усков Н.С., Шулько В.П. и другие;

– повышение эффективности взаимодействия различных видов транспорта – Акулиничев В.М., Апатцев В.И., Белоусов И.И., Бородин А.Ф., Булахов Д.И., Галабурда В.Г., Журавин С.Г., Козлов П.А., Котляренко А.Ф., Куренков П.В., Осьминин А.Т., Мазо Л.А., Негрей В.Я., Никандров В.А., Новиков П.А., Персианов В.А., Плужников К.И., Полиньский Я., Правдин Н.В., Резер С.М., Серяпова И.В., Сологуб Н.К., Шаров В.А., Шмудевич М.И., Шутка А.Я. и другие;

– организация равномерного согласованного подвода вагонопотоков к перевалочным комплексам с учетом возникающих колебаний и неравномерностей – Барков Н.Н., Белоусов И.И., Быкадоров С.А., Вайсблат Б.И., Ветухов Е.А., Винокуров В.Г., Каширцева Т.И., Козлов П.А., Кравченко В.С., Миловидов С.П., Моисеева С.М., Постян М.Я., Слуцкий С.С., Сотников Е.А., Угрюмов А.К., Харитонов А.В., Чхаидзе А.В., Щелканов А.Г. и другие.

Анализ имеющихся разработок в области решения эксплуатационных задач показывает, что система организации подвода груженных вагонопотоков к ГК затрагивается в широком спектре областей исследования вопросов управления процессами перевозок. Вместе с тем, данная задача не рассматривалась комплексно, с точки зрения организации подвода конкретных кор-

респондентов перевозок грузов в адрес конкретного ГК в системе общесетевого распределения сортировочной и поездной работы, с учетом выбора состояния и параметров элементов используемой инфраструктуры и технологии продвижения вагонопотоков от погрузки на путях общего/необщего пользования дороги отправления до выгрузки на путях ГК, при минимуме годовых приведенных затрат, зависящих от основных факторов влияющих на рассматриваемый процесс.

Анализ возникновения случаев «бросания» или досрочного расформирования поездов на станциях междорожных стыков и на подходах к ним, а также в крупных транспортных узлах по данным 2006, 2008, 2013 гг. показывает, что данная проблема является актуальной и требует новых подходов к её решению. Необходимо осуществление поиска выхода не из следствия результатов возникновения случаев бросания поездов, а разработки и реализации методов рационализации процесса перевозок, при котором число подобных случаев будет стремиться к нулю.

Во второй главе сформулирована общая постановка комплексной задачи рационализации параметров организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, решение которой представлено в виде определенной последовательности частных задач в соответствии с уровнями железнодорожного полигона взаимодействия ГК (I станционный – уровень рассматриваемого ГК и станции, непосредственно обслуживающей его; II внутриузловой – уровень железнодорожного узла (в т.ч. сортировочной станции), обслуживающего ГК; III региональный – уровень технических станций, расположенных на ближайших подходах к ГК; IV сетевой – уровень технических станций, расположенных на дальних подходах к ГК).

Для каждого уровня из набора методов организации подвода груженых вагонопотоков к ГК выбирается тот, который позволяет выработать соответствующие мероприятия по рационализации выявленных лимитирующих параметров (по локальному критерию). Устанавливаются конкурентоспособные варианты организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, одним из которых должен быть действующий (исходный) вариант освоения вагонопотоков в адрес рассматриваемого ГК. После чего производится рационализация параметров организации подвода груженых вагонопотоков к ГК по глобальному критерию с выбором результирующего состояния транспортной системы.

Принципиальная схема поиска рациональных параметров организации подвода груженых вагонопотоков к ГК представлена на рисунке 4.

Выбор результирующего состояния транспортной системы для организации подвода груженых вагонопотоков к ГК предполагает возможность количественной оценки трех взаимодополняющих величин, поскольку только в этом случае можно сравнивать эффекты от выбора тех или иных управляющих воздействий:

$\sum E^{ваг.}$ - суммарные среднесуточные затраты, связанные с организацией подвода груженых вагонопотоков к ГК, отнесенные на 1 вагон, руб.;

1. Мониторинг надежности и экономичности функционирования элементов технологической цепочки перевозочного процесса и наличной пропускной и перерабатывающей способностей звеньев железнодорожной инфраструктуры подходов к ГК и в самом ГК

I (станционный уровень)	1.1. Определение уровней изучения			
	II (внутриузловой уровень)	III (региональный уровень)	IV (сетевой уровень)	
Структура потоков вагонов и грузов	1.2. Определение исходных данных			
	Технология работы и технико-эксплуатационная характеристика объектов инфраструктуры железнодорожного полигона взаимодействия			Транспортное обслуживание ГК

2. Формирование набора частных задач, решаемых методом вычисления эффективных параметров подсистемы

Методы организации подвода грузеных вагонопотоков к ГК

3. Вычисление эффективных параметров подзадач по локальному критерию

I (станционный уровень)	Формирование ограничений, диктуемых сетевым уровнем
II (внутриузловой уровень)	
III (полигон - региональный уровень)	
IV (сеть - сетевой уровень)	

4. Установление конкурентоспособных вариантов организации подвода грузеных вагонопотоков к ГК

5. Вычисление эффективных параметров вариантов организации подвода грузеных вагонопотоков к ГК по глобальному критерию

Рисунок 4 – Принципиальная схема поиска рациональных параметров организации подвода грузеных вагонопотоков к ГК

$\sum Nt$ - общее технологическое время нахождения вагонов пооперационно, вагоно-ч.;

$N_{нал}$ - наличная пропускная способность элементов железнодорожной инфраструктуры, используемых при организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, ваг/сут.

При этом, критерием оценки использования наличной пропускной способности основных сооружений и устройств является допустимый коэффициент заполнения пропускной способности γ , значение которого для различных устройств имеет допустимые пределы.

Также необходимо учитывать то, что при переходе от исходного состояния транспортной системы в результирующее, технологическое время нахождения вагонов пооперационно в конкретных случаях может увеличиваться, но суммарные вагоно-часы в целом будут минимизированы.

При поиске результирующего состояния транспортной системы необходимо учитывать взаимозависимость распределения «Затрат на согласование технологических ритмов» E_i и «Потерь от несогласованности технологических ритмов» P_i при организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, а также причины и факторы, влияющие на них.

Для систематизации и выявления закономерности взаимозависимости распределения E_i и P_i , следует рассматривать процесс «Зарождения грузопотоков - их продвижения - грузоперевалки» отталкиваясь от действующего (исходного) состояния транспортной системы. Взаимозависимость E_i и P_i будет характеризоваться коэффициентом согласования затрат и потерь – $\xi_{сogl}$.

Следовательно:

$$\xi_{сogl} = f(E_i; P_i) \quad (1)$$

При поиске оптимального решения необходимо использовать различные «мероприятия», которые направлены на согласование технологических ритмов. Каждое «мероприятие» представляет собой комплекс «решений». Подразумевается, что при использовании одного и того же «мероприятия», внутри его будут рассматриваться различные сочетания параметров «решений», составляющих данное «мероприятие» в целом. Выбор варианта, отвечающего условию минимизации распределения затрат и потерь при организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, связан с выбором такого управления, при котором целевая функция достигает минимального значения, т.е.

$$E_{\min} = \min_{\xi} \{E(\xi_{сogl})\} \quad (2)$$

Для повышения согласованности подвода при применении методов на каждое из полученных решений необходимо делать проверку на техническую реализуемость, а также накладывать ряд ограничений (например, минимальную мощность формируемого назначения). Ограничения позволяют отсеять неэффективные варианты. Для каждого из мероприятий должен быть сформирован свой перечень ограничений. Значения ограничений, при которых получается наиболее экономически выгодный вариант, определяются путем проведения серии расчетов.

Таким образом, получаем многокритериальную математическую постановку задачи:

$$\begin{aligned} \sum E(k_r; N_{расн.r}; n_{зп.x}; \xi_{созл}) &\rightarrow \min \\ \sum Nt &\rightarrow \min \\ N_{нал}(\gamma) &\rightarrow \max, \end{aligned} \quad (3)$$

где k_r - число назначений поездов, формируемых в сортировочной системе r ;
 $N_{расн.r}$ - распределяемый вагонопоток, перерабатываемый в сортировочной системе r , вагонов/сут.;

$n_{зп.x}$ - пропускная способность участка x для грузового движения, поездов/сут.;

При переводе данной задачи к одному критерию возникают два варианта:

$$\begin{aligned} 1) \sum E(k_r; N_{расн.r}; n_{зп.x}; \xi_{созл}) &\rightarrow \min \\ \sum Nt &\leq \sum Nt^* \\ N_{нал} &\geq N_{нал}^* \end{aligned} \quad (4)$$

Критерий – общие среднесуточные затраты, связанные с организацией подвода груженых вагонопотоков к ГК (руб.) при ограничениях заданных величин потока и допустимого значения времени нахождения вагонов пооперационно (вагоно-часы).

$$\begin{aligned} 2) \frac{\sum E(k_r; N_{расн.r}; n_{зп.x}; \xi_{созл})}{N} &\rightarrow \min \\ \sum Nt &\leq \sum Nt^*, \end{aligned} \quad (5)$$

Критерий – общие среднесуточные затраты, связанные с организацией подвода груженых вагонопотоков к ГК на единицу перерабатываемого потока (руб./ваг.) при допустимом значении времени нахождения вагонов пооперационно (вагоно-часы).

В качестве управляющих воздействий выступают переменные, связанные с изменением инфраструктуры (путевое развитие, электрификация, СЦБ, оснащённость грузовых фронтов и т.д.), изменением технологии продвижения вагонопотоков от путей станций погрузки до погрузочно-выгрузочных путей комплекса (план формирования грузовых поездов, нормы веса и длины, детализация подборки вагонов в поезда и маневровых передач, технология их формирования и т.д.) и изменения в структуре вагонопотоков.

При достаточно большом количестве переменных, влияющих на результирующее состояние рассматриваемой транспортной системы, также существует ряд ограничений целевой функции.

После получения результирующего варианта необходимо произвести исследование устойчивости – чувствительности данного варианта к изменению основных параметров, влияющих на состояние транспортной системы.

Общие затраты на согласование технологических ритмов при организации подвода груженых вагонопотоков к ГК складываются из эксплуатационных затрат и капитальных затрат:

$$\sum E = \sum E^{экл.} + \sum K^*(1+\alpha)^{-t}, \text{ руб.,}$$

$$\sum E^{\text{эспл.}} = \sum E^{\text{ваг.}} * N * 365, \text{ руб.},$$

где $\sum E^{\text{эспл.}}$ - суммарные зависящие эксплуатационные расходы по расчетному направлению, руб.

$\sum K$ - суммарные капитальные вложения при реализации мероприятий по развитию инфраструктуры, руб.;

α - ставка дисконтирования;

t - период дисконтирования.

Потери от несогласованности технологических ритмов при организации подвода груженных вагонопотоков к ГК состоят из четырех составляющих:

$$\sum P = P^{\text{ож}} + \sum P^{\text{нерац.эсп.}} + \sum P^{\text{нерац.инфр.}} + \sum P^{\text{срок.д.}}, \text{ руб.} \quad (6)$$

1) $P^{\text{ож}}$ - потери от несогласованности технологических ритмов в части возникающих межоперационных простоев в транспортном узле и в пути следования:

$$P^{\text{ож}} = \sum_1^N t_{\text{ож}}^{\text{в.узле}} * e_{\text{в-ч}} + \sum_1^N t_{\text{ож}}^{\text{в.пути-сл.}} * e_{\text{в-ч}}, \text{ руб.}, \quad (7)$$

где $e_{\text{в-ч}}$ - ставка вагоно-часа, руб.

$\sum_1^N t_{\text{ож}}^{\text{в.узле}}$ - сумма ожиданий выполнения операций с вагонами в транспортном узле, ч.;

$\sum_1^N t_{\text{ож}}^{\text{в.пути-сл.}}$ - сумма ожиданий выполнения операций с вагонами в пути следования, ч.

$$\sum_1^N t_{\text{ож}}^{\text{в.узле}} * e_{\text{в-ч}} = \sum_1^N (t_{\text{факт}}^{\text{опер-в-узле}} - t_{\text{норм}}^{\text{опер-в-узле}}) * e_{\text{в-ч}}, \text{ руб.}, \quad (8)$$

$t_{\text{факт}}^{\text{опер-в-узле}}, t_{\text{норм}}^{\text{опер-в-узле}}$ - фактическое и нормативное технологическое время на выполнение соответствующих операций в транспортном узле, ч.

$$\sum_1^N t_{\text{ож}}^{\text{в.пути-сл.}} * e_{\text{в-ч}} = \sum_1^N (t_{\text{факт}}^{\text{в.пути-сл.}} - t_{\text{норм}}^{\text{в.пути-сл.}}) * e_{\text{в-ч}}, \text{ руб.}, \quad (9)$$

где $t_{\text{факт}}^{\text{опер-в-пути-сл.}}, t_{\text{норм}}^{\text{опер-в-пути-сл.}}$ - фактическое и нормативное технологическое время на выполнение соответствующих операций в пути следования, ч.

2) $\sum P^{\text{нерац.эсп.}}$ - потери от нерациональной технологии эксплуатации, которые выражаются в виде суммы произведений временных измерителей затрат на нерациональное выполнение дублирующих (повторных) операций с вагонами (или операций, которые за счет рационализации технологии работы, требуется исключить) на соответствующие расходные ставки.

$$\sum P^{\text{нерац.эсп.}} = \sum N * (\sum N t^{\text{нерац.}} * e_{\text{в-ч}} + E_{\text{пер}}^{\text{нерац.}} + E_{\text{рез}}^{\text{нерац.}} + E_{\text{пор}}^{\text{нерац.}}), \text{ руб.} \quad (10)$$

где $\sum N t^{\text{нерац.}}$ - среднесуточные вагоно-ч. нерационального нахождения вагонов в узле по варианту, вагоно-ч.;

$e_{\text{вч}}$ - стоимостная оценка одного вагоно-ч, руб.;

$E_{\text{пер}}^{\text{нерац.}}$ - расходы на нерациональное перемещение вагонов в передачах между станциями узла, руб./сут.;

$E_{рез}^{нерац.}$ – расходы на нерациональное перемещение поездных локомотивов резервом между станциями узла, руб./сут.;

$E_{пор}^{нерац.}$ – расходы на нерациональное продвижение порожних полувагонов и их переработку в пути следования, руб./сут.

3) $\sum P^{нерац.инфр.}$ – потери от недоиспользования технической оснащенности инфраструктуры:

$$\sum P^{нерац.инфр.} = \sum D_{нал} - \sum D_{факт}, \text{ руб.} \quad (11)$$

где $\sum D_{нал}$ – условные среднесуточные доходные поступления, которые могли бы быть получены при рациональном максимальном использовании наличной пропускной способности устройств, используемых при организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, руб.;

$\sum D_{факт}$ – условные среднесуточные доходные поступления, которые получены при данном состоянии транспортной системы, при организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, руб.

4) $\sum P^{сро.д.}$ – пени за просрочку доставки грузов или не принадлежащих перевозчику порожних вагонов, контейнеров, руб.

Для того, чтобы соотнести затраты на согласование технологических ритмов с уровнем возникающих при этом потерь от несогласованности, то есть, определить коэффициент согласования затрат и потерь, необходимо рассчитать общие затраты на организацию заданного объема перевозок $\sum N^{исх}$ (вагонов в год) в адрес рассматриваемого ГК при исходном состоянии транспортной системы $\sum E_{экс}^{исх}$ (руб.), определить возникшие при этом фактические потери $\sum P^{исх.}$ (руб.). По итогам формирования результирующего состояния транспортной системы, с учетом методов организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, рассчитать затраты $\sum E_{экс}^{пред}$ (руб.) на организацию предлагаемых объемов перевозок $\sum N^{пред}$ (вагонов в год). Определить величину капитальных вложений $\sum K^{пред}$ (руб.), приведенных к расчетному году, если при формировании результирующего варианта в них возникает потребность. Также требуется определить величину потерь при применении и реализации результирующей транспортной системы $\sum P^{предл.}$ (руб.).

Величина потерь $\sum P^{предл.}$ рассчитывается исходя из выявленных в исходном состоянии транспортной системы причин и соответствующих мероприятий, которые позволяют их устранить или сократить.

Если выполняются следующие условия

$$\frac{\sum E_{экс}^{пред}}{\sum N^{пред}} \leq \frac{\sum E_{экс}^{исх}}{\sum N^{исх}}, \quad (12)$$

$$\frac{\sum P^{пред}}{\sum N^{пред}} \leq \frac{\sum P^{исх}}{\sum N^{исх}}, \quad (13)$$

так как в противном случае затраты и потери при исходном варианте состояния транспортной системы меньше потерь при предлагаемом, что не отвечает поставленной в диссертации цели, то можно определить $\xi_{\text{согл}}$:

$$\xi_{\text{согл}} = \frac{\sum E_{\text{эсп}}^{\text{пред}} + \sum K^{\text{пред}} + \sum P^{\text{пред}}}{\sum E_{\text{эсп}}^{\text{исх}} + \sum P^{\text{исх}}} \quad (14)$$

Коэффициент согласования затрат и потерь определен в следующих пределах:

$$0 < \xi_{\text{согл}} < 1, \quad (15)$$

Коэффициент согласования затрат и потерь позволяет соотнести изменение общих суммарных расходов при предлагаемой организации подвода грузевых вагонопотоков к ГК по отношению к действующей (исходной) и позволяет определить из набора различных вариантов предлагаемых состояний транспортной системы, тот вариант, который отвечает условию минимизации затрат.

В третьей главе предложены принципиальные дополнения к известным методам организации подвода грузевых вагонопотоков к ГК.

В качестве метода организации подвода грузевых вагонопотоков к ГК на уровне дальних подходов (IV сетевой уровень) предложены принципы распределения сортировочной и поездной работы на полигоне взаимодействия рассматриваемого ГК, прикрепления вагонопотоков и расчет технико-экономических показателей допустимых вариантов, а именно поиска набора вариантов, удовлетворяющих техническому развитию сортировочных станций и подходов к ним, с детальными технико-экономическими расчетами по выбору из указанного набора наиболее эффективных вариантов (рисунок 5).

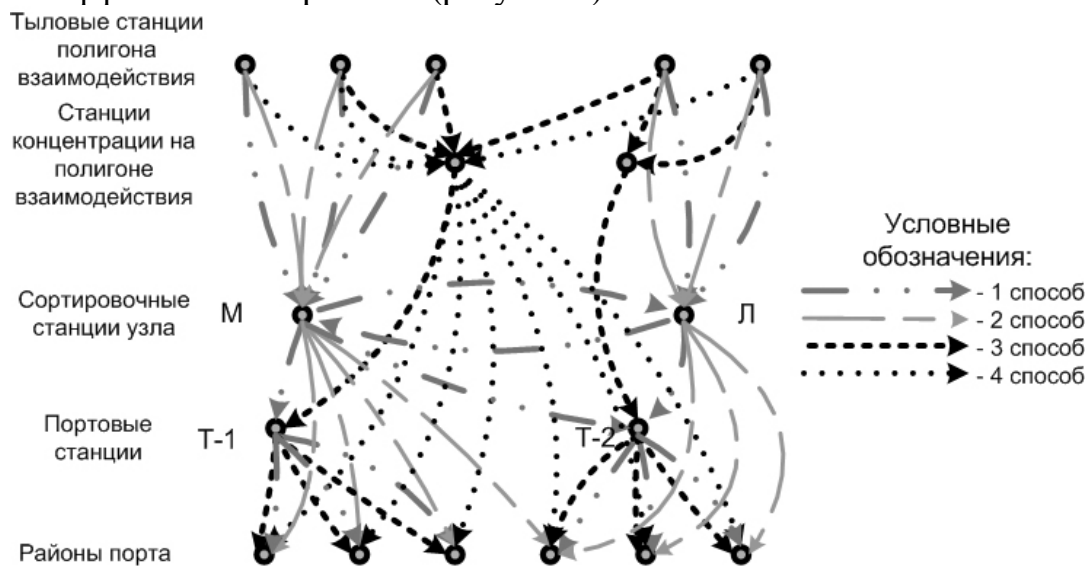


Рисунок 5 – Способы продвижения в порт немаршрутизированных вагонопотоков

1 способ. Разрозненное продвижение в поездах по плану формирования до сортировочной станции узла, формирующей передаточные поезда назначением на портовую станцию без подборки вагонов по каким-либо признакам;

2 способ. Разрозненное продвижение в поездах по плану формирования до сортировочной станции узла, формирующей специализированные передаточные поезда назначением в порт с подборкой вагонов по заданным признакам;

3 способ. Концентрация на тыловой сортировочной станции полигона взаимодействия, формирующей сквозные поезда назначением на портовую станцию без подборки вагонов по каким-либо признакам;

4 способ. Концентрация на тыловой сортировочной станции полигона взаимодействия, формирующей технические маршруты назначением в порт с подборкой вагонов по заданным признакам.

Эффективность формирования отдельных поездов или поездных групп назначением на станцию выгрузки (перевалки), в том числе с детализацией по родам грузов, фронтам, причалам, маневровым районам должна оцениваться не только сопоставлением затрат на станции формирования и экономии на попутных технических станциях, но и учитывать затраты на станции назначения $E_{назн}$ и затраты $E_{подх}$, определяемые ситуацией на подходах к станции назначения и связанные, прежде всего, с использованием вагонов и тягово-энергетических ресурсов.

В качестве методов организации подвода груженых вагонопотоков к ГК на уровне ближайших подходов (II внутриузловой и III региональный уровни) представлены:

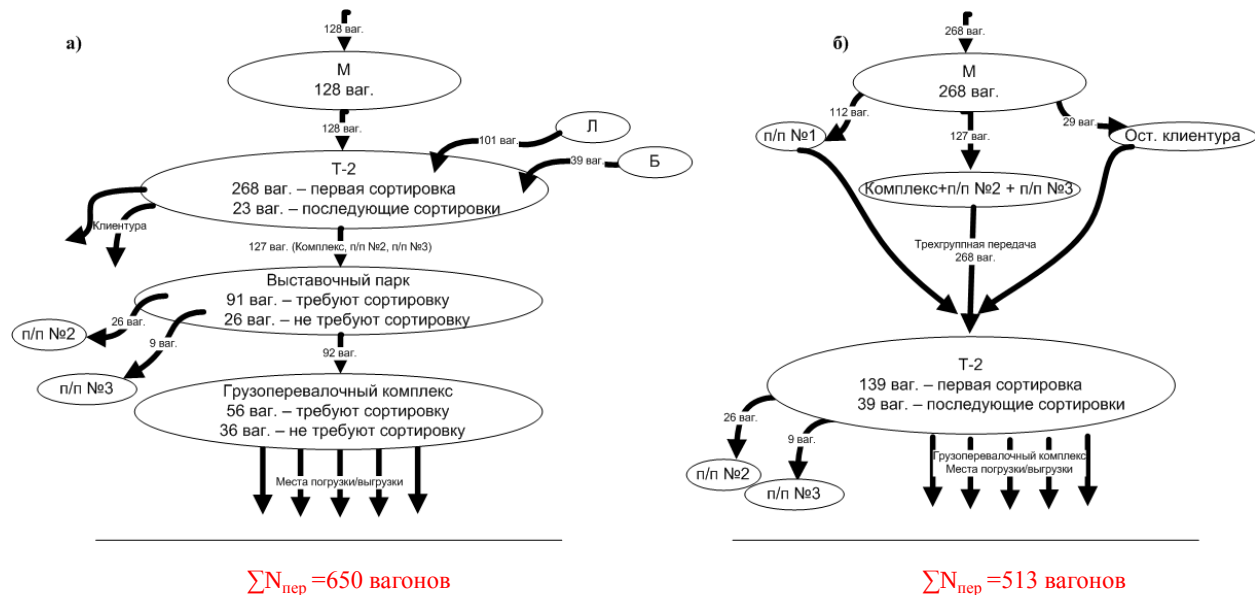
1. Метод оценки технически допустимых мощностей по выполнению сортировочной работы станции железнодорожного полигона взаимодействия ГК и определения пределов беспрепятственной обработки поездов.

2. Принципы организации вагонопотоков в транспортном узле, где определен порядок формирования схем организации вагонопотоков исходного и результирующего вариантов (сравнение исходного и результирующего состояний производится с помощью пооперационной ведомости расчета вагоно-часов, затрат маневровых средств и объемов сортировочной работы).

При упорядочении сортировочной работы в узле и формировании групповой передачи с сортировочной станции узла на станцию, непосредственно обслуживаемую рассматриваемый ГК, предусматривается сокращение суммарных размеров перерабатываемого вагонопотока, при этом на сортировочной станции узла осуществляется подборка групповых передач, согласно удобства подачи на грузовые фронты, как рассматриваемого комплекса, так и остальных путей необщего пользования. В свою очередь, на грузовой станции, обслуживаемой ГК, требуется подбирать группы, предназначенные для конкретных грузовых фронтов путей необщего пользования (с подборкой по родам грузов, маркам угля и т.д.).

Пример схем организации сортировочного процесса в транспортном узле при исходном и предлагаемом вариантах представлен на рисунке 6.

Пример схемы работы поездных локомотивов представлен на рисунке 7 (а – при исходном варианте с указанием числа резервных рейсов (из М в Т-2 под поезда назначением Б и Л и наоборот) ; б – схема работы поездных локомотивов в предлагаемом (результатирующем) варианте - резервных рейсов нет).



Условные обозначения: М – сортировочная станция; Т-2 – грузовая станция, обслуживающая ГК; Л, Б – ближайшие станции узла; п/п – путь необщего пользования.

Рисунок 6 – Схемы организации сортировочного процесса в транспортном узле (а – исходный вариант, б – предлагаемый вариант)

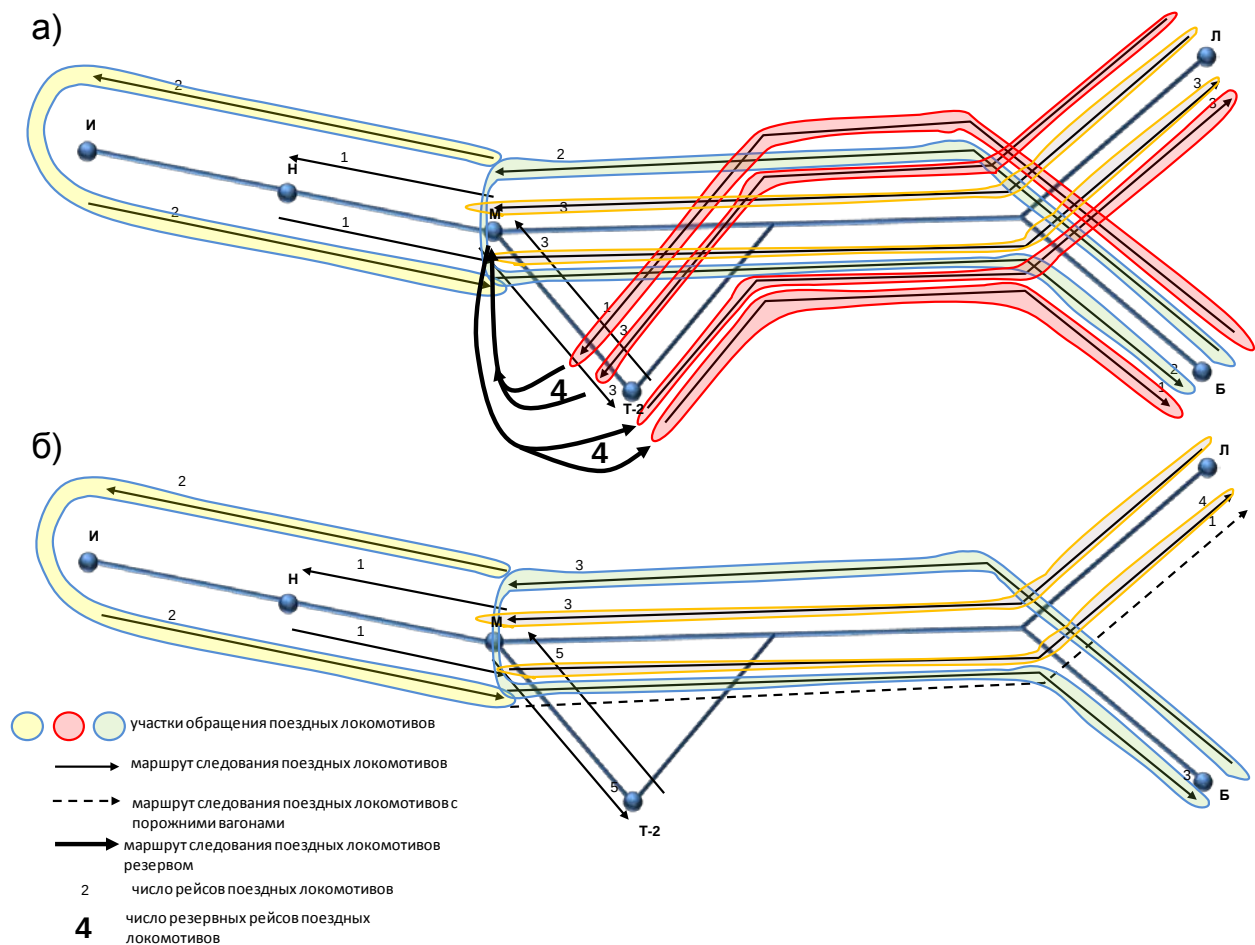


Рисунок 7 – Схема работы поездных локомотивов (а – исходный вариант, б – предлагаемый вариант)

3. Метод экономической оценки исходного и результирующего вариантов. Общие затраты по каждому варианту складываются из суммы среднесуточных вагоно-часов нахождения вагонов в узле, расходов на перемещение вагонов в передачах между станциями узла, расходов на перемещение поездных локомотивов резервом между станциями узла и расходов на продвижение порожних полувагонов и их переработку в пути следования.

4. Метод определения границ эффективности действующей и предлагаемой технологии.

5. Расчет пропускной и перерабатывающей способности станции, обслуживающей ГК при действующей (исходной) и предлагаемой (результирующей) технологии.

В качестве метода организации подвода грузеных вагонопотоков к ГК на уровне грузообразующих (грузопогашающих) комплексов и станций (I станционный), обслуживающих рассматриваемый ГК, предложены принципы перехода к предлагаемой схеме оперативного взаимодействия ГК и железной дороги.

Определение факторов и методов, влияющих на параметры технологии организации эксплуатационной работы железнодорожного транспортного узла и подходов к нему представлены на рисунке 8.

Четвертая глава отражает возможность применения предложенных в диссертации методических решений и принципов. Основной сферой применения является разработка рекомендаций, проектов и соответствующих программ по вопросам обоснования рациональных параметров технологии работы и развития железнодорожной инфраструктуры полигонов взаимодействия. Основные экономические оценки результатов использования предлагаемой методики получены по итогам выполнения научно-проектных разработок ОАО «НИИАС», в задачу которых не входил расчет синергетического или мультипликативного эффекта от предлагаемых комплексов мероприятий, однако произведены расчеты экономии эксплуатационных расходов (таблица 1), которые позволяют аргументировано сделать вывод о состоятельности, научной обоснованности и полезности применения положений диссертации.

Предложенные методические решения расширяют подход к совершенствованию задач управления процессами перевозок, так как в рамках действующих плана формирования грузовых поездов и графика движения, которые безусловно являются фундаментом или основой, появляется возможность улучшения продвижения конкретных корреспонденций грузов в направлении конкретного ГК с учетом действующего состояния транспортной системы по критерию минимизации затрат.

Предложенные методические решения позволяют:

для владельцев ГК – обеспечить равномерный подвод и эффективное железнодорожное обслуживание заданных объемов переработки грузов;

для ОАО «РЖД» и владельцев вагонного парка – ускорить продвижение вагонов и снизить эксплуатационные расходы, а также обоснованно направлять инвестиции в развитие мощностей, обеспечить надежное и экономичное функционирование терминалов ГК.

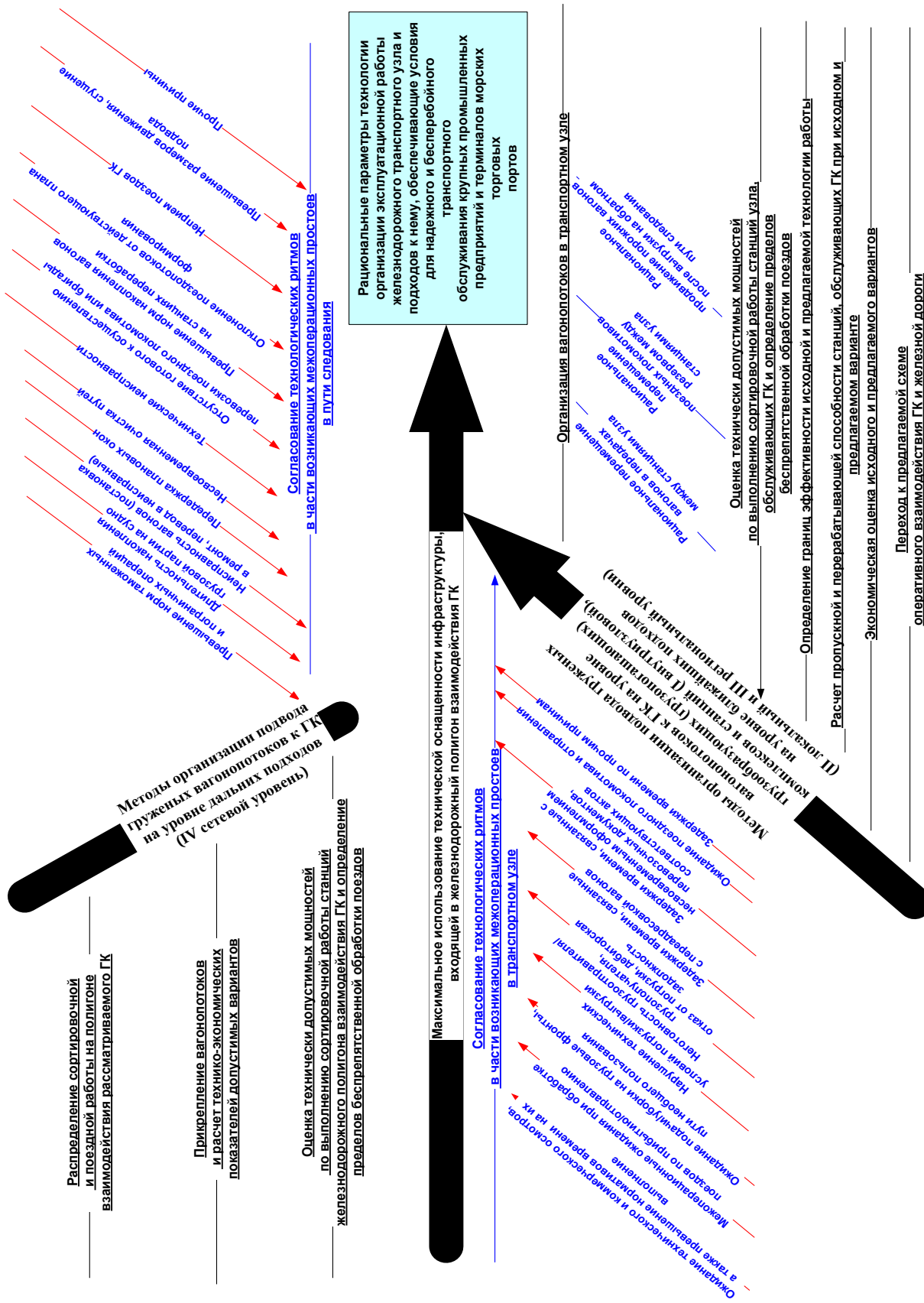


Рисунок 8 – Определение факторов и методов, влияющих на параметры технологии организации эксплуатационной работы железнодорожного транспортного узла и подходов к нему

**Основные количественные результаты применения методов организации
подвода груженых вагонопотоков к ГК**

Методы организации	Наименование показателя		Значение показателя
Распределение сортировочной и поездной работы на полигоне взаимодействия большого порта Санкт-Петербург (на уровне дальних подходов)	Экономия зависящих эксплуатационных затрат ОАО «РЖД» при изменении плана формирования грузовых поездов, млн.руб./год		6,98
Организация узловых вагонопотоков в Таганрогском транспортном узле (на уровне ближайших подходов)	Экономия эксплуатационных затрат ОАО «РЖД» на организацию вагонопотоков в Таганрогском транспортном узле, млн. руб./год		12,44
Оценка распределения «затрат на согласование технологических ритмов» и «потерь от несогласованности технологических ритмов» при организации подвода груженых вагонопотоков в направлении Таганрогского Морского порта (ТМТП)	Потери от несогласованности технологических ритмов при организации подвода груженых вагонопотоков к ТМТП, млн.руб./год	Исходный вариант	534,30
		Предлагаемый вариант	4,12
	Затраты на согласование технологических ритмов при организации подвода груженых вагонопотоков к ТМТП, млн.руб./год	Исходный вариант	1465,49
		Предлагаемый вариант	1980,92
	Экономия общих суммарных затрат при организации подвода груженых вагонопотоков в направлении ТМТП, млн.руб./год		14,68
	Коэффициент согласования затрат и потерь		0,99

Заключение

1. В диссертации разработаны рекомендации по рациональному использованию железнодорожной инфраструктуры при организации подвода груженых вагонопотоков к ГК за счет формирования методических решений по обоснованию рациональных параметров технологии организации эксплуатационной работы транспортного узла и подходов к нему, обеспечивающих условия для надежного транспортного обслуживания ГК.

Основные результаты диссертации:

- методические рекомендации по разработке решений по обоснованию рациональных параметров технологии организации эксплуатационной работы железнодорожного транспортного узла и подходов к нему, обеспечивающих условия для надежного транспортного обслуживания ГК при существующих и перспективных объемах переработки грузов;

- новая расчетная характеристика – коэффициент согласования затрат и потерь при организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, который позволяет выбрать такой вариант организации подвода груженых вагонопотоков, при котором распределение затрат и потерь образуют минимум общих затрат, обеспечивая максимальный эффект от организационных мер;

- принципиальные дополнения к известным методам организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, заключающиеся в разработке технических, технологических и организационных решений по повышению надежности железнодорожного транспортного обслуживания ГК и снижению потерь в использовании его перерабатывающих мощностей, в расчете технологических параметров и лимитирующих элементов всей цепочки перевозочного процесса, в детальной проработке вопросов взаимодействия станции при-мыкания и ГК.

- методические положения по технико-экономической оценке применения методов организации подвода груженых вагонопотоков к ГК.

2. Сформулирована общая постановка комплексной задачи рационализации параметров организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, решение которой представлено в виде определенной последовательности частных задач в соответствии с уровнями железнодорожного полигона взаимодействия ГК (I станционный – уровень рассматриваемого ГК и станции, непосредственно обслуживающей его; II внутриузловой – уровень железнодорожного узла (в т.ч. сортировочной станции), обслуживающего ГК; III региональный – уровень технических станций, расположенных на ближайших подходах к ГК; IV сетевой – уровень технических станций, расположенных на дальних подходах к ГК).

Для каждого уровня из набора методов организации подвода груженых вагонопотоков к ГК выбирается тот, который позволяет выработать соответствующие мероприятия по рационализации выявленных лимитирующих параметров (по локальному критерию). Устанавливаются конкурентоспособные варианты организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, одним из которых должен быть действующий (исходный) вариант освоения вагонопотоков в адрес рассматриваемого ГК. После чего производится рационализация параметров организации подвода груженых вагонопотоков к ГК по глобальному критерию с выбором результирующего состояния транспортной системы.

3. Предложена математическая постановка задачи выбора результирующего состояния транспортной системы для организации подвода груженых вагонопотоков к ГК, за счет количественной оценки трех взаимодополняющих величин: суммарные среднесуточные затраты, общее технологическое время нахождения вагонов в пути следования и на путях транспортного

узла, обслуживающего ГК, наличная пропускная способность используемых основных сооружений и устройств.

4. Предложены варианты перехода от многокритериальности математической постановки задачи к одному критерию при определенных ограничениях.

5. Предложено дополнить целевую функцию коэффициентом согласования затрат и потерь, который показывает, во сколько изменяются общие суммарные расходы при предлагаемой организации подвода груженных вагонопотоков к ГК по отношению к действующей (исходной), и позволяет определить из набора различных вариантов предлагаемых состояний транспортной системы тот вариант, который отвечает условию минимизации общих затрат. Данный коэффициент направлен на определение предельных значений потребных инвестиций на реализацию мероприятий по рационализации согласования технологических ритмов продвижения вагонопотоков в адрес ГК. Предложен порядок определения коэффициента согласования затрат и потерь с учетом использования предложенных методов организации подвода груженных вагонопотоков к ГК.

6. Систематизированы методы организации подвода груженных вагонопотоков к ГК в соответствии с обозначенными уровнями железнодорожного полигона взаимодействия ГК для последовательного (пошагового) вычисления эффективных параметров в соответствии с иерархией, которая устанавливается на основе анализа связей между частными задачами системы. Набор обосновываемых мероприятий содержит в себе варианты изменения технического состояния инфраструктуры до потребного уровня (путевое развитие, контактная сеть, СЦБ, оснащенность грузовых фронтов и прочие), изменения технологии работы (план формирования поездов, нормы веса и длины поездов, детализация подборки вагонов в поездах и маневровых передачах и прочие), изменения в структуре вагонопотоков.

7. Посредством предлагаемого подхода появляется возможность реализовать в комплексе известные методики совершенствования организации перевозочного процесса для создания устойчивой безотказной технологии взаимодействия железнодорожного транспорта с путями необщего пользования (крупными промышленными предприятиями, морскими портами и т.д.). Результаты расчетов позволят обеспечить надежное и эффективное функционирование терминалов ГК в сложившихся условиях.

8. Методические решения диссертации используются в научно-практических разработках ОАО «НИИАС», направленных на совершенствование технологии организации подвода груженных вагонопотоков к ГК, что позволяет снизить затраты, связанные с нахождением вагонов на попутных технических станциях и в транспортном узле, а также с их переработкой и продвижением по участкам сети за счет концентрации работы на более мощных и экономически эффективных объектах инфраструктуры.

9. В диссертации изложены научно обоснованные технологические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач управления перевозочным процессом.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

- 1) Шапкин, И.Н. Коридоры для транзита [Текст] / И.Н. Шапкин, А.С. Крылов // Мир транспорта. – 2006. – № 1. – С. 98-106.
- 2) Крылов, А.С. Согласование технологических ритмов [Текст] / А.С. Крылов // Мир транспорта. – 2010. – Т.1. – С. 122-124.
- 3) Бородин, А.Ф. Размещение, развитие и взаимодействие сортировочных станций [Текст] / А.Ф. Бородин, Р.В. Агеев, А.С. Крылов, М.Б. Сиротич // Железнодорожный транспорт. – 2010. – №8. – С.15-22.
- 4) Крылов, А.С. Порядок определения пределов согласования технологических ритмов [Текст] / А.С. Крылов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2013. – №2. – С. 219-226.
- 5) Крылов, А.С. Создание крупных транспортно-распорядительных комплексов в условиях международного транспортного коридора «Транссиб» [Текст] / А.С. Крылов // Актуальные вопросы управления процессами перевозок на транспорте: материалы II Международной научно-практической конференции – Алматы, 2007. Т. 2. – С. 198-201.
- 6) Крылов, А.С. Методы организации грузевых вагонопотоков к грузоперевалочным комплексам [Текст] / А.С. Крылов // «Trans-Mech-Art-Chem»// Труды V Международной научно-практической конференции. – Москва: МИИТ, 2008. – С.134-136.

Крылов Алексей Сергеевич

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПОДВОДА ГРУЖЕНЫХ ВАГОНПОТОКОВ К ГРУЗОПЕРЕВАЛОЧНЫМ КОМПЛЕКСАМ

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано к печати _____
Заказ № _____ Объем 1,5 п.л.

Формат 60x90¹/₁₆
Тираж 80 экз.

УПЦ ГИ МИИТ, Москва, 127994, ул. Образцова д.9 стр.9.