

На правах рукописи



Кравченко Артем Андреевич

**МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ
ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ
МАНЁВРЕННОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ
СЕТИ**

2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Екатеринбург – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГАУ ВО РУТ (МИИТ)).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Бородин Андрей Федорович

Официальные оппоненты –

Дмитренко Алексей Васильевич, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО СГУПС), кафедра «Железнодорожные станции и узлы», профессор

Чеботарева Евгения Андреевна, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС), кафедра «Управление эксплуатационной работой», и.о. заведующего кафедрой

Ведущая организация – Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО «НИИАС»), г. Москва

Защита диссертации состоится 26» января 2024 г. в 11:00 часов на заседании диссертационного совета 44.2.008.01 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС) по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, аудитория Б2-15 – зал диссертационного совета.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке университета и на сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: <http://www.usurt.ru>.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ г.

Ученый секретарь диссертационного совета



Колясов Константин
Михайлович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Железнодорожный транспорт в современных условиях сталкивается с динамичной перенастройкой всех транспортно-логистических связей, высокой концентрацией транспортных потоков, необходимостью предоставления окон для реконструкции и ремонтов, необходимостью решения различных оперативных задач на лимитирующих направлениях.

Поэтому необходимо провести исследования, при которых возможно обеспечить эффективную работу транспортных систем в течение внутримесячных и оперативных изменений эксплуатационной обстановки и потребностей в перемещении грузов и пассажиров. При этом результаты исследований оценки возможностей элементов железнодорожной инфраструктуры должны использоваться в новых технологиях и цифровых инструментах планирования перевозок на годовом и месячном горизонтах и при динамическом планировании заявок на перевозку грузов ГУ-12, при согласовании уведомлений на перевозку порожних грузовых вагонов, не принадлежащих перевозчику.

Степень разработанности темы исследования. Научной основой диссертационного исследования являются труды в области эксплуатации железнодорожного транспорта, в том числе:

в области системы управления вагонными парками: А.А. Шатохина, И.И. Васильева, В.А. Соковича, Д.П. Заглядимова, Е.С. Сергеева В.И. Аксенова, Е.С. Сергеева, Е.П. Нестерова, А.И. Платонова и И.Г. Тихомирова, К.А. Бернгарда, В.С. Климанова, Р.Ф. Сайбаталова и др.

по проблеме избыточных вагонных парков, емкостей путевого развития: И.И. Васильева, Б.Д. Никифорова и Е.А. Сотникова, М.Н. Кудрявцева, К.Ю. Цеглинского, А.Н. О'Рурка, Ф.П. Кочнева и И.Б. Сотникова, А.Е. Гибшмана и Э.Д. Фельдман, А.Н. Фролова, К.К. Тихонова, Е.П. Нестерова, В.П. Парфенова, П.В. Бартенева, В.И. Седова, И.Я. Аксенова, В.И. Аксенова, И.Б. Сотникова, А.А. Выгнанова, Ф.С. Гоманкова, Р.И. Шариповой и др., Ф.В. Бахадирова, А.Ф. Бородина, Р.Ф. Сайбаталова, Р.В. Лолуа и др.

по проблеме определения пропускных и перерабатывающих способностей элементов железнодорожной сети: П.П. Леонова и А.Ф. Лютца, В.А. Соковича и И.Н. Пошивайло, Б.М. Максимовича, И.И. Васильева, Б.Д. Штанге, И.Г. Тихомирова, П.В. Бартенева, К.К. Таля, В.Д. Никитина, С.Д. Карейши, С.Г. Писарева, Г. Потгоффа, А.Н. Корешкова, А.В. Быкадорова, В.Я. Негрея, И.Т. Козлова, А.М. Пешкова, Е.В. Архангельского, П.А. Козлова, Н.В. Кащеевой, В.С. Колокольникова, И.Г. Слободянюк, А.Э. Александрова, Е.Н. Тимухиной, О.В. Осокина и др.

Направлениями исследований являются планирование, организация и управление транспортными потоками, технология транспортных процессов.

Объектами диссертационного исследования являются транспортная сеть, структурные и линейные предприятия этой сети, транспортные потоки, системы управления на железнодорожном транспорте.

Предмет диссертационного исследования – перевозочные возможности транспортной инфраструктуры для пропуска объемов перевозок грузов и порожних грузовых вагонов.

Целью диссертационного исследования является разработка научно-методических решений по повышению уровня использования перевозочной мощности и манёвренности подразделений железнодорожной сети.

Задачами диссертационного исследования являются:

определение влияния избыточных вагонных парков на показатели манёвренности подразделений железнодорожной сети, и их взаимозависимостей;

определение комплекса эффективных мероприятий по повышению перевозочных возможностей транспортной инфраструктуры;

определение взаимозависимостей функциональной ёмкости и допустимого уровня использования пропускной способности элементов железнодорожной сети на расчётный период;

определение порядка оценки возможностей инфраструктуры по пропуску определённого планируемого вагонопотока;

разработка рекомендаций по практическому применению разработанных теоретических положений.

Научная новизна исследования заключается в разработке нового научно обоснованного подхода к обеспечению перевозочных возможностей транспортной инфраструктуры на основе оценки манёвренности подразделений железнодорожной сети и обеспечивающего реализацию эффективных мер регулирования эксплуатационной работы, для чего:

исследованы и систематизированы взаимозависимости параметров, характеризующих динамику эксплуатационной работы в условиях изменения манёвренности подразделений железнодорожной сети;

разработаны классификация мер воздействия на неравномерность транспортных процессов в условиях исчерпания инфраструктурных и графиковых ресурсов, исходя из оценки их влияния на расчётные элементы использования пропускной и провозной способностей, а также технология расчётов по обоснованию применения этих мер на основе имитационного макро моделирования работы железнодорожных полигонов и крупных узлов;

разработаны методические решения по расчёту взаимозависимостей функциональной ёмкости и допустимого уровня использования пропускной способности элементов железнодорожной сети и направлений следования вагонопотоков для динамического планирования грузовых перевозок и технического нормирования эксплуатационной работы.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в возможности использования результатов в деятельности структурных подразделений железнодорожного транспорта. Разработанный в диссертационной работе математический аппарат позволяет выполнить

сравнительный анализ различных комбинаций мероприятий по воздействию на неравномерность транспортных процессов в условиях истощения инфраструктурных и графиковых ресурсов.

Определение взаимозависимостей функциональной ёмкости и допустимого уровня использования пропускной способности элементов железнодорожной сети на расчётный период позволяет осуществлять техническое нормирование работы вагонных парков, а также элементов процесса формирования исходных данных для принятия решения о согласовании заявки на перевозку формы ГУ-12 либо в полном объёме, либо на условиях договора о размещении вагонов на путях общего пользования в пути следования без прерывания договора перевозки, либо об изменении даты подачи вагонов или направлений следования.

Методы исследования, использованные в диссертации:

изучение и анализ отечественных и зарубежных научных разработок по вопросам оценки влияния избыточных вагонных парков на эффективность и результативность работы железнодорожной сети, емкости и пропускной способности железнодорожной инфраструктуры;

статистические методы обработки данных;

структурно-функциональный анализ;

методы имитационного моделирования работы направлений и полигонов железнодорожной сети;

Положения диссертации, выносимые на защиту:

выполнен с использованием информационных ресурсов ОАО «РЖД» анализ динамики процессов и показателей эксплуатационной работы и взаимозависимостей их изменения в условиях снижения манёвренности подразделений железнодорожной сети;

исследованы диапазоны изменения факторов снижения участковой скорости грузовых поездов и использования локомотивов грузового движения из-за наличия избыточных вагонных парков;

сформирована научная гипотеза о влиянии мер воздействия на неравномерность транспортных процессов в условиях истощения инфраструктурных и графиковых ресурсов, исходя из оценки их влияния на расчётные элементы использования пропускной и провозной способностей;

спланированы и проведены экспериментальные исследования для проверки гипотезы с применением статистических данных и имитационного моделирования;

разработаны методические положения для практического применения полученных теоретических результатов при планировании и нормировании перевозочного процесса;

разработаны постановки задач автоматизации расчётов возможностей железнодорожной инфраструктуры на основе указанных методических решений.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационного исследования реализованы:

в «Методике расчёта возможностей железнодорожной инфраструктуры для пропуска объёмов перевозок грузов и порожних грузовых вагонов» утверждённой распоряжением ОАО «РЖД» от 19.05.2022 г. № 1324/р [59];

при проектировании Автоматизированной системы «Разработка Генеральной схемы сети железных дорог» (АС РГСЖД), принятой в промышленную эксплуатацию в АО «ИЭРТ» (акт № 4 от 02.12.2021 г.);

при проектировании «АС ПРОГРЕСС в рамках реализации проекта Единой имитационной модели развития инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС. ЕИМ)», принятой в промышленную эксплуатацию в ОАО «РЖД» (акт № ГВЦ-809 от 24.03.2023 г.);

при проектировании «АСОВ в рамках реализации проекта Единой имитационной модели развития инфраструктуры ОАО «РЖД» (АСОВ. ЕИМ)», принятой в промышленную эксплуатацию в ОАО «РЖД» (акт № ГВЦ-808 от 24.03.2023 г.);

при проектировании «АС Паспорт НПС в рамках реализации проекта Единой имитационной модели развития инфраструктуры ОАО «РЖД» («АС Паспорт НПС. ЕИМ)», принятой в промышленную эксплуатацию в ОАО «РЖД» (акт № ГВЦ-862 от 29.03.2023 г.);

при проектировании «АС ПРОГРЕСС. Расчёт оценки функциональных возможностей элементов железнодорожной инфраструктуры по пропуску объёмов перевозок грузов и порожних грузовых вагонов (АС ПРОГРЕСС. РВИ)», принятой в промышленную эксплуатацию в ОАО «РЖД» (акт № ГВЦ-2265 от 28.08.2023 г.).

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов подтверждается использованием известных научных методов, современных методик сбора, обработки исходной информации, проверяемых данных транспортной статистики и информационных систем ОАО «РЖД»; формулировкой идеи диссертации на базе анализа прогрессивного опыта организации эксплуатационной работы подразделений железнодорожной сети; корректным применением разработанного математического аппарата, включая применение компьютерной имитационной системы, соответствующей требованиям действующих методик ОАО «РЖД»; согласованностью с положениями эксплуатационной теории и практики, логичной и последовательной структурой исследования с учетом ранее исследованных факторов и результатов предшествующих работ по рассматриваемой тематике; сравнением авторских данных с данными, полученными ранее в работах, посвящённых разработке технологии эксплуатационной работы полигонов и проведения имитационных исследований железнодорожной инфраструктуры; фактом использования результатов диссертационного исследования в нормативных документах и практике планирования перевозочного процесса сети ОАО «РЖД».

Апробация работы. Положения диссертации докладывались на заседаниях кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет

транспорта» (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), учёного совета акционерного общества «Институт экономики и развития транспорта» (АО «ИЭРТ»), а также на пяти международных и всероссийских научно-практических конференциях:

Международной научно-практической конференции «Тихомировские чтения: синергия технологии перевозочного процесса», Беларусь, Гомель, БелГУТ, 10–11 декабря 2020 г.;

14-й международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD' 2021), Россия, Москва, ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова, 27–29 сентября 2021 г.;

Международной научно-практической конференции «Фёдор Петрович Кочнев – выдающийся организатор транспортного образования и науки в России», Россия, Москва, РУТ (МИИТ), 22–23 апреля 2021 г.;

Всероссийской научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ: ЛОГИСТИКА, СТРОИТЕЛЬСТВО, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ», Россия, Екатеринбург, ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», 18 мая 2023 г.;

II Международной научно-практической конференции «Кочневские чтения-2023: Современная теория и практика эксплуатационной работы железных дорог», Россия, Москва, РУТ (МИИТ), 19–20 апреля 2023 г.

Публикации. Основные положения диссертационной работы и научные результаты опубликованы в 6 печатных работах, в том числе: 2 статьи опубликованы в изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Структура и объем работы. Диссертационное исследование изложено на 160 страницах, включает 79 иллюстраций, 2 таблицы. Диссертация включает в себя введение, 5 глав, заключение, список литературы (107 наименований), 1 приложение.

Содержание работы

Во введении приведены актуальность темы исследования; степень ее разработанности; цели и задачи исследования; научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы; методы исследования; положения, выносимые на защиту; степень достоверности и апробация результатов.

В первой главе дается анализ теории и практики оценки и обеспечения перевозочных возможностей железнодорожной сети и манёвренности её подразделений.

Количественный уровень манёвренности подразделений железнодорожной сети определил профессор Е.А. Сотников, введя коэффициент манёвренности, обозначающий долю поездопотоков, следующих на полигоне без задержек на подходах к техническим и грузовым станциям.

Существующая практика планирования и организации эксплуатационной работы, основываемая на сопоставлении наличной и потребной перевозочных возможностей подразделений железнодорожной

сети, не даёт приемлемых результатов. Традиционный подход с включением в расчёты коэффициентов неравномерности движения также не решает данную проблему, так как природа транспортной неравномерности весьма многофакторна. Поэтому необходимо провести исследования, при которых возможно обеспечить эффективную работу транспортных систем в течение внутримесячных и оперативных изменений эксплуатационной обстановки и потребностей в перемещении грузов и пассажиров. Структурная схема исследования представлена на рисунке 1.

Во второй главе исследовано влияние избыточных вагонных парков на показатели манёвренности подразделений железнодорожной сети и их взаимозависимостей.

Сформулированы условия обеспечения беспрепятственного приема поездов грузовыми, техническими станциями, межгосударственными стыковыми пунктами, а также беспрепятственного обмена вагонами с путями необщего пользования.

Выполнен с использованием информационных ресурсов ОАО «РЖД» анализ динамики процессов и показателей эксплуатационной работы и взаимозависимостей их изменения в условиях снижения маневренности подразделений железнодорожной сети (рисунок 2).

Влияние наличия избытка фактического вагонного парка сверх технологически допустимого парка на каждый конкретный показатель – зависимость индивидуальная для каждой железной дороги, поэтому невозможно сделать однозначный вывод, что каждые 100 вагонов приводят к ухудшению показателя на фиксированную величину. Однако для каждой дороги существует величина наличия избытка фактического вагонного парка сверх технологически допустимого парка, при которой происходит резкое ухудшение значений показателей (рисунок 3).

Также отсутствие избытка фактического вагонного парка сверх технически допустимого парка не гарантирует улучшение показателей эффективности и результативности эксплуатационной работы. Зафиксированы случаи значительного резерва до технологически допустимого парка и существенных отклонений показателей эффективности и результативности эксплуатационной работы, что обусловлено наличием затруднений, вызванных внешними и внутренними причинами и превышения нормального наличия отдельных струй вагонопотоков (рисунок 4).

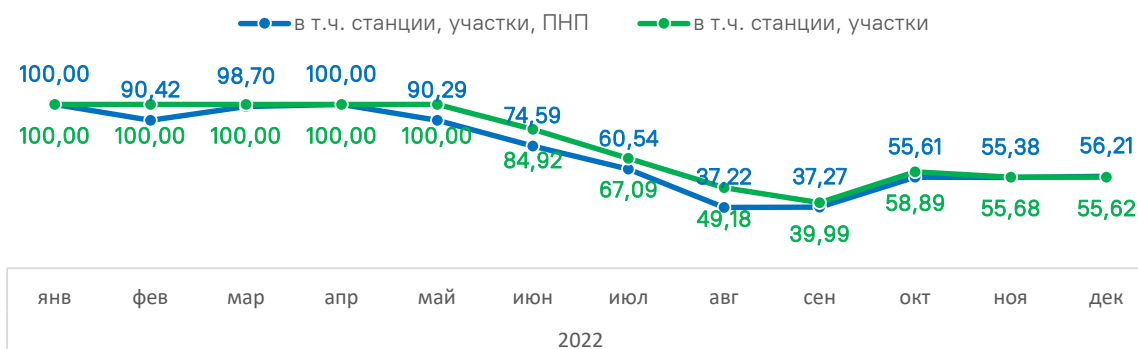
В конкретных эксплуатационных условиях поездочные часы неприятия распределяются на две составляющие: 1) простои на участке с локомотивами и локомотивными бригадами по неприятию станциями; 2) простои поездов, задерживаемых в продвижении (на технических либо на промежуточных станциях без локомотивных бригад и без локомотивов). Первая составляющая поездочных задержек подлежит учету в участковой скорости грузовых поездов, вторая составляющая в участковой скорости учитываться не должна.

С учетом данного положения выведены зависимости для расчета снижения участковой скорости из-за влияния избыточного вагонного парка,

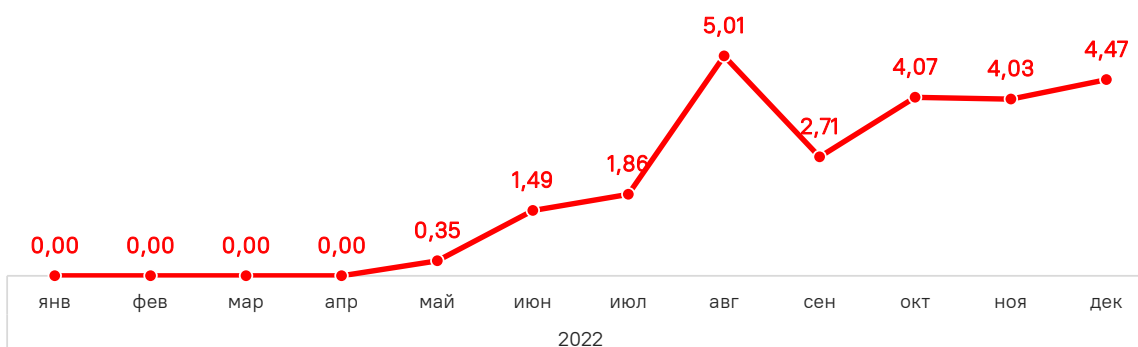


Рисунок 1 – Структурная схема диссертационного исследования

Коэффициент маневренности



Снижение участковой скорости грузовых поездов, км/ч



Снижение производительности локомотива рабочего парка в грузовом движении, тыс. ткм брутто/сут



Увеличение оборота грузового вагона, сут

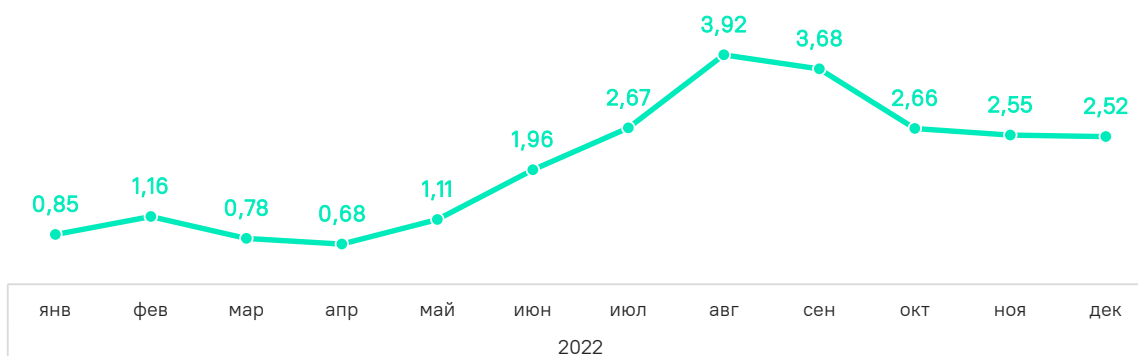
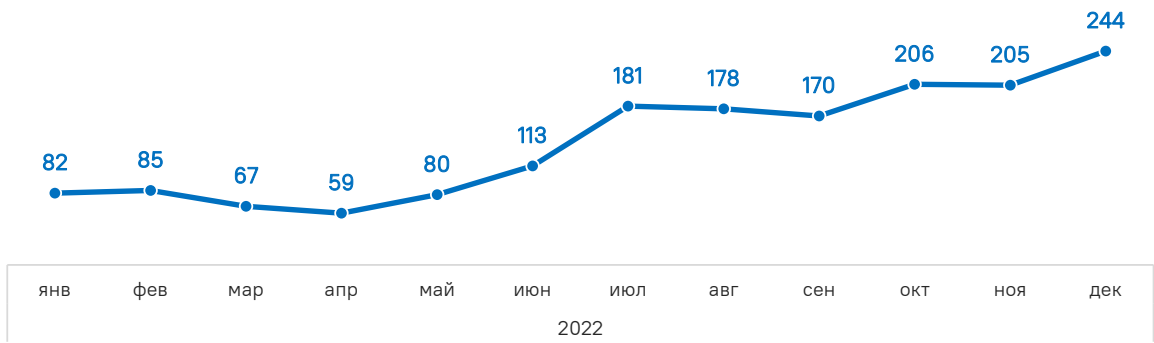
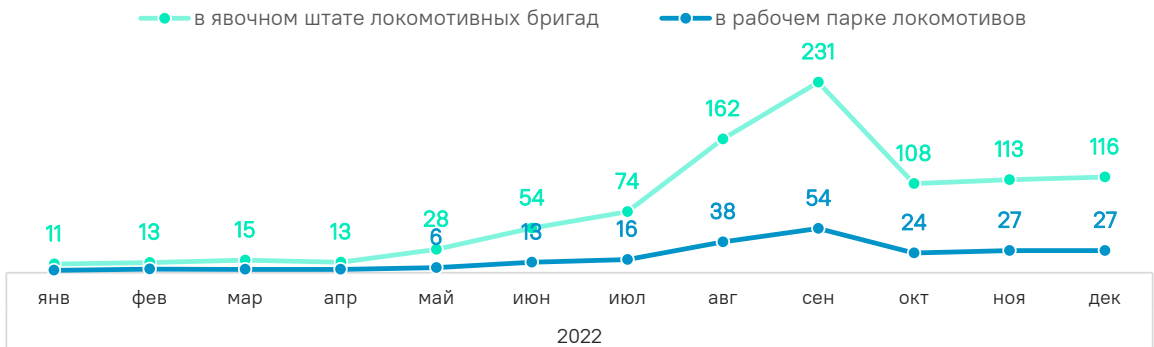


Рисунок 2 – Взаимозависимость значений фактического показателя маневренности железной дороги и показателей эксплуатационной работы, натуральных показателей, экономических показателей деятельности по одной из железных дорог ОАО «РЖД» за 2022 год

Количество временно отставленных поездов



Потери тяговых ресурсов



Итоговые стоимостные показатели для ОАО «РЖД»

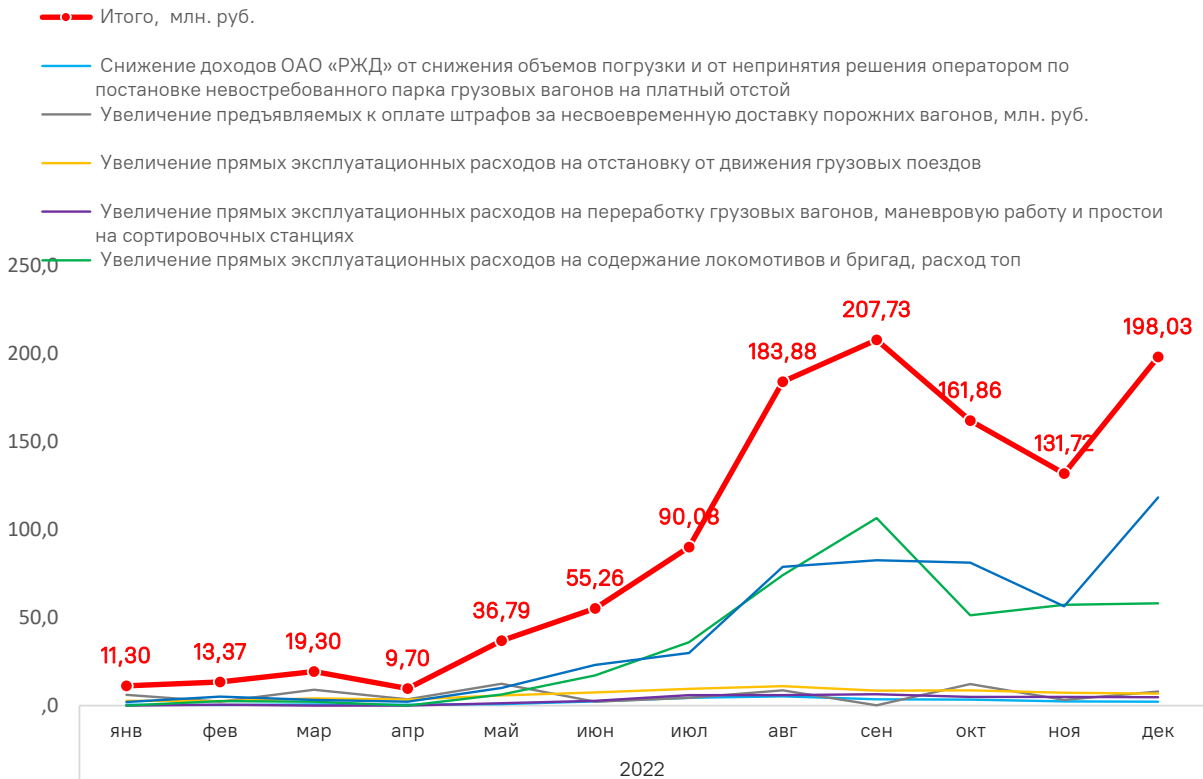


Рисунок 2 – Взаимозависимость значений фактического показателя маневренности железной дороги и показателей эксплуатационной работы, натуральных показателей, экономических показателей деятельности по одной из железных дорог ОАО «РЖД» за 2022 год (продолжение)

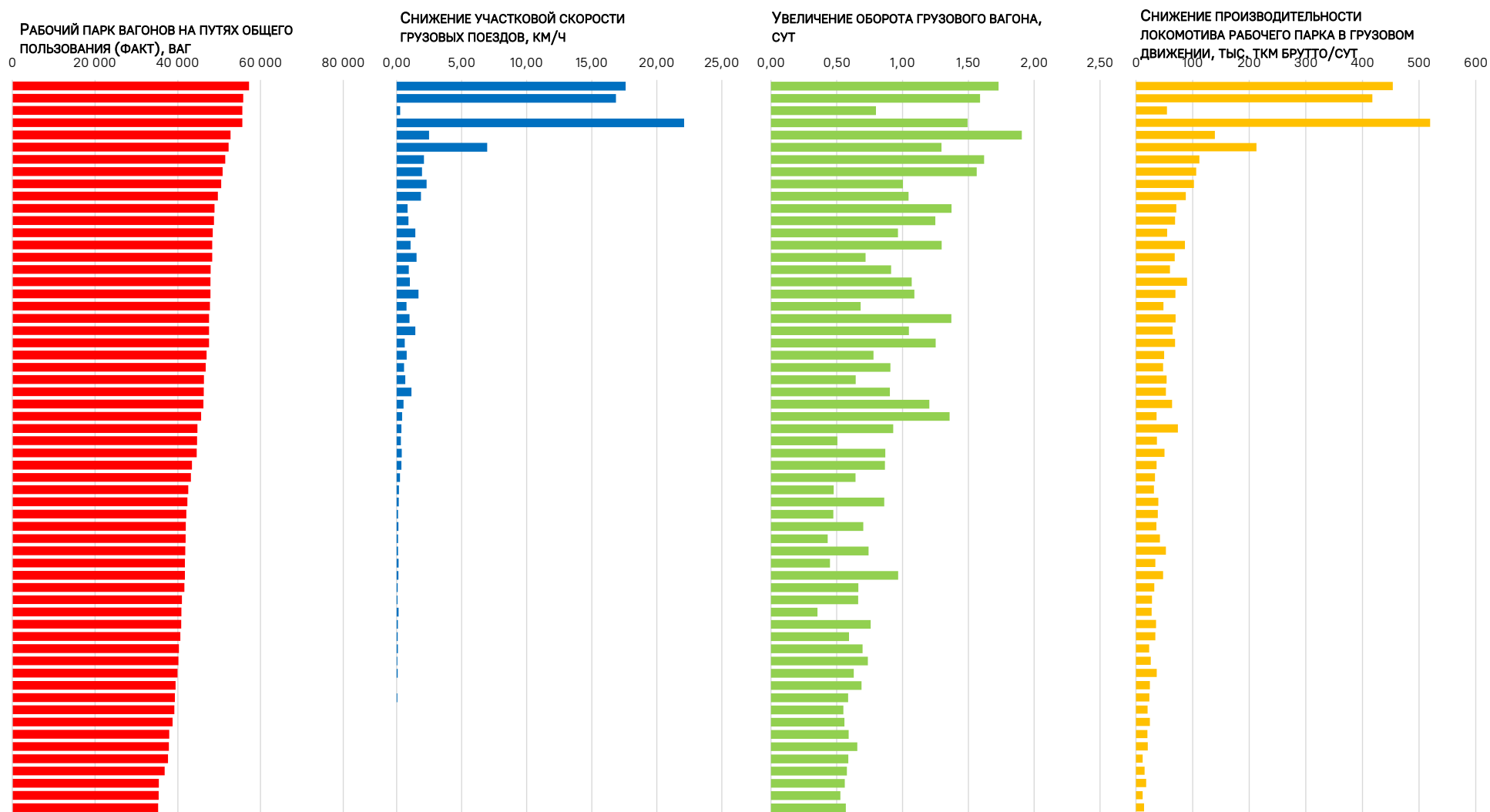


Рисунок 3 – Влияние избыточности вагонных парков на показатели использования перевозочных ресурсов по одной из железных дорог ОАО «РЖД» за 2022 год – участковую скорость движения поездов, производительность локомотива, оборот грузового вагона

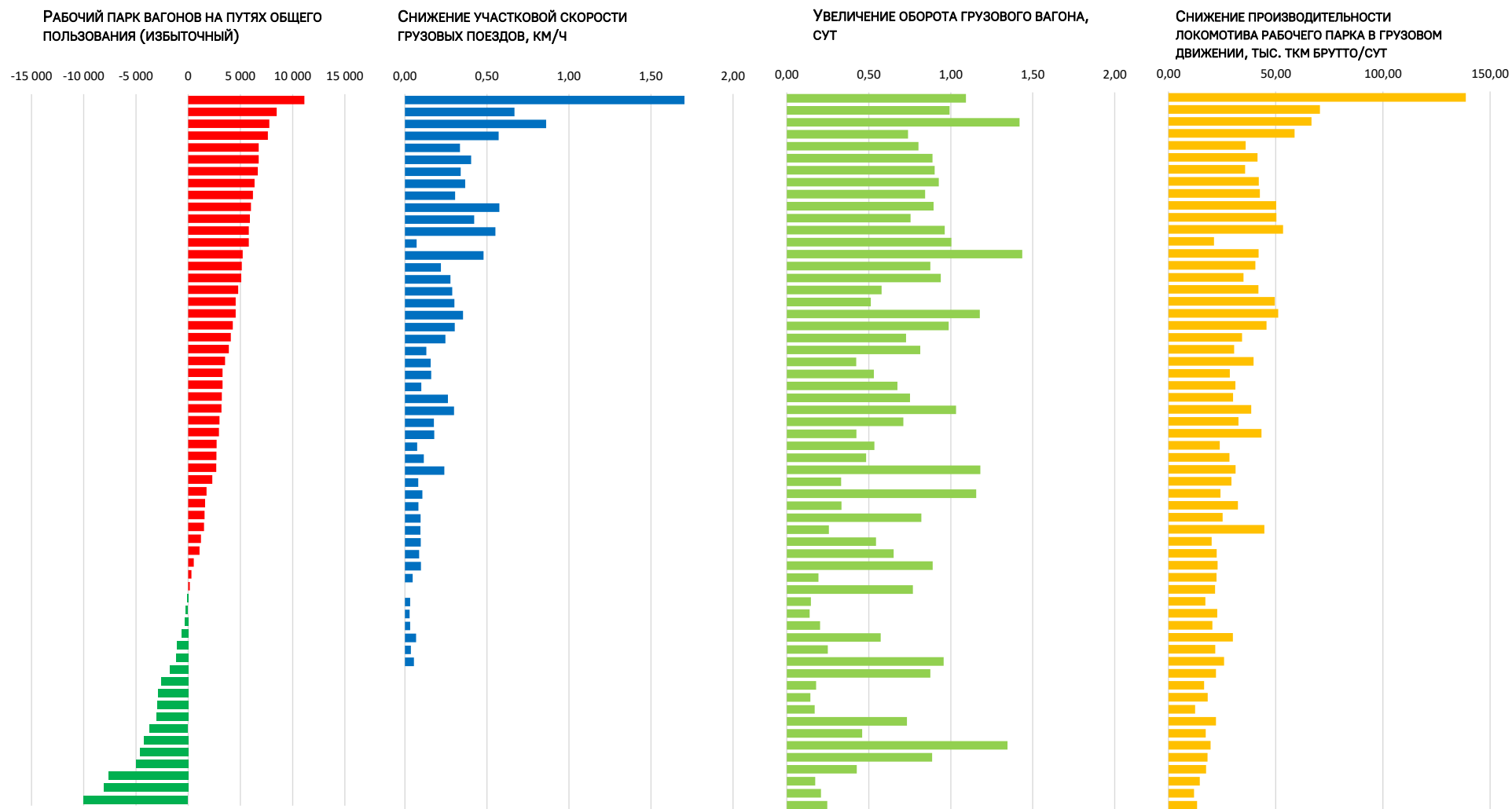


Рисунок 4 – Существенные отклонения показателей эффективности и результативности эксплуатационной работы в зависимости от разности фактического и технологически допустимого вагонного парка по одной из железных дорог ОАО «РЖД» за 2022 год

количества дополнительно задерживаемых в продвижении груженых поездов и поездо-часов задержек из-за неприема станциями в среднем в сутки, а также показатели использования локомотивов грузового движения из-за наличия избыточных вагонных парков (рисунок 5).

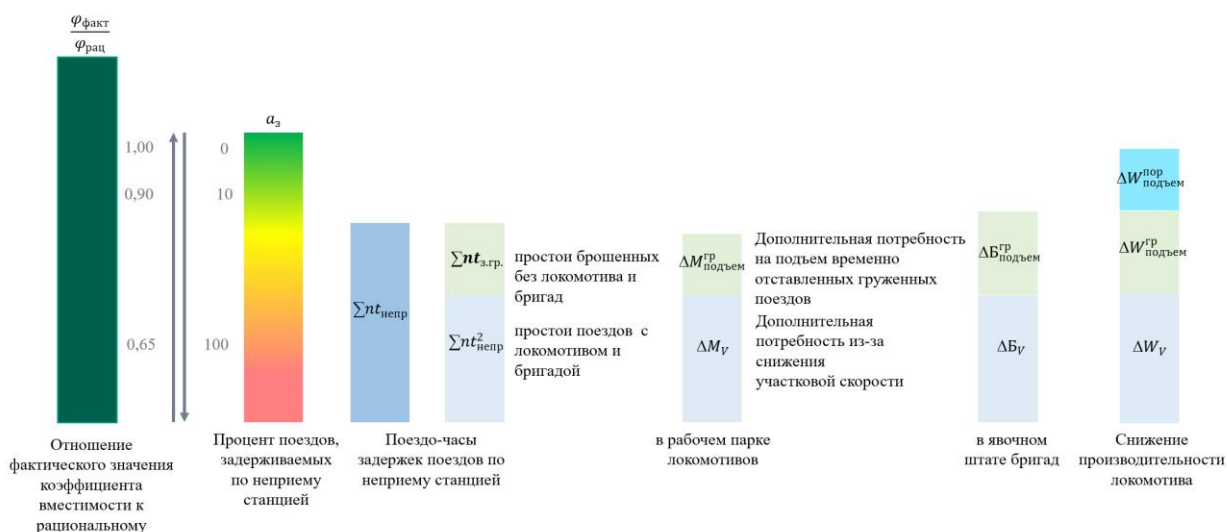


Рисунок 5 – Влияние избыточных вагонных парков на показатели использования локомотивов грузового движения

В третьей главе диссертационного исследования рассматриваются вопросы по определению возможностей железнодорожной инфраструктуры для пропуска объемов перевозок грузов и порожних грузовых вагонов.

Для поддержания достаточного уровня манёвренности необходимо определять не только значения наибольшего технически допустимого (рационального) рабочего парка, но и:

- допустимые размеры движения поездов;
- допустимые размеры вагонопотоков транзитных вагонов с переработкой и без переработки на технических станциях и местных вагонов на путях общего и необщего пользования;
- допустимые размеры эксплуатируемых и неэксплуатируемых парков грузовых вагонов в границах выделенных элементов железнодорожной сети (станций выполнения грузовых операций, железнодорожных путей необщего пользования, технических станций, расчетных участков) и выделенных участков железнодорожной сети;
- допустимое количество составов грузовых поездов, которое по возможностям путевого развития может быть задержано в продвижении.

Должны вычисляться:

- значения инфраструктурных возможностей из условия обеспечения беспрепятственного приема поездов грузовыми, техническими станциями, межгосударственными стыковыми пунктами;
- значения регулирующих емкостей путевого развития, позволяющих размещать составы поездов, груженые и/или порожние вагоны при отсутствии возможности и/или необходимости их дальнейшего следования.

Расчет инфраструктурных возможностей должен устанавливать функциональные взаимосвязи:

- технически допустимого (рационального) рабочего парка грузовых вагонов $P_{\text{техн}}$, участвующих в перевозочном процессе, при котором станции полигона обеспечивают беспрепятственный прием поездов, от размеров движения грузовых поездов n_T , поездов/сут., и перерабатываемых вагонопотоков N_T , вагонов/сут.;

- резерва приемоотправочных путей на станциях $\Delta P_{\text{по}}$ для размещения составов поездов при отсутствии возможности и/или необходимости их дальнейшего следования, от величины $P_{\text{техн}}$;

- резерва емкостей станционного путевого развития $\Delta P_{\text{нэп}}$ для размещения грузовых вагонов неэксплуатируемого рабочего парка от величин $P_{\text{техн}}$ и $\Delta P_{\text{по}}$.

Для каждого элемента железнодорожной сети определен порядок вычислений значений инфраструктурных возможностей. Основной принцип расчета состоит в определении значений инфраструктурных возможностей из условия обеспечения беспрепятственного приема станциями и обмена вагонами с путями необщего пользования. При этом значения рассчитываются посуточно с учетом инфраструктурных и перевозочных ресурсов (рисунок 6).

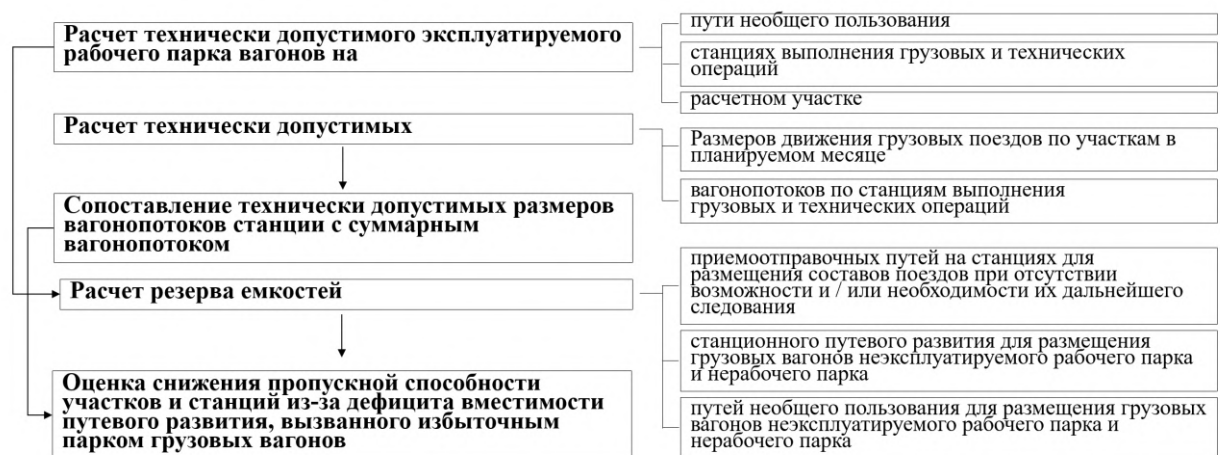


Рисунок 6 – Порядок расчета взаимозависимостей функциональной емкости и допустимого уровня использования пропускной способности элементов сети на расчетный период

Расчётная величина технически допустимых размеров вагонопотоков на станциях выполнения грузовых и технических операций определяется по формуле:

$$N_{\text{Т.пл}} = \left(N_T - \Delta N_T^{\text{закр}} \frac{D_{\text{закр}}}{D_{\text{мес}}} \right) \frac{\sum_S k_{\text{ок}(S)} \delta_{\text{ок}(S)} D_{\text{ок}(S)}}{D_{\text{мес}}} + \Delta N_{\text{отм.пс}}, \quad (1)$$

где N_T – технически допустимые размеры вагонопотоков, при которых обеспечивается беспрепятственный приём поездов, вагонов/сут.;

$\Delta N_T^{\text{закр}}$ – снижение результирующей пропускной способности из-за закрытия сооружений и устройств для движения поездов и манёвровой

работы, а также ограничений скоростей следования подвижного состава по лимитирующим элементам стационарной инфраструктуры, вагонов/сут.;

$D_{\text{закр}}$ – число суток закрытия устройств и ограничения скоростей в течение планируемого месяца;

$k_{\text{ок}(S)}$ – коэффициент снижения пропускной способности станции из-за увеличения времени занятия путей в дни предоставления технологических «окон» категории s на прилегающих участках;

$\delta_{\text{ок}(S)}$ – доля вагонопотока участка, на котором предоставляются технологические «окна» категории s , в общем вагонопотоке станции, где s – вариант продолжительности технологического «окна» и места его проведения;

$D_{\text{ок}(S)}$ – число суток предоставления технологических «окон» категории s в течение планируемого месяца;

$D_{\text{мес}}$ – число суток в планируемом месяце;

$\Delta N_{\text{отм.пс}}$ – изменение допустимых размеров грузового движения в зависимости от количества и категорий отменяемых из обращения пассажирских поездов по приёмоотправочным паркам станции в сутки.

В основе расчета возможностей инфраструктуры по направлениям следования вагонопотоков лежат посуточные параметры вариантного графика движения поездов, которые корректируют с учетом отказов технических средств и технологических нарушений, а также с учетом заданий по отправлению поездов, задержанных в продвижении, и по нормализации рабочего парка вагонов (рисунок 7).

Допустимые размеры движения поездов на планируемый месяц определяются по формуле:

$$n_{\text{пл}} = n_{\text{т.уч}}^{\text{пл}} \left(1 - \frac{\sum nt_{\text{отс}} + \sum nt_{\text{тн}}}{\sum nt_{\text{общ}}} \right), \quad (2)$$

где $n_{\text{т.уч}}^{\text{пл}}$ – технически допустимые размеры движения грузовых поездов по участку в планируемом месяце;

$\sum nt_{\text{отс}} + \sum nt_{\text{тн}}$ – среднесуточные поездо-часы задержек грузовых поездов по отказам технических средств (по данным АС КАСАНТ) и технологическим нарушениям (по данным АС КАСАТ) в предплановый период;

$\sum nt_{\text{общ}}$ – поездо-часы грузовых поездов по диспетчерским участкам с учётом движения по многопарковым станциям (по данным отчёта ДО-10).

Допустимые размеры движения поездов с учётом заданий по отправлению составов поездов, задержанных в продвижении, и по нормализации рабочего парка вагонов и (или) его составляющих – транзитных вагонов по заданным направлениям (назначениям), местных вагонов по заданным назначениям определяются по формуле:

$$n_{\text{пл}}^* = n_{\text{пл}} - \frac{1}{T_{\text{норм}}} \left(p_3 + \frac{\Delta P_{\text{изб}}^{\text{тр}} + \Delta P_{\text{изб}}^{\text{мест}} + \Delta P_{\text{изб}}^{\text{пор}}}{m_{\text{до-1}}} \right), \quad (3)$$

где p_3 – наличие составов поездов, задержанных в продвижении, на станциях в зоне влияния на рассматриваемый участок на начало планируемого месяца;

$\Delta P_{изб}^{тр} + \Delta P_{изб}^{мест} + \Delta P_{изб}^{пор}$ – избыток рабочего парка (по категориям соответственно транзитных, местных и порожних вагонов) на станциях и участках в зоне влияния на рассматриваемый участок на начало планируемого месяца (кроме вагонов в p_3 задержанных грузовых поездах);

$T_{норм}$ – заданная длительность периода нормализации поездной обстановки, сут;

$m_{до-1}$ – средний состав грузового поезда на участке, рассчитанный на основе отчётов ДО-1, физических вагонов

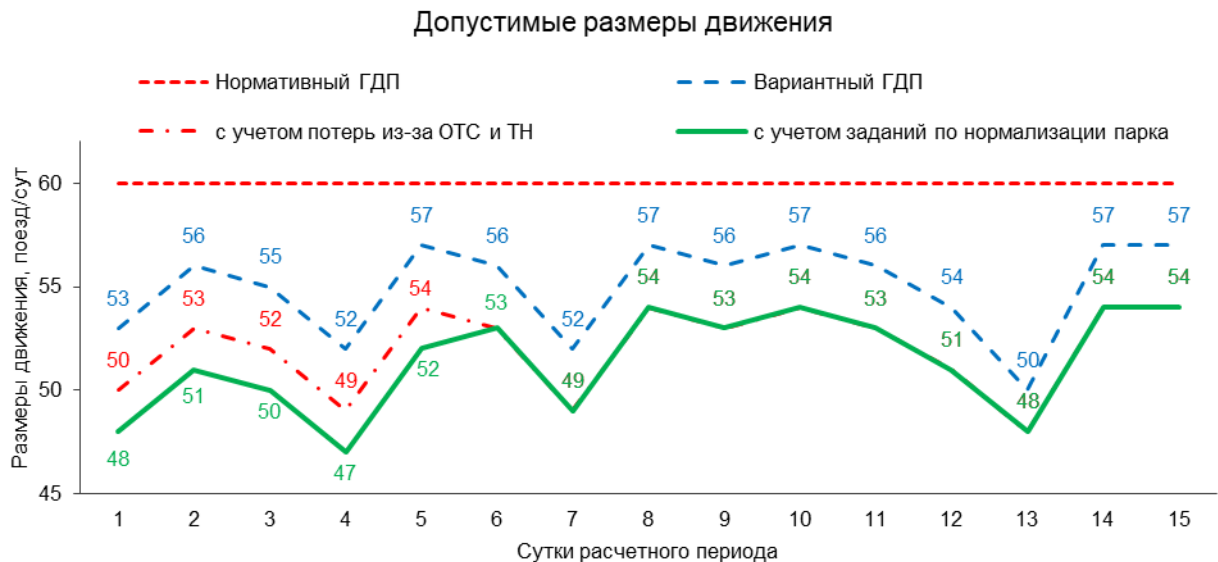


Рисунок 7 – Порядок выполнения расчетов по направлениям следования вагонопотоков на расчетный период

Результирующая оценка возможностей инфраструктуры по пропуску определенного планируемого вагонопотока от станции отправления до станции назначения в определенный плановый период времени предусматривает:

а) определение пути следования вагонопотока в виде перечня станций выполнения технических операций и расчетных участков согласно технологии перевозочного процесса;

б) определение возможностей инфраструктуры по каждой станции выполнения технических операций, каждому расчетному участку, по станциям выполнения грузовых операций и путям необщего пользования, не занятых другими планируемыми корреспонденциями в рассматриваемый период времени;

в) определение результирующей оценки как минимального значения не занятых возможностей инфраструктуры в рассматриваемый период времени среди элементов, указанных в подпункте б, для пути следования, установленного в подпункте а.

В четвертой главе диссертационного исследования рассматриваются вопросы по определению эффективных мероприятий по повышению перевозочных возможностей транспортной инфраструктуры.

В условиях исчерпания инфраструктурных и графиковых ресурсов, необходимости проведения окон по ремонту, строительству и реконструкции инфраструктуры возникают как резервы, так и дефициты возможностей инфраструктуры на плановый период. При этом среднемесячные потребности в перевозках не превышают среднемесячных значений пропускной способности.

Исследована динамика показателей работы вагонных парков при затруднениях, вызванных внешними и внутренними причинами. В общем случае эксплуатационные затруднения, вызванные внешними причинами, развиваются по сценарию (рисунок 8, А). В случае непринятия предупредительных регулировочных мер в период времени с t_1 по t_2 происходит накопление избыточного вагонного парка, что приводит к снижению результирующей пропускной способности из-за фактического исключения из работы части путевого развития. В период с t_3 по t_4 после регулировочных мероприятий значения рабочего парка вагонов снижаются, и допустимые размеры движения возрастают до прежних значений.

Возникновение каких-либо внутренних ограничений резко снижает допустимые размеры движения на подразделении (в момент времени t_1), что приводит к росту рабочего парка вагонов (рисунок 8, Б). В период от t_3 до t_5 с задержками по неприятию следуют все грузовые поезда. В момент времени t_5 происходит снятие ограничений и восстановление перевозочной мощности, однако вследствие накопленного избыточного парка только в момент времени t_6 происходит восстановление допустимых размеров движения до прежних значений.

В условиях исчерпания инфраструктурных и графиковых ресурсов, необходимости проведения окон по ремонту, строительству и реконструкции инфраструктуры определены решения на базе комплекса мер, воздействия на неравномерность транспортных процессов. Комплексные решения предусматривают механизмы, не только компенсирующие влияние неуправляемой («вредной») неравномерности, но и генерирования управляемой («полезной») неравномерности, улучшающей использование ресурсов и качество транспортного обслуживания. В таблице 1 показано влияние этих мер (\uparrow - увеличение, \downarrow - уменьшение) на составляющие формул (1 – 3).

Учет влияния рассматриваемых эксплуатационных факторов при определении пропускной способности характеризует зависимость

$$n^* = n_n - (\Delta n_{\text{съема}} + \Delta n_{\text{необх}} + \Delta n_{\text{нер}}), \quad (4)$$

где n^* – технически возможный среднегодовой грузовой поездопоток, пар поездов/сут; n_n – максимальная (теоретическая) пропускная способность по ограничивающему элементу, пар поездов/сут; $\Delta n_{\text{съема}}$ – съём пропускной способности поездами категорий, отличных от расчетной, пар поездов/сут;

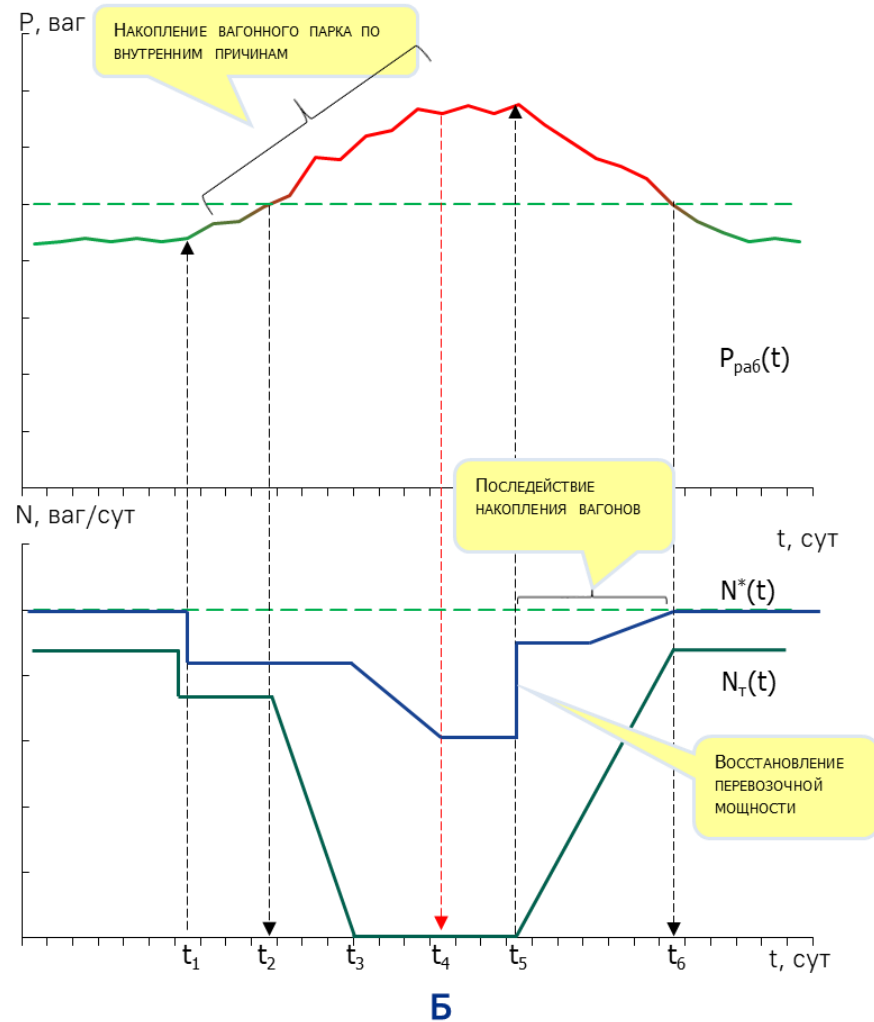
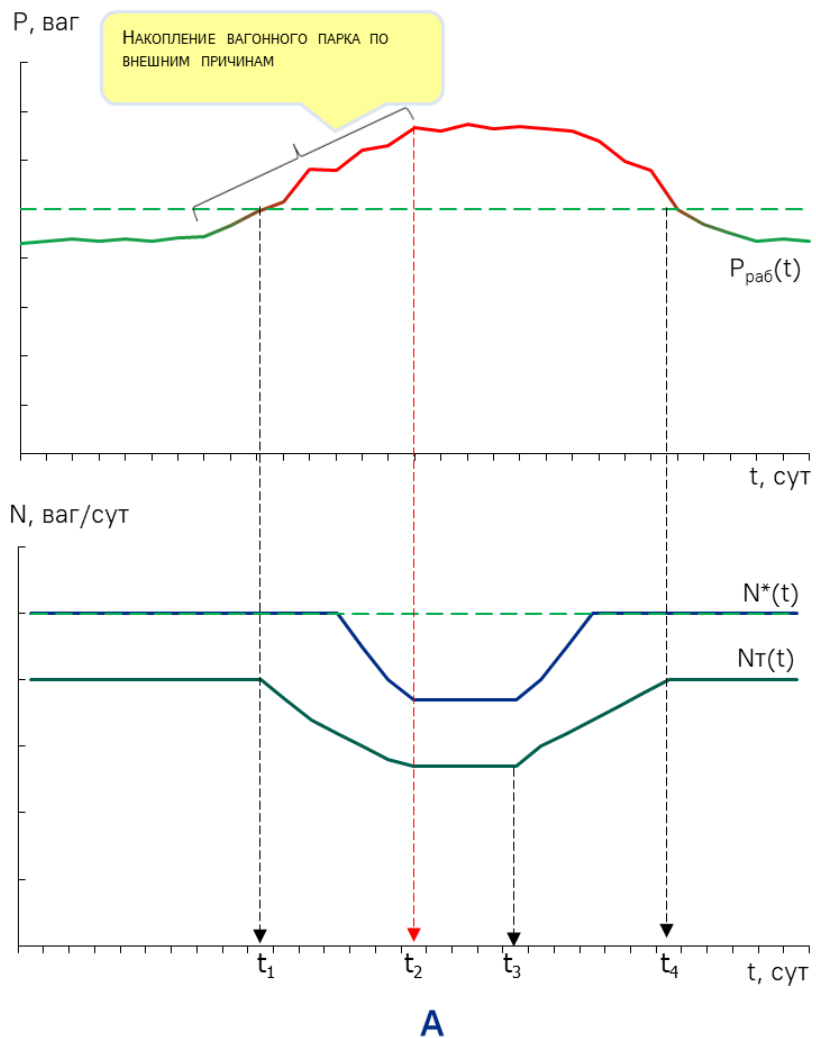


Рисунок 8 – Посуточная динамика рабочего парка вагонов $P_{\text{раб}}(t)$, результирующей пропускной способности $N^*(t)$ и технически допустимого (без задержек по неприёму поездов) вагонопотока $N_T(t)$ при затруднениях, вызванных внешними (А) и внутренними (Б) причинами

Таблица 1 – Классификация мер воздействия на неравномерность транспортных процессов в условиях истощения инфраструктурных и графиковых ресурсов

Меры воздействия	Содержание мер	Влияние на элементы расчета						
		$n_{пн}$	$\Delta n_{съема}$	$\Delta n_{пер}$	n^*	Γ	$\Delta \Gamma$	Γ^{**}
1. Реконструктивные	1.1. Увеличение наличной пропускной способности перегонов, внутриузловых ходов и соединительных ветвей	↑			↑			↑
	1.2. Реконструкция промежуточных станций, обеспечивающая снижение потерь пропускной способности с пропуском поездов заданных (в том числе гибких) норм массы и длины составов		↓		↑	↑		↑
2. Технологические	2.1. Снижение потерь пропускной способности из-за влияния смежных устройств путём трансформации потоковой структуры и графика движения						↓	↑
	2.2. Освоение пикового поездообразования за счет гибких (в сторону увеличения) норм массы и длины поездов			↓	↑	↑		↑
	2.3. Применение вариантных путей пропуска поездов и непарности движения				↑		↓	↑
	2.4. Технология организации вагонопотоков в поезда на инфраструктурах общего и необщего пользования, обеспечивающая эффективное использование лимитирующих транспортных объектов					↑	↓	↑
3. Организационно-технические	3.1. Согласованное оперативное планирование и заадресовка груженых и порожних вагонов в соответствии с доступными инфраструктурными и графиковыми ресурсами			↓	↑		↓	↑
	3.2. Структура оперативного управления движением, обеспечивающая минимум потерь времени и затрат на координацию решений на стыках управляющих звеньев			↓	↑		↓	↑
4. Комплексные	4.1. Уменьшение коэффициентов съема пропускной способности поездами различных категорий		↓		↑			↑
	4.2. Создание и использование регулирующих емкостей станционных парков на железнодорожных инфраструктурах общего и необщего пользования			↓	↑		↓	↑
	4.3. Технология тягового обслуживания, обеспечивающая реализуемость рассчитываемой системы поездной работы			↓	↑		↓	↑

$\Delta n_{\text{необх}}$ – снижение пропускной способности по технически допустимому коэффициенту заполнения, пар поездов/сут; $\Delta n_{\text{нер}}$ – снижение пропускной способности по коэффициенту неравномерности грузового движения, пар поездов/сут. При этом реализуемая пропускная способность, пар поездов/сут,

$$n_p = n^* + \Delta n_{\text{нер}}. \quad (5)$$

Учет влияния эксплуатационных факторов при определении провозной способности определяет соотношение

$$\Gamma^{**} = \Gamma - \Delta\Gamma, \quad (6)$$

где Γ – результирующая провозная способность полигона, млн. тонн/год, определяемая в зависимости от значений n^* ; $\Delta\Gamma$ – часть провозной способности, учитывающая влияние смежных участков (объективные потери из-за структуры корреспонденций), млн. тонн/год; Γ^{**} – результирующая провозная способность с учетом ограничений на пути следования транспортного потока, млн. тонн/год.

Разработаны классификация мер воздействия на неравномерность транспортных процессов в условиях исчерпания инфраструктурных и графиковых ресурсов, исходя из оценки их влияния на расчётные элементы использования пропускной и провозной способности, а также технология расчётов по обоснованию применения этих мер на основе имитационного макро моделирования работы железнодорожных полигонов и крупных узлов.

В пятой главе диссертационного исследования сформулирован порядок применения, эффективность и перспективы развития разработанных научно-методических решений.

Разработаны постановки задач автоматизации расчетов возможностей инфраструктуры на основе указанных методических решений. Функциональная архитектура АС ПРОГРЕСС.РВИ представлена на рисунке 9.

Результаты расчетов возможностей элементов железнодорожной инфраструктуры используются: при ежемесячном техническом нормировании эксплуатационной работы (в части нормирования объемов перевозок по направлениям, передачи поездов и вагонов, размещения вагонных парков различных категорий);

при динамическом моделировании загрузки инфраструктуры ОАО «РЖД» в целях применения расчетных параметров автоматизированной системе «Динамическая модель загрузки инфраструктуры», используемой при согласовании заявок на перевозку грузов (в части принятия решения о согласовании заявки либо в полном объеме, либо на условиях договора о размещении вагонов на путях общего пользования в пути следования без прерывания договора перевозки, либо об изменении даты подачи вагонов или направлений следования).

Дальнейшим развитием полученных в Диссертации результатов должны стать автоматизация расчета нормативного наличия парка груженых и порожних вагонов на железнодорожных путях общего пользования, принадлежащих ОАО «РЖД», и примыкающих к ним путям необщего пользования, следующих в установленных назначениях.

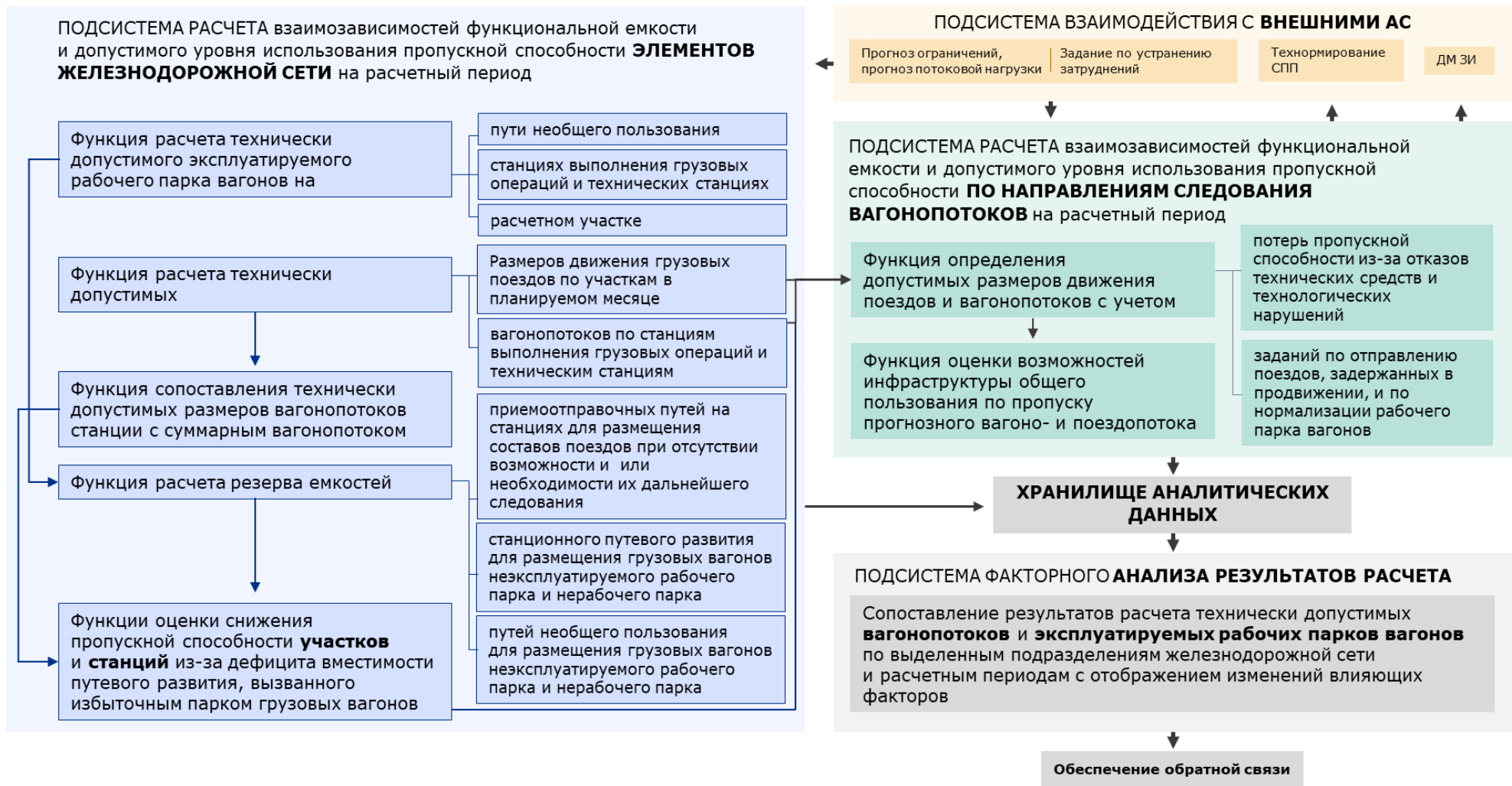


Рисунок 9 – Функциональная архитектура АС ПРОГРЕСС.РВИ

Заключение

1. На основе исследования диапазонов изменения факторов снижения участковой скорости грузовых поездов и использования локомотивов грузового движения из-за наличия избыточных вагонных парков модернизированы положения методики анализа динамики процессов и показателей эксплуатационной работы и взаимозависимостей их изменения в условиях снижения манёвренности подразделений железнодорожной сети с использованием информационных ресурсов ОАО «РЖД».

2. Разработаны методические решения по расчёту взаимозависимостей функциональной ёмкости и допустимого уровня использования пропускной способности элементов железнодорожной сети и направлений следования вагонопотоков для динамического планирования грузовых перевозок и технического нормирования эксплуатационной работы.

3. Разработаны классификация мер воздействия на неравномерность транспортных процессов в условиях исчерпания инфраструктурных и графиковых ресурсов, исходя из оценки их влияния на расчётные элементы использования пропускной и провозной способностей, а также технология расчётов по обоснованию применения этих мер на основе имитационного макромоделирования работы железнодорожных полигонов и крупных узлов с использованием системы ИМЕТРА.

4. Разработаны постановки задач автоматизации расчётов возможностей железнодорожной инфраструктуры на основе указанных методических решений. Дальнейшим развитием полученных в диссертации результатов должны стать автоматизация расчета нормативного наличия парка груженых и порожних вагонов на железнодорожных путях общего пользования, принадлежащих ОАО «РЖД», и примыкающих к ним путям необщего пользования, следующих в установленных назначениях.

Основное содержание работы изложено в следующих публикациях:

В изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Повышение и использование перевозочной мощности полигонов сети: эффективные стратегия и тактика / А. Ф. Бородин, В. В. Панин, Е. А. Лаханкин [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 7. – С. 8-16.;

2. Оценка баланса провозной способности полигонов сети железных дорог / А. Ф. Бородин, В. В. Панин, М. А. Агеева [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2022. – Т. 81. – № 2. – С. 158-169.

В других изданиях:

3. Кравченко, А. А. Разработка научно-методических решений в области обеспечения манёвренности подразделений железнодорожной сети / А. А. Кравченко // Фёдор Петрович Кочнев - выдающийся организатор транспортного образования и науки в России: Труды международной научно-практической конференции, Москва, 22–23 апреля 2021 года / Отв. редактор А.Ф. Бородин, сост. Р.А. Ефимов. – Москва: Российский университет транспорта, 2021. – С. 123-127.;

4. Кравченко, А. А. Методические подходы к оценке маневренности подразделений железнодорожной сети и ее обеспечению / А. А. Кравченко // Тихомировские чтения: Синергия технологии перевозочного процесса: Материалы Международной научно-практической конференции, Гомель, 10–11 декабря 2020 года / Под общей редакцией А.А. Ерофеева. – Гомель: Учреждение образования "Белорусский государственный университет транспорта", 2021. – С. 197-199.;

5. Методы гибридной технологии имитационного моделирования при выборе вариантов реконструктивных мероприятий по развитию железнодорожных направлений и крупных узлов / А. Ф. Бородин, А. А. Кравченко, К. Ю. Николаев [и др.] // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2021): Труды Четырнадцатой международной конференции, Москва, 27–29 сентября 2021 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2021. – С. 963-971;

6. Кравченко, А. А. Влияние избыточных вагонных парков на эффективность и результативность работы железнодорожной сети / А. А. Кравченко // Бюллетень учёного совета АО «ИЭРТ» за 2022 год. — М.: ИЭРТ, 2023. — Вып. 8. — Том 2 С. 59-71.

Основные положения и результаты исследований самостоятельно получены автором. Статьи [3,4,6] подготовлены единолично. Личный вклад автора диссертации в рамках публикаций [1,2,5], подготовленных в соавторстве: изменение показателей при затруднениях, вызванных внутренними и внешними причинами [1], исследование мер воздействия на неравномерность транспортных процессов в условиях исчерпания инфраструктурных и графиковых ресурсов [2], надежность работы и маневренность подразделений железнодорожной сети [5].

Кравченко Артем Андреевич

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАНЁВРЕННОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки)

2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки) Подписано в печать 30.10.2023

Формат 60×84 1/16

Усл.печ.л 1,4.

Тираж 100 экз.

Заказ 844.

Издательство УрГУПС, 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66