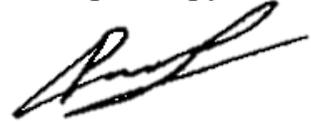


На правах рукописи



АГЕЕВ РОМАН ВАЛЕРЬЕВИЧ

СОВМЕСТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУЖЕНЫХ И ПОРОЖНИХ
ВАГОНОПОТОКОВ НА ПОЛИГОНЕ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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:

Кудрявцев Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения» (ПГУПС), кафедра «Управление эксплуатационной работой», профессор;

Кодрахина Надежда Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (ВНИИЖТ), отделение «Перспективное развитие сети железных дорог и целевые программы», заведующий отделением.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС)

Защита состоится 19 декабря 2013 г., в 13 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. В настоящее время произошел переход к обращению частного подвижного состава на сети ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»). В связи с изменившимися условиями транспортного рынка возросла роль операторских компаний и значение взаимодействия ОАО «РЖД» с крупными пользователями транспортных услуг по предоставлению инфраструктуры.

Коммерческая успешность ОАО «РЖД» в условиях, когда основной деятельностью ОАО «РЖД» становится предоставление инфраструктуры операторским компаниям, будет во многом зависеть от повышения качества и набора предоставляемых услуг, более рациональной организации вагонопотоков, ведущей к снижению издержек для операторов вагонного парка. Эта наиболее актуальная для ОАО «РЖД» в сфере организации вагонопотоков задача диктует следующие первоочередные цели:

минимизация эксплуатационных расходов на организацию вагонопотоков в поезда и их продвижение к пунктам назначения;

предотвращение потерь в инфраструктурной составляющей тарифа из-за некачественной организации перевозочного процесса.

Преобладание частного подвижного состава в общей структуре вагонного парка и требования заадресовки частных порожних вагонов на станцию погрузки привели к отказу от регулировочного задания и еще больше сблизило принципы организации грузевых и порожних вагонопотоков.

Степень разработанности темы исследования. Значительный вклад в развитие вопросов расчета плана формирования внесли работы ведущих ученых и специалистов: А.А. Абрамова, А.А. Аветикяна, В.М. Акулиничева, Е.В. Архангельского, В.Г. Атласова, А.П. Батурина, К.А. Бернгарда, А.Ф. Бородин, В.К. Буяновой, И.И. Васильева, В.И. Васильева, Ф.С. Гоманкова, С.В. Дувальяна, А.Н. Иванкова, Н.Д. Иловайского, В.И. Ковалева, П.А. Козлова, Е.В. Колесниковой, Н.В. Кондрахиной, В.А. Кудрявцева, А.В. Кутыркина, Г.А. Кутуковой, В.С. Ларионова, Д.Ю. Левина, Е.В. Маловецкой, Л.В. Одинцова, А.Т. Осьминина, И.И. Осьминой, А.П. Петрова, А.Ю. Папахова, А.И. Попова, В.А. Персианова, В.А. Покавкина, В.В. Панина, С.М. Резера, П.С. Соколова, Е.А. Сотникова, И.Б. Сотникова, С.Г. Строчица, В.Г. Саенко, Е.М. Тишкина, Л.П. Тулупова, А.К. Угрюмова, А.Д. Чернюгова, В.П. Чечерина, В.А. Шарова, В.Г. Шубко, О.А. Шумской, Дел Рио Б. и др.

Результаты зарубежных разработок, в частности, метод блочного формирования поездов, эффективны при небольших объемах перевозок или большой распыленности пунктов зарождения и погашения грузопотоков. При значительных объемах выгрузки вагонов на небольшом числе пунктов погашения и распыленности пунктов зарождения, как например, для экспортных грузов, требуются другие методы формирования поездов. Для такой задачи могут быть использованы классические методы расчета плана формирования.

В существующих методиках расчет плана формирования поездов из груженых и порожних вагонопотоков производится отдельно, несмотря на загрузку груженными и порожними вагонами одних и тех же сортировочных устройств и следование в одних поездах.

Для применения новых приемов в организации груженых и порожних вагонопотоков требуются дополнительные ресурсы. Проведенный анализ резервов путевого развития сортировочных станций показал, что в целом по сети РЖД имеются резервы путевого развития в станционных парках, несмотря на загрузку некоторых станций, близкую к технически допустимой.

Целью диссертационной работы является разработка методики совместного расчета плана формирования грузовых поездов из груженых и порожних вагонопотоков с выделением назначений технических маршрутов и ее программная реализация в Автоматизированной системе организации вагонопотоков.

Для достижения поставленной цели решаются следующие актуальные для практики задачи:

- модифицировать общую постановку задачи и алгоритмы расчета плана формирования;
 - разработать принципы агрегации и декомпозиции расчетных вагонопотоков;
 - модифицировать формализованное представление сети в алгоритме расчета;
 - разработать правила взаимодействия участников транспортного процесса для предоставления недискриминационного доступа к инфраструктуре
- Данные методические решения позволяют:
- снизить зависящие эксплуатационные расходы на продвижение вагонопотоков;
 - повысить транзитность вагонопотоков;
 - установить рациональное распределение сортировочной нагрузки с учетом перераспределения ее со станций примыкания к грузопогашающим комплексам на сортировочные станции.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке новой научной идеи совместного расчета плана формирования одnogруппных поездов из груженых и порожних вагонов с выделением технических маршрутов, для чего:

разработана новая методика формирования расчетных вагонопотоков на базе многоуровневой потоковой модели, которая позволяет переходить от уровня межстанционных корреспонденций к уровню вагонопотоков с дополнительными технологическими признаками, а также составлять вагонные струи с различными сочетаниями указанных признаков;

введены дополнительные классы ограничений (по допустимой загрузке станций назначения вагонов и обслуживаемых путей необщего пользования; по включению в назначения, имеющие заданные признаки, только вагонопотоков с соответствующими признаками; по числу физических вагонов в составе технических маршрутов и поездов из порожних вагонов исходя из до-

пустимых диапазонов весов и длин составов; по запрету переработки транзитных вагонов на выделенных станциях);

предложен оригинальный подход к формализации задачи конфигурирования взаимосвязанных сетевых потоковых моделей железнодорожной сети и сети допустимых поездных назначений. Данный подход обладает свойством универсальности, позволяющим вносить в модели детализацию как инфраструктурных объектов (отдельных терминалов морского порта, грузовых фронтов, путей необщего пользования), так и технологических признаков (родов и специализации подвижного состава и др.).

Теоретическая и практическая значимость. Сформулированные в диссертации научные выводы, теоретические и практические результаты могут быть использованы для повышения эффективности организации вагонов в поезда и продвижения их к пунктам назначения и дальнейшего совершенствования методов управления процессом перевозок.

Получено эффективное решение задачи совместного распределения ограниченных инфраструктурных ресурсов при организации в поезда различных классов вагонопотоков, которые до настоящего времени рассматривались в методиках расчетов изолированно. Многоуровневая потоковая модель в сочетании с модернизированными расчетными нормативами плана формирования грузовых поездов позволяет повысить точность измерений с расширением границ применимости полученных результатов, за счет чего план формирования грузовых поездов становится не только инструментом оптимизации работы собственных станций ОАО «РЖД», но и средством оптимизации взаимодействия с крупными пользователями услуг компании, владельцами и операторами подвижного состава.

Представлены предложения по дальнейшему совершенствованию организации взаимодействия ОАО «РЖД» и операторов подвижного состава, в части обработки запросов-предложений операторов на формирование поездов из частных вагонов по признакам, не предусмотренным планом формирования поездов.

Объектом данного диссертационного исследования является система организации вагонопотоков на полигоне сети железных дорог Российской Федерации.

Предметом данного диссертационного исследования являются процессы организации и продвижения технических маршрутов и организации и продвижения назначений из порожних вагонов с учетом операторов подвижного состава. Данные процессы включают в себя:

- процесс организации технических маршрутов и назначений из порожних вагонов на сортировочных станциях;
- процессы, связанные с определением пути их следования до станции назначения;
- обработки технических маршрутов на станциях назначения.

На защиту выносятся следующие основные результаты исследования:

- принципы отбора станций назначения порожних и технических маршрутов и существенные дополнения к существующей методике построе-

ния расчетной модели железнодорожной сети и сети поездных назначений для порожних и технических маршрутов;

- методика формирования расчетных вагонопотоков на базе многоуровневой потоковой модели;

- модифицированная методика для совместного расчета плана формирования одногруппных поездов из груженых и порожних вагонов с выделением технических маршрутов;

- методы настройки автоматизированного расчета плана формирования грузовых поездов, которые позволяют улучшить результаты расчетов и наиболее эффективно использовать имеющиеся ресурсы сети и учитывать различные технологические условия;

- технология применения системы расчета в условиях обращения на сети вагонных парков разной принадлежности и с разными условиями эксплуатации.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационного исследования использованы в следующих документах:

- Единый технологический процесс железнодорожных перевозок, утвержден вице-президентом ОАО «РЖД» В.Г. Лемешко от 30.10.09;

- Регламент рассмотрения и согласования в ОАО «РЖД» запросов на формирование поездов из частных вагонов по признакам, не предусмотренным планом формирования поездов, утвержден распоряжением Первого вице-президента ОАО «РЖД» В.Н. Морозова №2045р от 05.10.09;

- Единая технология работы Усть-Лужского железнодорожного узла и станции Лужская-Сортировочная;

- Методические указания прогнозирования и моделирования эксплуатационной работы с учетом пропускных и перерабатывающих способностей инфраструктуры ОАО «РЖД», утвержденные В.Г. Лемешко от «07» сентября 2010 года;

- Комплексная интегрированная технология движения поездов по расписанию, утвержденная первым вице-президентом ОАО «РЖД» от «05» июня 2012 года;

Результаты использованы при проектировании автоматизированных систем, принятых в постоянную эксплуатацию в ОАО «РЖД»:

- Подсистема расчета плана формирования поездов из порожних вагонов и технических маршрутов по родам грузов и грузополучателям системы автоматизированного расчета сетевого плана формирования грузовых поездов (СПФ-2);

- Имитационная ресурсная модель инфраструктуры ОАО «РЖД» - Прогноз ресурсов сети (АС ПРОГРЕСС);

- Система информационно-аналитической поддержки разработки плана формирования грузовых поездов (СИАП);

- Подсистема разработки и ведения технических и стоимостных параметров грузоотправителей, и грузополучателей маршрутов для решения задач организации маршрутных перевозок (АБД МАРШРУТ).

Получены в соавторстве свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ: Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» «Прогноз ресурсов сети (ПРОГРЕСС) № 2012612178 от 28 февраля 2012 года и Программное обеспечение для взаимодействия инфраструктурной модели ОАО «РЖД» и ресурсной модели ОАО «РЖД» № 2012617006 от 06 августа 2012 года.

Методы исследования. Теоретической и методологической основой выполнения работы послужили труды ведущих российских и зарубежных ученых в области организации эксплуатационной работы железнодорожного транспорта. Для решения поставленных задач в диссертации использованы следующие методы эмпирического и теоретического исследования:

- изучение и анализ выполненных научных работ, направленных на расчет плана формирования грузовых поездов;
- статистические методы обработки данных;
- методы решения потоковых задач в сетевой постановке;
- методы технико-экономического сопоставления вариантов.

Апробация работы. Результаты исследования неоднократно рассматривались на производственных совещаниях в Научно-техническом комплексе по управлению перевозками ОАО «НИИАС», в Центральной дирекции управления движением – филиале ОАО «РЖД»; докладывались, обсуждались и получили одобрение на кафедре «Управление эксплуатационной работой» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ) (2011-2013 гг.) и на V Международной научно-практической конференции «Trans-Mech-Art-Chem» в 2008 году.

Публикации. Материалы, отражающие основные положения диссертационной работы, изложены в 7 печатных работах, в том числе 3 из них опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАКом Министерства образования и науки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы (97 наименований), 2 приложений. Основной текст – 137 страниц, включая 49 рисунков и 9 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цели исследования и основные результаты, которые выносятся на защиту.

В первой главе раскрывается состояние вопроса теории расчета плана формирования, а также российский и международный опыт практических способов организации вагонопотоков.

Теоретическая модель расчета плана формирования одногруппных поездов по методу пошагового распределения вагонопотоков по сети допустимых назначений, разработанная проф. А.П. Батуриным, и ее программная ре-

ализация, выполненная в ОАО «НИИАС», принята за теоретическую базу исследования.

Исследование информационной структуры задачи показало, что исходные данные могут быть сформированы на одном и том же расчетном периоде. Все это создает предпосылки для решения поставленной в диссертационном исследовании задачи.

Для исследования актуальности поставленной цели проведен анализ структуры назначений в действующем плане формирования поездов для 32 важнейших сортировочных станций. Анализ показал, что в плане формирования поездов присутствуют технические маршруты, и доля таких назначений продолжает расти. В организации порожних вагонопотоков появились новые категории поездов с дополнительными условиями. Под техническим маршрутом в настоящем исследовании – назначение поездов, формируемых на сортировочных или участковых станциях с включением в них вагонов по определенным признакам (по родам грузов, грузополучателям, принадлежности вагонов или другим) и следующих на одну станцию назначения.

В современных условиях система расчета плана формирования должна производить расчет не только одnogруппных поездов из груженых вагонов, но и предусматривать:

- оптимизацию сортировочной работы на станции не только за счет распределения переработки груженых вагонов, но и за счет работы с порожними вагонами;
- определение станций концентрации порожних вагонов для дальнейшей заадресовки на станции погрузки;
- новые методы организации вагонопотоков, такие как технические маршруты.

Во второй главе представлена методика определения расчетных нормативов плана формирования для решения задач формирования технических маршрутов из груженых или порожних вагонов.

Организация хранения расчетных вагонопотоков должна осуществляться в многоуровневой потоковой модели. Такая модель позволяет переходить от уровня межстанционных корреспонденций к уровню вагонопотоков с дополнительными признаками, а также составлять вагонные струи с различными сочетаниями дополнительных признаков.

Возможность перехода от уровня межстанционных корреспонденций к уровню вагонопотоков с дополнительными признаками позволяет в ходе расчета определять маршрутоспособные корреспонденции и предполагаемые станции назначения технических маршрутов.

Поскольку вагонопотоки имеют несколько дополнительных признаков, то группировать вагонопотоки можно разными вариантами. От варианта группировки зависят нормы времени и расходов по обработке вагонопотока на станции назначения.

Математическая запись многоуровневой потоковой модели представлена на рисунке 1.

Разработанные методы расчета технологического времени и эксплуатационных расходов, возникающих на станциях выгрузки для маршрутных и немаршрутных отправок, реализованы в системе АБД МАРШРУТ.

Рассмотрим, участки одинаковой протяженностью, но с разным тяговым обслуживанием: Ярославль-Главный – Орехово-Зуево (электровозная тяга) и Кулой – Сольвычегодск (тепловозная тяга).

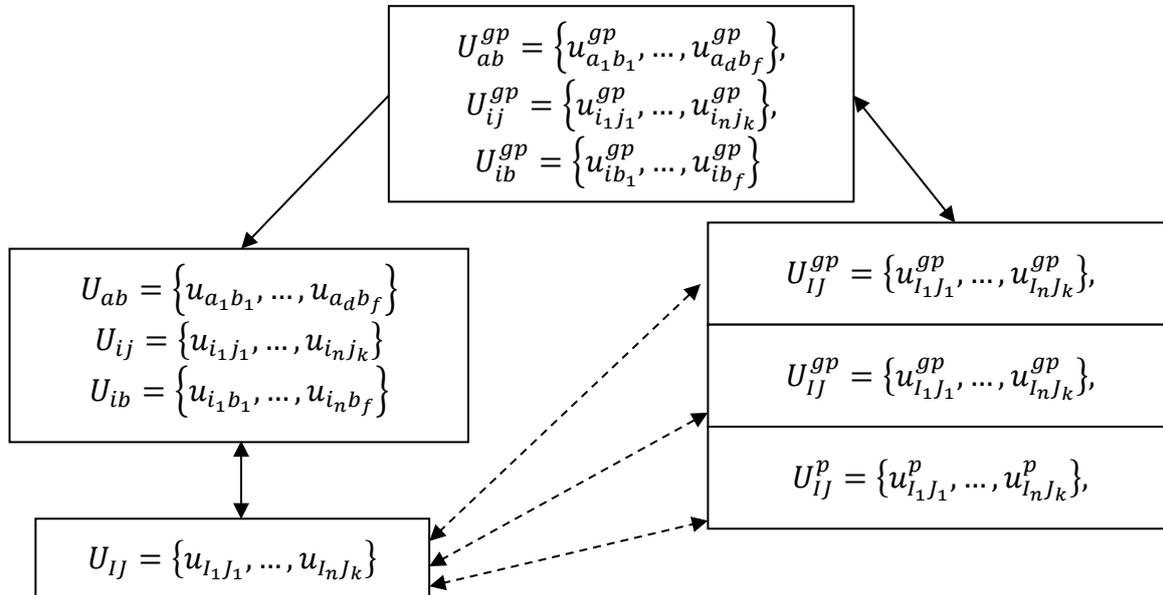


Рисунок 1 – Принципиальная схема многоуровневой потоковой модели

Условные обозначения:

$i_1 \dots i_n$ – Станции отправления сетевых (агрегированных) вагонопотоков, которые участвуют в расчете ПФ;

$j_1 \dots j_k$ – Станции назначения сетевых (агрегированных) вагонопотоков, которые участвуют в расчете ПФ;

$I_1 = \{a_1, \dots, a_d\}$ – множество станций погрузки, осуществляющие вывоз местного груза на расчетную станцию i_1 ;

$J_1 = \{b_1, \dots, b_f\}$ – множество станций выгрузки, обслуживаемые расчетной станцией j_1 ;

$u_{a_1b_1}$ – вагонопоток от станции погрузки a_1 на станцию выгрузки b_1 ;

$u_{I_1J_1}$ – суммарный расчетный вагонопоток со станции i_1 на станцию j_1 (рисунок 2);

$u_{i_1j_1}$ – вагонопоток со станции i_1 на станцию j_1 .

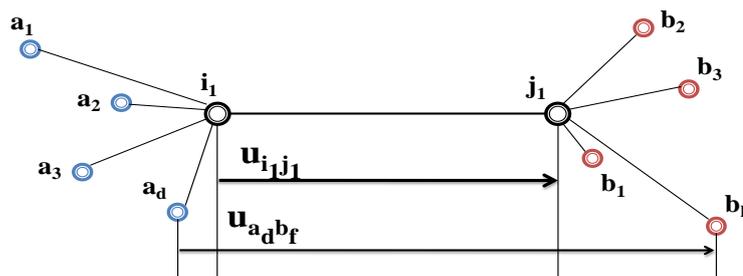


Рисунок 2 – Струи расчетных вагонопотоков

При расчете нормативов затрат на продвижение вагонопотоков по участкам в поездах из порожних вагонов необходимо учитывать, что в зависимости от рода подвижного состава поезд имеет различное количество физических вагонов при унифицированной норме веса и длины в условных вагонах.

С использованием программного комплекса СЕТЬ-3 рассчитаны затраты приходящиеся на один порожний вагон при разной длине состава (57, 71 и 100 условных вагонов) и различных типах подвижного состава (рисунок 3). Данные по участку с тепловозным движением вынесены на дополнительную шкалу в том же масштабе что и данные по участку с электровозным движением и обозначены пунктирной линией.

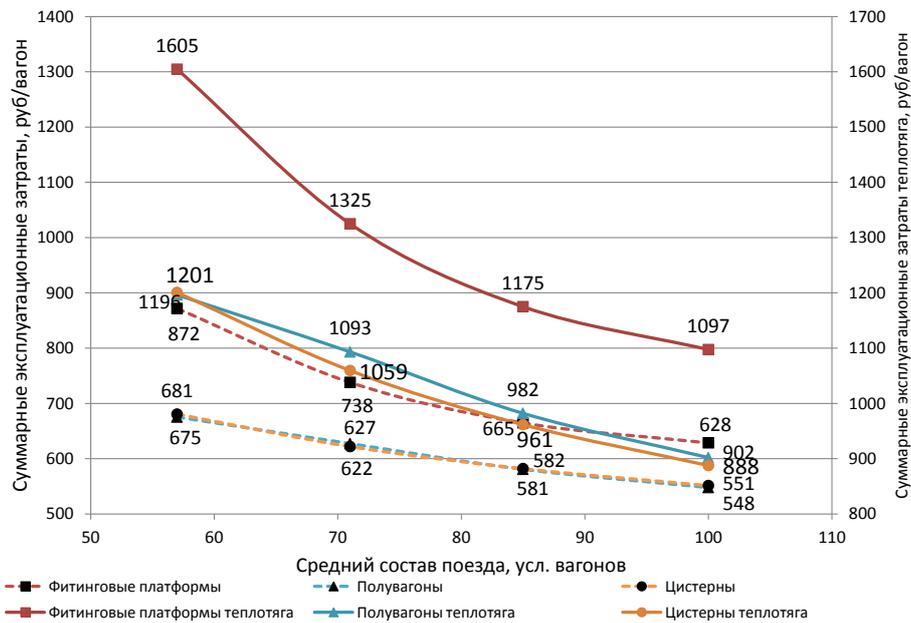


Рисунок 3 – Суммарные зависящие эксплуатационные расходы, приходящиеся на один порожний вагон на участке

По результатам расчета определены уравнения функций суммарных эксплуатационных затрат для каждого рода подвижного состава и вида тяги, которые имеют вид полинома второй степени.

Каждое назначение технических маршрутов, включаемое в план формирования, характеризуется эксплуатационными расходами согласно формуле:

$$E_{\text{назн}} = E_{\text{нак}} + N \cdot (\sum E_{\text{уч}} + \sum E_{\text{тр}} + E_{\text{ст.назн}} + E_{\text{подх}}), \quad (1)$$

где $E_{\text{нак}}$ – затраты на накопление технического маршрута, рублей;

N – мощность назначения, вагонов/сут;

$\sum E_{\text{уч}}, \sum E_{\text{тр}}$ – суммарные удельные эксплуатационные расходы, связанные с проследованием по участкам и транзитом через попутные технические станции, руб./вагон;

$E_{\text{ст.назн}}$ – удельные эксплуатационные расходы на станции назначения вагонов от момента прибытия на станцию до момента подачи вагонов под грузовые операции, руб./вагон;

$E_{\text{подх}}$ – затраты, определяемые ситуацией на подходах к станции назначения, руб.

При этом затраты на станции назначения имеют зависимость от темпа выгрузки вагонов, простоя местного вагона, приходящегося на одну грузовую операцию, и от затрат на подходе к станции назначения.

Темп выгрузки вагонов и простоя местного вагона изменяется при качественном изменении назначений поездов и поездных групп, приходящих на станцию назначения технического маршрута.

Таким образом, для минимизации затрат на станции назначения необходимо сокращение числа групп в поездах в расформирование и обеспечение кратности длины поездов фронтам одновременной подачи.

В третьей главе сформулирована целевая функция расчета плана формирования из груженых и порожних вагонопотоков с выделением технических маршрутов, а также представлены методические приемы разработки расчетных вагонопотоков и оценки эффективности формирования технических маршрутов и поездов из порожних вагонов.

Формализованная постановка задачи выглядит следующим образом: необходимо минимизировать функцию суммарных затрат на продвижения вагонопотоков по плану формирования, которые включают в себя:

- накопление составов в зависимости от числа формируемых назначений;

- продвижение вагонопотоков по участкам и техническим станциям без переработки;

- на проследование и переработку на станциях (исключая накопление), в том числе в угловом потоке на двухсторонних станциях

Для включения в расчет технических маршрутов и поездов из порожних вагонов в целевую функцию введены затраты, связанные с технологическими операциями и их ожиданиями на станции назначения, а также затраты, определяемые ситуацией на подходах к станции назначения и связанные прежде всего с использованием вагонов и тягово-энергетических ресурсов.

В таком случае целевая функция будет иметь вид:

$$E = \Sigma(c_{\text{гр}} \cdot m_{\text{гр}} + c_{\text{пор}} \cdot m_{\text{пор}}) \cdot e_{\text{вч.1}} + \Sigma N_{\text{гр}} \cdot (\Sigma E_{\text{уч.гр}} + \Sigma E_{\text{уд.тр}}) + \Sigma N_{\text{пор}} \cdot (\Sigma E_{\text{уч.пор}} + \Sigma E_{\text{уд.тр}}) + \Sigma N_{\text{пер}} \cdot E_{\text{уд.пер}} + \Sigma N_{\text{т}} \cdot E_{\text{ст.назн}} + \Sigma N_{\text{т}} \cdot E_{\text{подх}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $c_{\text{гр(пор)}}$ – параметр накопления назначения из груженых(порожных) вагонов, составо-ч/сут;

$m_{\text{гр}}$ – расчетный состав формируемых груженых (порожных) поездов, вагонов;

$e_{\text{вч.1}}$ – стоимость вагоно-часа, рублей/вагон;

$\Sigma N_{\text{гр(пор)}}$ – расчетная мощность назначения из груженых (порожных) вагонов, вагонов/сут.;

$\Sigma E_{\text{уч_гр(пор)}}$, $\Sigma E_{\text{уд.тр}}$ – суммарные удельные эксплуатационные расходы, связанные с проследованием по участкам и транзитом через попутные технические станции груженых (порожных) вагонов, руб./вагон;

$\Sigma N_{\text{пер}}$ – мощность перерабатываемого вагонопотока, вагонов/сут;

$E_{\text{уд.пер}}$ – удельные затраты на переработку составов, руб./вагон;

$\Sigma N_{\text{т}}$ – расчетная мощность технического маршрута, вагонов/сут.

Для совместного расчета плана формирования из груженых и порожних вагонов и выделения технических маршрутов необходимо:

1) модифицировать существующие ограничения:

– по допустимому числу формируемых назначений

$$k_{\text{дон ст } i} \geq (k_{\text{сп } i} + k_{\text{пор } i} + k_{\text{т.м } i}), \forall i \in S \quad (3)$$

– по допустимой переработке

$$N_{\text{дон пер } i} \geq (N_{\text{сп } i} + N_{\text{пор } i}), \forall i \in S \quad (4)$$

– по допустимому пропуску транзитных поездов без переработки

$$n_{\text{дон_тр } i} \geq (n_{\text{сп } i} + n_{\text{пор } i} + n_{\text{т.м } i}), \forall i \in S \quad (5)$$

– по допустимым размерам движения по участку

$$n_{\text{дон_уч } h} \geq (n_{\text{сп } h} + n_{\text{пор } h} + n_{\text{т.м } h}), \forall h \in H \quad (6)$$

– кроме того условие древовидности должно выполняться отдельно по груженым, порожним назначениям и техническим маршрутам.

2) ввести следующие классы ограничений:

– по допустимой загрузке станций назначения вагонов и обслуживаемых путей необщего пользования;

$$N_{\text{дон_пер_ст_назн}} \geq (N_{\text{м}} - N_{\text{т.м}}) \quad (7)$$

– по включению в назначения, имеющие заданные признаки, только вагонопотоков с соответствующими признаками;

$$R_{\text{т.м}}(k_{IJ}) = R(U_{ij}) \quad (8)$$

– по числу физических вагонов в составе технических маршрутов и поездов из порожних вагонов, исходя из допустимых диапазонов весов и длин составов;

$$m_{\text{дон_физ_т.м(пор)}} \geq m_{\text{физ_т.м(пор)}} \quad (9)$$

– по запрету переработки транзитных вагонов на выделенных станциях.

Сеть технических станций представлена в расчетной модели своими сортировочными системами и грузоперевалячными комплексами, примыкающими к станциям, обрабатывающим технические маршруты.

В качестве расчетных вагонопотоков при расчете плана формирования грузовых поездов следует использовать прогнозные вагонопотоки на основе породовых междорожных «шахматок».

Для формирования расчетных вагонопотоков и проведение расчета оптимального плана формирования грузовых поездов необходимо преобразовать породовую междорожную шахматку в межстанционные корреспонденции вагонопотоков.

Преобразование предусматривает последовательное решение следующих задач.

1) Выделение межстанционных корреспонденций по поступившим заявкам на перевозки грузов.

2) Расчет межстанционных корреспонденций по совокупности потоков, не подтвержденных заявками.

Корреспонденции плановых вагонопотоков между станциями погрузки и выгрузки определяются путем распределения плановых размеров перевозок с помощью статистических коэффициентов (эталонов) \mathcal{E}_{ij} , рассчитываемых за отчетный период.

Результатом решения данной задачи является набор межстанционных корреспонденций $\{N''_{ij}\}$, включающий как потоки, подтвержденные заявками, так и прогнозные потоки, не подтвержденные заявками.

3) Выделение вагонопотоков груженых и порожних отправительских маршрутов (прямых и в расформирование) производится путем сканирования перечня назначений плана организации (формирования) отправительских и ступенчатых маршрутов.

По каждому назначению прямых маршрутов плановая межстанционная корреспонденция в среднесуточном исчислении N''_{ij} сравнивается с установленным цензом $\min N_{ij}$. Вагонопотоки, по которым $N''_{ij} \geq \min N_{ij}$, фиксируются в качестве вагонопотоков прямых маршрутов, обращающихся в расчетном месяце.

Для расчета плана формирования шахматку груженых вагонопотоков необходимо дополнить порожними корреспонденциями.

Межстанционные корреспонденции, следующие по плану формирования грузовых поездов, агрегируются до расчетных станций и добавляются в многоуровневую потоковую модель.

Каждое из назначений сети допустимых назначений может принадлежать к четырем типам назначений:

- только груженые вагоны;
- только порожние;
- технических маршрутов с указанием признаков, по которым включаются вагоны в назначение;
- комбинированный из груженых и порожних вагонов.

Тип назначения определяет эксплуатационные затраты, связанные с продвижением вагонов в данном назначении.

В расчетную сеть вводятся дополнительные вершины, являющиеся репликами исходных (родительских) вершин сети, для которых было проведено разделение струй потоков (рисунок 4). Вершины-реплики соединяются с родительской вершиной дополнительными (условными) участками работы локомотивных бригад и дополнительными назначениями. Кроме того, в сеть потенциальных назначений технологом вводятся назначения для формирования как технических маршрутов, так и порожних поездов (см. рисунок 4). Параметры этих назначений рассчитываются, исходя из типа назначения.

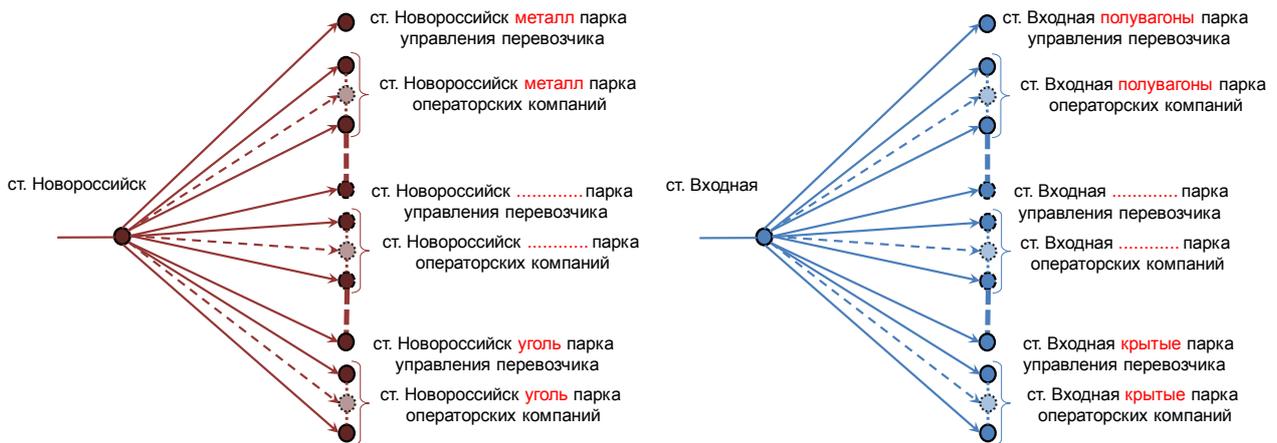


Рисунок 4 – Дополнительные вершины для обеспечения выделения технических маршрутов и назначений порожних вагонов.

На основе многоуровневой потоковой модели необходимо выделить маршрутоспособные корреспонденции. Критерием отбора маршрутоспособных корреспонденций является суммарная мощность вагонопотоков назначением на одну станцию, сгруппированных по дополнительным признакам, которая должна быть не менее состава поезда в сутки. Если несколько вариантов группировки удовлетворяют минимальному цензу и имеют общие признаки, то маршрутоспособным следует считать вариант с наибольшим числом дополнительных признаков. Чем больше признаков учитывалось при группировке вагонопотока, тем ниже затраты времени и эксплуатационных расходов.

Более точно можно определить исходя из экспериментальных расчетов. Таким образом, рассмотрение исходной струи $a1b1$ на возможность выделения маршрутоспособной корреспонденции по дополнительному признаку gp производится по формуле:

$$P_M^{u_{a1b1}^{gp}} = \begin{cases} 0, & \text{если } u_{a1b1}^{gp} < 57 \text{ вагонов/сутки или среднего состава} \\ & \text{поезда на данном направлении.} \\ 1, & \text{если } u_{a1b1}^{gp} \geq 57 \text{ вагонов/сутки или среднего состава поезда} \\ & \text{на данном направлении.} \end{cases} \quad (10)$$

Затем определяется скорректированная мощность струи $a1b1$ (u_{a1b1}) по формуле:

$$u_{a1b1} = \begin{cases} u_{a1b1} - u_{a1b1}^{gp}, & \text{если } \Pi_M^{u_{a1b1}^{gp}} = 1 \\ u_{a1b1}, & \text{если } \Pi_M^{u_{a1b1}^{gp}} \neq 1 \end{cases} \quad (11)$$

В шахматке вагонопотоков без разделения по дополнительным признакам добавляются маршрутоспособные корреспонденции с уменьшением соответствующих струй вагонопотоков.

Для станций назначения маршрутоспособных корреспонденций формируется сеть допустимых назначений технических маршрутов (рисунок 5). Формирование сети происходит аналогично сети допустимых назначений плана формирования грузовых поездов.

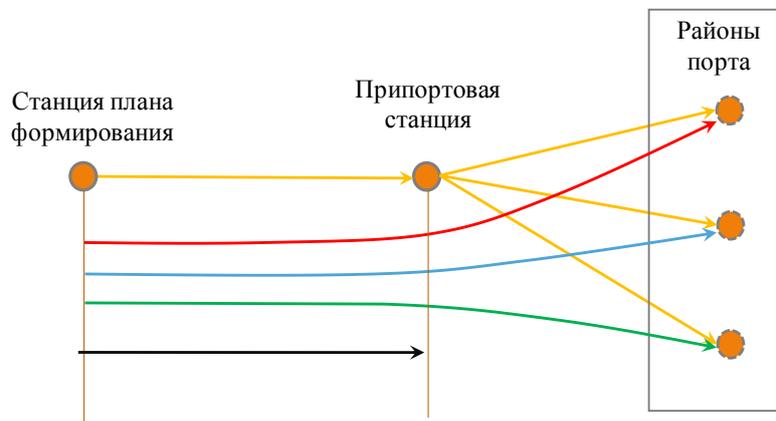


Рисунок 5 – Формирование сети допустимых назначений для расчета технических маршрутов по родам грузов и грузополучателям

Занятие сортировочных устройств на станции назначения технических маршрутов производится на репликах исходных вершин сети.

На станции назначения технический маршрут учитывается как транзитный поезд без переработки для данной станции (рисунок 6).

Основной алгоритм расчета плана формирования одnogруппных поездов предполагает найти для рассматриваемого вагонопотока путь минимальной стоимости из вершины его зарождения до вершины его назначения. В системе автоматизированного расчета плана формирования грузовых поездов и порядка направления вагонопотоков данная задача решается методом Левита. Затем вагонопоток прикрепляется к найденному пути. В связи с зависимостью стоимости каждой дуги от загрузки ее элементов, а также от выполнения ограничений по загрузке, следующим шагом необходимо скорректировать стоимость прохождения вагонопотока по дуге транспортной сети. Поскольку метод расчета плана формирования предполагает возможность различных вариантов следования назначения по сети допустимых назначений, то после прикрепления вагонопотока к одному из вариантов маршрута

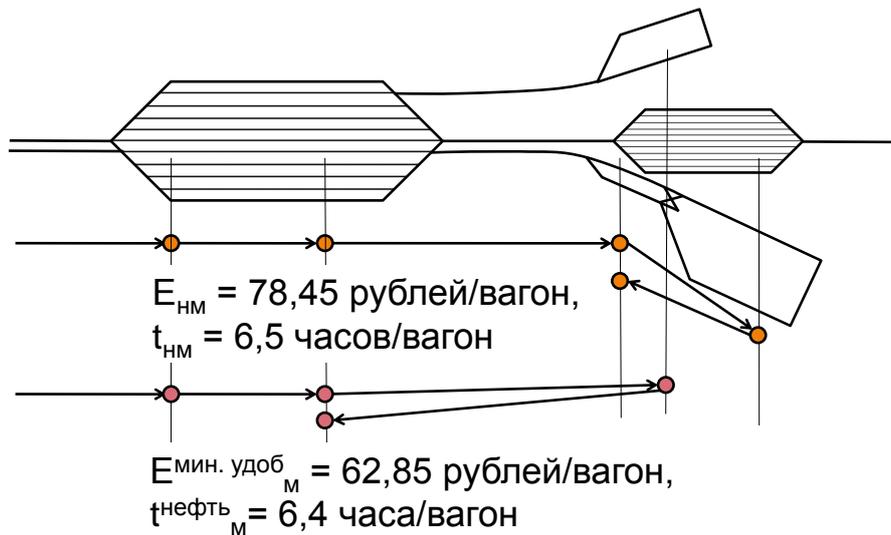


Рисунок 6 – Затраты времени и расходов при немаршрутном и маршрутном прибытии на станцию назначения.

следования назначения остальные варианты должны быть исключены из дальнейшего рассмотрения.

После рассмотрения всех вагонопотоков и их привязки к элементам сети проводится окончательный расчет стоимости выполнения построенного плана формирования грузовых поездов и формируются выходные документы для его анализа технологом.

Расчет технических маршрутов можно производить двумя вариантами по отношению к общей последовательности алгоритма расчета плана формирования:

- 1) в процессе расчета плана формирования;
- 2) после расчета плана формирования.

Первый вариант алгоритма расчета предусматривает предварительное выделение маршрутоспособных вагонопотоков из многоуровневой потоковой модели и включение их в расчетные вагонопотоки. Маршрутоспособные вагонопотоки вместе со всеми остальными расчетными струями рассматриваются в порядке убывания мощности. На основе характеристик выделенных маршрутоспособных корреспонденций формируется сеть допустимых назначений технических маршрутов с указанием дополнительных признаков, по которым в них включаются вагонопотоки. По сети допустимых назначений технических маршрутов могут следовать только маршрутоспособные корреспонденции, а по остальной сети допустимых назначений – все расчетные корреспонденции. Первый вариант алгоритма предусматривает выделение маршрутоспособных корреспонденций и включение их в расчет плана формирования наряду с остальными вагонопотоками. Такой алгоритм позволяет концентрировать маршрутоспособные струи за счет изменений сети допустимых назначений технических маршрутов. Особенностью данного алгоритма расчета является невозможность оценить резервы путевого развития и расставить приоритеты между выделением назначений плана формирования и технических маршрутов. Данный недостаток вызван неизвестностью ито-

говых размеров переработки на станции в момент выделения очередного назначения в связи с зависимостью максимального допустимого числа формируемых назначений от размеров транзитных вагонов с переработкой на станции. Выделение технических маршрутов на станциях, не обладающих достаточным путевым развитием, может повлечь невозможность выделения новых назначений плана формирования и, как следствие, уменьшение эффективности рассчитанного плана формирования.

Второй вариант алгоритма выделения технических маршрутов не изменяет исходный порядок подготовки расчетных вагонопотоков. После расчета базового варианта производятся корректировки: удаление слабых назначений по заданному цензу, проверка и корректировка на условие древовидности, выделение удлиненных назначений. Затем в полученном варианте, используя многоуровневую потоковую модель, производим определение маршрутно-способных корреспонденций с последующим выделением технических маршрутов по алгоритму, представленному на рисунке 7. Алгоритм предусматривает рассмотрения возможности выделения технических маршрутов на станциях переработки маршрутоспособных струй по рассчитанному плану формирования. Такой алгоритм решает проблему определения загрузки станции, но не позволяет концентрировать вагонопотоки для увеличения мощности выделяемого технического маршрута и влиять на путь его следования. Влияние можно оказать на все струи в целом, что может негативно сказаться на показателях рассчитанного плана формирования. Возможные станции выделения технического маршрута определены расчетом базового плана, что может привести к следованию вагонопотока по станциям, где нет резерва путевого развития, что не позволит выделить технический маршрут даже при достаточной мощности маршрутоспособного вагонопотока.

Также необходимо учитывать, что извлечение вагонопотока для технического маршрута из назначений ПФ может привести к исключению части назначений из окончательного плана, что в свою очередь увеличит стоимость следования части вагонов по плану формирования.

При расчете технических маршрутов по второму варианту предполагается рассматривать расчетные вагонопотоки в последовательности уменьшения их мощности.

Первый вариант эффективен при высокой загрузке попутных технических станций с переработкой. Вторым вариантом там, где имеются значительные объемы немаршрутизированного вагонопотока с одинаковыми дополнительными признаками в адрес одной станции назначения.

Для дальнейшего рассмотрения принимается комбинированный вариант, поскольку позволяет как концентрировать маршрутоспособные вагонопотоки на станциях, имеющих резервы путевого развития сортировочных парков, а также рассмотреть возможность выделения дополнительных назначений технических маршрутов без отклонения потоков от кратчайших путей следования вагонопотоков.



Рисунок 7 – Блок-схема второго варианта алгоритма выделения технических маршрутов

В четвертой главе описана программная реализация предложенных методических приемов в подсистеме расчета плана формирования поездов из порожних вагонов и технических маршрутов по родам грузов и грузополучателям системы автоматизированного расчета сетевого плана формирования грузовых поездов (СПФ-2) – сданная в постоянную эксплуатацию в ОАО «РЖД».

Произведен сравнительный анализ результатов расчетов для определения эффективности выделения технических маршрутов в плане формирования и расчетов по эффективности совместного расчета плана формирования из груженых и порожних вагонов.

Для оценки эффективности совместного расчета плана формирования из груженых и порожних вагонопотоков, без учета эффективности алгоритмов плана формирования рассмотрены результаты автоматизированного расчета методом пошагового распределения вагонопотоков по сети допустимых назначений по двум вариантам:

- отдельный расчет;
- совместный расчет.

Расчеты показывают, что улучшение значений количественных и качественных показателей подтверждается экономией суммарных эксплуатационных расходов в объеме 17 520 тыс. рублей/сутки (рисунок 8). В годовом исчислении экономия составит 6,394 млрд. рублей.

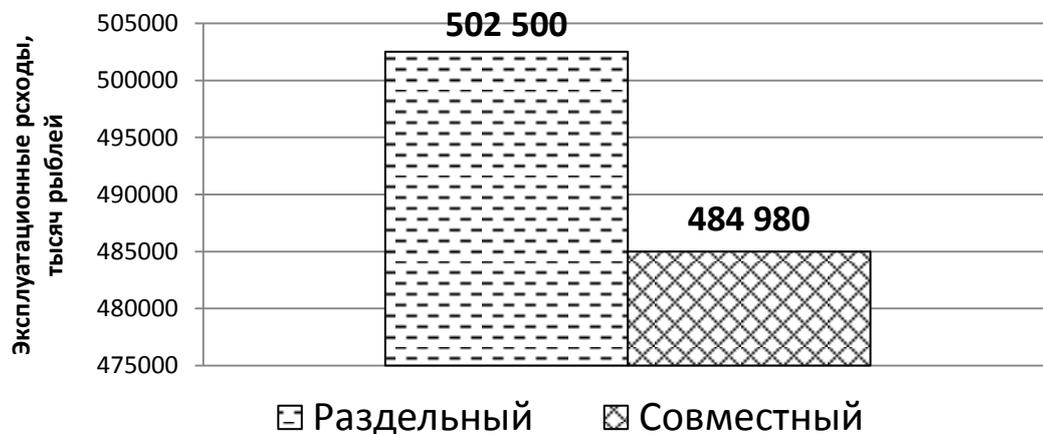


Рисунок 8 – Эксплуатационные расходы по вариантам расчета плана формирования

Рассмотрена эффективность выделения технических маршрутов при совместном расчете плана формирования поездов из груженых и порожних вагонопотоков.

Расчет плана формирования в автоматизированной системе показал, что эффективно формировать технические маршруты на 11 станций назначения. К этим станциям относятся Входная, Заозерная, Нерюнгри-груз., Новороссийск, Магнитогорск-груз., Туапсе-сорт., Череповец 2, Сургут, Павловск-Воронежский, Новая Еловка, Курбакинская.

Эффективность выделения технических маршрутов подтверждается следующими показателями:

– суммарная переработка транзитных вагонов по сети будет снижена на 3,1 тыс. вагонов/сут;

– непроизводительные пробеги вагонов, связанные с отклонением вагонопотоков от станций, испытывающих затруднения с переработкой уменьшились на 311,45 тыс. вагоно-км/сут;

– уменьшению потребности в эксплуатируемом парке локомотивов грузового движения на 10 электровозов, но изменение пути следования части вагонопотоков требует дополнительно 4 тепловоза эксплуатируемого парка;

– Экономия рабочего парка составляет 319 вагонов.

Выделение назначений технических маршрутов позволяет получить экономию суммарных эксплуатационных расходов в объеме 40 337 рублей/сутки (рисунок 9). В годовом исчислении экономия составит 14 723 005 рублей.

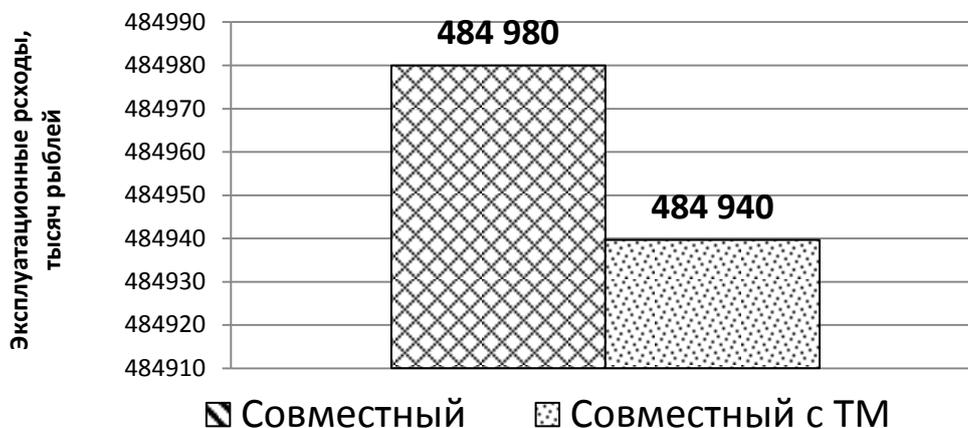


Рисунок 9 – Эксплуатационные расходы по вариантам расчета плана формирования

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В диссертационной работе на основании анализа современных условий организации вагонопотоков, обобщения производственного опыта и оценки предшествующих научных исследований установлено, что система расчета плана формирования должна производить расчет не только одногруппных поездов из груженых вагонов, но и предусматривать:

– оптимизацию сортировочной работы на станции не только за счет распределения переработки груженых вагонов, но и за счет работы с порожними вагонами;

– определение станций концентрации порожних вагонов для дальнейшей заадресовки на станции погрузки;

– новые методы организации вагонопотоков, такие как технические маршруты.

2. Исследовано распределение числа переработок немаршрутизированных вагонов на маршруте следования от станции погрузки до станции выгрузки, который показал, что в целом за оборот на сети ОАО «РЖД» немар-

шрутизируемый вагон имеет 5,98 переработок. При этом 21,8% груженых и 14,6% порожних вагонопотоков имеют более 5 переработок на рейсе. Приведенные расчеты подтверждают, что необходимо разрабатывать специальные меры по снижению числа переработок в существующей системе организации продвижения вагонопотоков. Выполненная классификация методов уменьшения числа переработок на рейсе грузового вагона предусматривает специальные решения как для груженых, так и для порожних вагонов.

3. Изучение информационной структуры задачи совместной организации груженых и порожних вагонов на полигоне сети показало, что исходные данные задачи могут быть сформированы на одном и том же расчетном горизонте, что подтверждает практическую возможность ее решения.

4. Доказана нелинейная зависимость суммарных эксплуатационных расходов на продвижение поездов из порожних вагонов от рода подвижного состава, длины состава в условных вагонах и вида тяги. При расчете нормативов затрат на продвижение вагонопотоков по участкам в поездах из порожних вагонов учитывается зависимость количества физических вагонов при унифицированной норме веса и длины в условных вагонах от рода подвижного состава. Например, с увеличением количества вагонов в составе поезда с 57 до 100 вагонов эксплуатационные затраты снижаются от 19 до 31 процента или в абсолютных значениях для полувагонов с 1196 до 902 рублей на вагон, для фитинговых платформ с 1605 до 1097 рублей за вагон на участке с тепловозной тягой длиной 254 км.

Установленные зависимости используются при оптимизации прикрепления порожних и груженых вагонопотоков на полигоне сети с учетом ограничений по пропускной способности, рода и кратности тяги, допустимой составности поездов.

Данный подход позволяет детально учитывать эксплуатационные затраты на продвижение поездов по направлениям с ярко выраженной специализацией по пропуску груженых или порожних вагонопотоков, а также со смешанным вагонопотоком.

5. Разработанная содержательная и формализованная постановка задачи совместного расчета плана формирования одnogруппных грузовых поездов из груженых и порожних вагонопотоков с выделением назначений технических маршрутов позволяет учитывать:

– затраты, связанные с технологическими операциями и их ожиданиями на станции назначения, а также затраты, определяемые ситуацией на подходах к станции назначения и связанные прежде всего с использованием вагонов и тягово-энергетических ресурсов;

– классы ограничений:

- по допустимой загрузке станций назначения вагонов и обслуживаемых путей необщего пользования;

- по включению вагонов в назначения с заданными признаками;

- по числу физических вагонов в составе технических маршрутов и поездов из порожних вагонов, исходя из допустимых диапазонов весов и длин составов;

- по запрету переработки транзитных вагонов на выделенных станциях.

6. Порядок генерирования сети допустимых назначений поездов предусматривает ввод четырех типов назначений (только груженые вагоны; только порожние вагоны; технический маршрут с указанием признаков, по которым включаются вагоны в назначение; комбинированный из груженых и порожних вагонов). Тип назначения определяет возможность прикрепления соответствующих вагонных струй и порядок вычисления загрузки сети и затрат, связанных с продвижением вагонов в данном назначении.

7. Предложенный подход к формализации задачи конфигурирования взаимосвязанных сетевых потоковых моделей железнодорожной сети и сети допустимых поездных назначений заключается во вводе в сетевые модели дополнительных вершин, для которых предполагается выделение вагонопотоков в поездные назначения, путем размножения исходных вершин сети (припортовых станций, станций примыкания) и присвоения выделенным вершинам индивидуальных параметров. Такой подход позволяет при расчете плана формирования поездов выделять технические маршруты с тыловых станций припортового железнодорожного полигона, высвобождая маневровые средства, емкость сортировочных припортовых станций, а также формировать порожние технические маршруты в адрес станций погрузки и входных станций погрузочных районов с подборкой порожних вагонов по разным техническим и (или) технологическим признакам.

8. На основе разработанной постановки проведена модернизация алгоритма расчета плана формирования одnogруппных поездов в части возможности выделения поездов из порожних вагонов и технических маршрутов.

Совместный расчет груженых и порожних вагонопотоков по сравнению с классическим последовательным расчетом позволяет динамически распределять ограничения по перерабатывающей способности станции и числу формируемых назначений, что позволяет отклонять поток на параллельные хода и оптимизировать загрузку сортировочных станций.

9. Рассмотрены два варианта последовательности расчета технических маршрутов по отношению к общей последовательности алгоритма расчета плана формирования:

- 1) в процессе расчета плана формирования;
- 2) после расчета плана формирования.

Первый вариант эффективен при высокой загрузке попутных технических станций с переработкой. Вторым вариантом там, где имеются значительные объемы немаршрутизированного вагонопотока с одинаковыми дополнительными признаками в адрес одной станции назначения.

Для дальнейшего рассмотрения принимается комбинированный вариант, поскольку позволяет как концентрировать маршрутоспособные вагонопотоки на станциях, имеющих резервы путевого развития сортировочных парков, а также рассмотреть возможность выделения дополнительных назначений технических маршрутов без отклонения потоков от кратчайших путей следования вагонопотоков.

10. Предложена технология, позволяющая применять план формирования для оптимизации взаимодействия с крупными пользователями услуг ОАО «РЖД», владельцами и операторами подвижного состава. Данная технология учитывает назначения поездов, организованных перевозчиком, и назначения, организованные по запросам-предложениям крупных операторов подвижного состава.

Для реализации указанной технологии:

определен реквизитный состав запроса-предложения оператора подвижного состава на включение поездов в план формирования;

предложен порядок рассмотрения данных запросов в структуре ОАО «РЖД»;

разработаны методические положения по проведению автоматизированных расчетов по оценке технической реализуемости и экономической эффективности запросов-предложений с определением договорной платы за формирование поездов по признакам, не предусмотренным основным планом формирования.

11. В диссертации разработаны методические решения совместного расчета плана формирования однопутных грузовых поездов из груженых и порожних вагонопотоков с выделением назначений технических маршрутов. Ожидаемый эффект от внедрения предложенных решений: снижение суммарной переработки транзитных вагонов на 4,26 тыс. вагонов/сут., повышение коэффициента транзитности вагонопотоков на 0,012, снижение потребности в парке поездных локомотивов на 82 единицы, экономия суммарных эксплуатационных расходов в объеме 17,56 млн. рублей/сутки. В годовом исчислении экономия составит 6,4 млрд. рублей.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1) Агеев, Р.В. Алгоритм расчета вагонопотоков [Текст] / Р.В. Агеев // Мир транспорта. – 2010. – Т. 29. – № 1. – С. 58-60.

2) 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.

3) Агеев, Р.В. Комбинированные решения повышают транзитность [Текст] / Р.В. Агеев // Мир транспорта. – 2013. – Т. 47. – № 3. – С. 122-127.

4) Агеев, Р.В. Расчет резерва путевого развития сортировочных станций [Текст] / Р. В. Агеев // Соискатель. – 2007. – Т. 4. – № 1. – С. 28-30.

5) Агеев, Р.В. Методы совместной организации груженых и порожних вагонопотоков на полигоне сети [Текст] / Р. В. Агеев. – «Trans-Mech-Art-Chem» : Труды V Международной научно-практической конференции. – Москва : МИИТ, 2008. – С. 7-8.

6) Свидетельство программы для ЭВМ 2012612178 Российская Федерация, Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» «Прогноз ресурсов сети (ПРОГРЕСС) [Текст] / Р. В. Агеев, М.А. Агеева, А.Ф. Бородин и др. ; 28.02.2012.

7) Свидетельство программы для ЭВМ 2012617006 Российская Федерация, Программное обеспечение для взаимодействия инфраструктурной модели ОАО «РЖД» и ресурсной модели ОАО «РЖД» [Текст] / Р. В. Агеев, М.А. Агеева, А.Ф. Бородин и др. ; 06.08.2012.

Агеев Роман Валерьевич

СОВМЕСТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУЖЕНЫХ И ПОРОЖНИХ
ВАГОНПОТОКОВ НА ПОЛИГОНЕ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

05.22.08 – Управление процессами перевозок

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано к печати _____
Заказ № _____ Объем ____ п.л.

Формат 60x90 ¹/₁₆
Тираж 80 экз.