

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

На правах рукописи

Сайбаталов Рашид Фердаусович



**МЕТОДЫ УСТРАНЕНИЯ ЗАТРУДНЕНИЙ В РАБОТЕ
ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ**

05.22.08. — Управление процессами перевозок (технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
Бородин Андрей Федорович
доктор технических наук,
профессор

Екатеринбург - 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1 Теория и практика организации эксплуатационной работы железных дорог в затрудненных условиях.....	13
1.1 Анализ теоретических исследований по проблеме оценки емкости и пропускной способности железнодорожной инфраструктуры.....	13
1.2 Развитие методов регулирования железнодорожных перевозок.....	26
1.3 Развитие методологии расчетов и зарубежные исследования.....	38
1.4 Выводы по главе 1.....	43
2 Исследование взаимозависимостей технологических параметров работы полигонов железнодорожной сети в затрудненных условиях.....	44
2.1 Пути решения проблемы устранения затруднений в работе полигонов железнодорожной сети. Постановка задачи исследования....	44
2.2 Современные факторы, влияющие на уровень заполнения путевого развития полигонов сети вагонным парком.....	49
2.3 Рациональные соотношения вместимости путевого развития полигонов железнодорожной сети и парка грузовых вагонов.....	54
2.4 Влияние уровней заполнения путевого развития вагонным парком на использование пропускной способности станций и участков.....	67
2.5 Влияние уровней заполнения путевого развития вагонным парком на показатели эксплуатационной работы.....	75
2.6 Влияние уровней заполнения путевого развития вагонным парком на потребность в локомотивах и локомотивных бригадах грузового движения.....	83
2.7 Динамика развития затруднений в эксплуатационной работе при нарушении рациональных соотношений вместимости путевого развития полигонов железнодорожной сети и парка грузовых вагонов.....	90

2.8 Выводы по главе 2.....	92
3 Методы, основанные на изменении внешних условий эксплуатационной работы полигонов сети железных дорог, испытывающих затруднения.....	96
3.1 Основные положения.....	96
3.2 Регулирование погрузки и подвода вагонов к пунктам назначения.	106
3.3 Регулирование организации и направления транзитных вагонопотоков.....	114
3.4 Регулирование размещения парков порожних вагонов.....	117
3.5 Выводы по главе 3.....	122
4 Методы, основанные на интенсификации работы полигонов сети железных дорог, испытывающих затруднения.....	125
4.1 Основные положения.....	125
4.2 Интенсификация вывоза поездов с сортировочных и грузовых станций.....	132
4.3 Интенсификация выгрузки и развоза местного груза.....	135
4.4 Интенсификация маршрутных перевозок.....	136
4.5 Выводы по главе 4.....	136
5 Применение, эффективность и перспективы развития разработанных научно-методических решений.....	138
5.1 Применение разработанных научно-методических решений в рамках полигонных принципов управления эксплуатационной работой.....	138
5.2 Применение и эффективность методики расчета показателей работы вагонных парков.....	146
5.3 Перспективы развития разработанных научно-методических решений. Вариантные технологические режимы работы полигонов железнодорожной сети.....	170
5.4 Выводы по главе 5.....	173

Заключение.....	175
Список использованных источников.....	178
Приложение А. Технологический дефицит вагонного парка и пути его преодоления.....	191
Приложение Б. Результаты расчетов по оценке влияния избыточного вагонного парка на работу сети ОАО «РЖД».....	196

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Долгосрочная программа развития ОАО «Российские железные дороги» [1], утвержденная Правительством Российской Федерации, призвана обеспечить роль РЖД «как одного из ключевых драйверов и гарантов развития, а также ведущего игрока в мировой транспортной логистике» [2].

Важнейшими инструментами достижения поставленных целей являются развитие полигонных технологий, сбалансированный подход к организации и проведению ремонтных работ на инфраструктуре, развитие цифровой модели организации перевозочного процесса [3 – 4].

Стратегия клиентоориентированности и внутренней эффективности холдинга «Российские железные дороги» требует дальнейшего развития решения крупных производственных задач [5 – 7], направленных:

- на расширение доходов за счет развития продуктовой линейки и индивидуального подхода к пользователям услуг железнодорожного транспорта;
- на снижение прямых производственных расходов по перевозочной деятельности;
- на предотвращение потерь доходов, в том числе из-за недостаточного качества транспортного обслуживания и отказа части пользователей от услуг железнодорожного транспорта;
- на повышение результативности проводимых инвестиционных мероприятий.

Существенные потери в эксплуатационной работе имеют место при возникновении затруднений, вызываемых несоответствием:

- транспортных потоков – пропускной и перерабатывающей способности элементов железнодорожной инфраструктуры;
- вагонных парков – вместимости путевого развития;
- тяговых ресурсов – предъявляемым объемам поездной и маневровой

работы в условиях постоянных и временных инфраструктурных ограничений.

Чтобы свести к минимуму указанные потери, необходимо раскрытие закономерностей возникновения и развития эксплуатационных затруднений, и на этой основе – разработка продуктивных научных рекомендаций по их предотвращению, а в случае возникновения – по преодолению в минимальные сроки с минимальными отрицательными последствиями.

Данная проблема может утратить актуальность только в случае создания крупных резервов мощности инфраструктуры и всех перевозочных ресурсов, что теоретически возможно лишь за счет значительных некупаемых инвестиций на их создание и прямых производственных расходов на их обслуживание.

Степень разработанности темы исследования. Научно-методической базой настоящего исследования являются труды отечественных и зарубежных научных школ, и коллективов в области эксплуатации железнодорожного транспорта, и прежде всего:

– в области пропускной и провозной способности железных дорог – А.Н. Фролова, К.Ю. Цеглинского, А.Н. О'Рурка, Ф.П. Кочнева, Л.К. Ахрамовича, А.М. Макаровича, Ю.В. Дьякова, А.П. Батурина, В.А. Шарова;

– в области пропускной и перерабатывающей способности железнодорожных станций и железнодорожных путей необщего пользования – Б.А. Длугача, И.Г. Суязова, Г.А. Мухамедова, И.И. Кукушкина, Е.В. Архангельского, А.Ф. Бородина;

– в области оперативного планирования и регулирования поездной и грузовой работы железных дорог – И.И. Васильева, А.Н. О'Рурка, В.И. Балча, А.П. Петрова, Е.М. Тишкина, В.С. Климанова, В.М. Макарова, Д.Ю. Левина;

– в области управления эксплуатацией локомотивов – В.И. Некрашевича, В.Н. Ковалева, Н.И. Капустина;

– в области рационального соотношения вместимости путевого развития и рабочего парка вагонов – М.Н.Кудрявцева, В.И. Аксенова, И.Б. Сотникова, А.А. Выгнанова, Р.И. Шариповой, Е.А. Сотникова, Ф.В. Бахадирова, Р.В. Лолуа, Д.Ю. Левина, А.Ф. Бородина;

– в области методов моделирования работы железнодорожного транспорта – П.А. Козлова, А.Э. Александрова, Н.А. Тушина, Е.Н. Тимухиной, В.Ю. Пермикина, Н.В. Кащеевой, В.С. Колокольникова, Е.А. Сотникова, К.К. Таля, В.П. Козловой, А.С. Мишарина, О.В. Осокина и др.

В то же время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по разработке и применению комплексных методов устранения затруднений в эксплуатационной работе в современных условиях функционирования полигонов отечественной железнодорожной сети.

Областью исследования являются планирование, организация и управление транспортными потоками, технология транспортных процессов.

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

Предметом исследования являются методы устранения затруднений в эксплуатационной работе на основе оценки динамики перемещения вагонных парков и заполнения емкостей путевого развития полигонов железнодорожной сети.

Целью исследования является разработка научно-методических решений, обеспечивающих повышение технологической эффективности использования железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава на основе комплекса методов устранения затруднений в эксплуатационной работе полигонов железнодорожной сети, в том числе в условиях накопления избыточного вагонного парка.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

– систематизация факторов, влияющих на уровень заполнения путевого развития полигонов сети вагонным парком;

– исследование динамики развития затруднений в эксплуатационной работе при нарушении рациональных соотношений вместимости путевого развития полигонов железнодорожной сети и парка грузовых вагонов;

– классификация технологических решений по устранению затруднений в эксплуатационной работе полигонов железнодорожной сети и разработка методических положений для их обоснования;

– разработка рекомендаций по практическому применению разработанных теоретических положений при внедрении полигонных технологий управления эксплуатационной работой и вариантных технологических режимов.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке новой научной идеи комплексного устранения затруднений в эксплуатационной работе в современных условиях функционирования полигонов отечественной железнодорожной сети, для чего:

– разработана методика оценки влияния избыточного вагонного парка на уровни и качество использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов, основанная на результатах имитационного моделирования эксплуатационной работы;

– предложена классификация методов устранения затруднений в эксплуатационной работе, предусматривающая методы интенсификации работы полигонов сети железных дорог и методы изменения внешних условий их функционирования;

– разработана методика расчетов по устранению затруднений в эксплуатационной работе полигонов сети железных дорог на основе моделирования динамики рабочих парков вагонов;

– сформулирован оригинальный подход к формализации задачи оценки показателей управления консолидированными парками универсальных грузовых вагонов с применением взаимосвязанных сетевых потоковых моделей железнодорожной сети и сети назначений плана формирования поездов.

Теоретическая и практическая значимость. Сформулированные в диссертации научные выводы, теоретические и практические результаты могут быть использованы для повышения эффективности организации эксплуатационной работы и дальнейшего совершенствования методов управления процессом перевозок.

Применение результатов позволяет снизить потери в использовании железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава, за счет этого уменьшить непроизводительные прямые расходы как ОАО «РЖД», так и операторов подвижного состава и грузовладельцев, а также предотвратить избыточные инвестиционные мероприятия.

Методы исследования, использованные в диссертации:

- изучение и анализ отечественных и зарубежных научных разработок по вопросам регулирования железнодорожных перевозок, оценки емкости и пропускной способности железнодорожной инфраструктуры;
- статистические методы обработки данных;
- структурно-функциональный анализ;
- методы математического моделирования работы полигонов железнодорожной сети;
- методы технико-экономического сопоставления вариантов.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

- уточненная трактовка понятия затруднения в эксплуатационной работе железных дорог и расширенная классификация методов регулирования движения;
- методика оценки влияния избыточного вагонного парка на эффективность и результативность перевозочного процесса, обеспечивающая расчет потерь в использовании подвижного состава и пропускной способности инфраструктуры при затруднениях в эксплуатационной работе;
- методика расчетов по устранению затруднений в эксплуатационной работе, обеспечивающая выбор комплексных мер по интенсификации работы полигонов сети железных дорог и изменению внешних условий их функционирования;
- технологические решения по применению разработанных методических положений при внедрении полигонных технологий управления эксплуатационной работой.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационного исследования реализованы:

– в «Методике расчета показателей работы вагонных парков, позволяющих осуществлять мониторинг, анализ и оценку влияния избыточности парков на эффективность и результативность работы сети», утвержденной распоряжениями ОАО «РЖД» от 18.03.2014 г. № 698р и от 12.11.2015 г. № 2668р;

– при проектировании Автоматизированной системы прогноза ресурсов сети (АС ПРОГРЕСС) (подсистема моделирования работы вагонных парков на инфраструктуре ОАО «РЖД» ПРОГРЕСС-3 – очередь 2014 г.), принятой в промышленную эксплуатацию в ОАО «РЖД» (акт № ГВЦ-169 от 28.11.2014 г.);

– при разработке и внедрении организационных и технологических мероприятий по устранению затруднений в эксплуатационной работе и совершенствованию перевозочного процесса на железнодорожной сети ОАО «РЖД».

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов подтверждается расчетами на аналитических и имитационных моделях, корректной логикой построения исследования, а также результатами практического внедрения.

Апробация работы. Результаты исследований, составляющих основное содержание работы, доложены на третьей научно-технической конференции с международным участием «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2014) Москва, Россия, 18 ноября 2014 г.; международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы транспорта и управления перевозочным процессом», посвященной 60-летию основания кафедры «Управление эксплуатационной работой» БелИИЖТа-БелГУТа, Беларусь, Гомель, 09 – 10 октября 2015 г.; сетевом совещании «Современные методы управления вагонными парками», Тюмень, Тобольск, 19-20 февраля 2015 г.; сетевом совещании «Переход к планированию и организации движения поездов на полигонах сети (управление тяговыми ресурсами, организация местной работы, работы вагонных парков, соблюдение сроков доставки грузов)», г. Иркутск, 18 – 19 февраля 2016 г.; заседании Объединенного ученого совета ОАО

«РЖД» 31 января 2019 г.; расширенном заседании кафедры «Управление эксплуатационной работой» УрГУПС 25 ноября 2020 г.

Публикации. Материалы, отражающие основные положения диссертационной работы, изложены в 10 печатных работах [94, 100, 114 – 121], в том числе 5 в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ [100, 114 – 117].

Основные положения и результаты исследований самостоятельно получены автором. Статьи [114 – 117] подготовлены единолично.

По работам, опубликованным в соавторстве, научным руководителем профессором А.Ф. Бородиным [100, 118, 119] разработана методология определения минимального допустимого значения коэффициента манёвренности железнодорожного полигона; оценки влияния уровней организации транспортных потоков на показатели взаимодействия полигонов, подхода к понятию вариантных технологических режимов. Доцентом МИИТа Е.В. Бородиной [119] сформулирована постановка задачи обоснования эффективных параметров комплексной технологии транспортных узлов. В работах [94, 120–121] А.Ф. Бородиным, к.т.н. В.В. Паниным и инж. Е.А.Лаханкиным сформулированы основные положения, приоритеты развития и алгоритмические принципы решения задач, к.т.н. Е.С. Прокофьевой – предложения по оценке эффективности использования грузовых вагонов, инж. Е.В. Паниным – решения по развитию интерфейсного пространства.

Автором настоящей диссертации в рамках публикаций [100, 118,119] разработаны методические положения по применению регулировочных мер повышения манёвренности железнодорожного полигона, оценке технологической эффективности консолидации управления парками грузовых вагонов [100]; расчету показателей работы при избыточности вагонных парков [118], количественному обоснованию параметров вариантных технологических режимов [100,118]; предложения по диспетчерскому руководству и информационному взаимодействию в рамках развития полигонных принципов управления [119], анализ эксплуатационных затруднений и взаимозависимости

параметров работы полигонов железнодорожной сети при их устранении [94, 120 – 121].

ГЛАВА 1. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ В ЗАТРУДНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

1.1 Анализ теоретических исследований по проблеме оценки емкости и пропускной способности железнодорожной инфраструктуры

Один из основоположников науки об эксплуатации железных дорог профессор И.И. Васильев ([8], с. 8), анализируя основы организации перевозочного процесса, делал вывод, что «наука организации перевозок должна не только охватывать все многочисленные и разнообразные элементы перевозочного процесса и весь их комплекс, но должна быть многогранна и диалектична».

В работе [9] рассмотрены четыре основные ситуации, вызывающие избыточное накопление вагонов на железнодорожной инфраструктуре:

1) поступление местных вагонов сверх перерабатывающей способности станций выгрузки;

2) поступление транзитных вагонов сверх пропускной и (или) перерабатывающей способности участков и (или) станций;

3) снижение уровня использования пропускной и перерабатывающей способности инфраструктуры из-за ремонтно-строительных работ, снижения надежности работы технических средств, неблагоприятных метеоусловий, нарушений в управлении работой станций и участков;

4) комбинированное действие трех указанных причин.

В соответствии с этим следует рассмотреть историю развития исследований:

– методов оценки емкости и пропускной способности железнодорожной инфраструктуры;

– методов регулирования железнодорожных перевозок;

– методологии выполнения расчетов и зарубежных исследований.

Возможности освоения перевозок характеризуются не только пропускной способностью железнодорожной инфраструктуры и ее элементов, но и путевым развитием. Поэтому работникам, организующим движение, надо знать, сколько подвижного состава можно разместить на путях.

В книге [10] разделены понятия вместимости станции в целом, каждого ее парка и пути в отдельности «в количестве нормальных (2-х осных) товарных вагонов» и емкости станции, понимаемой как «предельное количество нормальных вагонов, при каком станция может работать по движению поездов нормально, не испытывая особых затруднений». При этом емкость станции рекомендовалось определять «без принятия в расчет главных и предназначенных для движения пассажирских поездов, а равно всех тракционных, ходовых, вытяжных, весовых, предохранительных путей, а также и путей отдела Пути, Материального, посторонних ведомств и закрытых путей, причем емкость приемочно-сортировочных путей рассчитывается по обращающимся на данном участке предельным по длине составам товарных поездов (если путь короче – принимается в расчет его полезная длина) и в отношении сортировочных путей принимается в расчет лишь 60% их полезной длины». Указывалось также, что не следует «смешивать емкость станции с пропускной ее способностью».

В Инструкции по расчету наличной пропускной способности железных дорог [11], как и в ее предыдущих изданиях ([12] и др.), предписывается для всех станций, кроме пассажирских и промежуточных, определять вместимость их путевого развития:

- общую в вагонах;
- приемо-отправочных путей в поездах и в вагонах;
- сортировочных путей в вагонах.

Анализ положений инструкции [11, 12] показывает, что по существу понятие «вместимость путевого развития» в ней тождественно понятию «ёмкость путевого развития» в работе [10], причем понятие «емкость» по своей физической сущности является более содержательным (в сравнении с вместимостью станционных путей в условных вагонах, указываемой в техниче-

распорядительных актах железнодорожных станций).

Вопросы взаимосвязи потребной пропускной способности участков с определением количества вагонов и локомотивов по провозной способности железной дороги с выводом соответствующих формул рассмотрены в работе [13] для расчета «по грузообороту за самый деятельный месяц» ([13], с. 245) и по норме пробега паровозов в грузовом движении 3000 верст в месяц, а в пассажирском движении – 5000 верст в месяц.

В работах [13] и более поздних [14] провозная способность железнодорожной линии определялась как «величина переменная, увеличивающаяся с увеличением количества паровозов и вагонов, и уменьшающаяся с их уменьшением». В работе ([14], с. 89 – 90) отмечено: «Проф. А.Н. Фролов называет провозной способностью мощность дороги, зависящую от подвижных элементов, т. е. паровозов и вагонов».

Обращалось внимание, что провозная способность может зависеть от ограничения по топливно-энергетическим ресурсам и, кроме того, при избытке подвижного состава объем перевозок ограничивается пропускной способностью железных дорог. Таким образом, в указанной работе, как и во многих других, не принимается во внимание, что избыток подвижного состава ухудшает использование железнодорожной инфраструктуры, и эффективное использование наличной пропускной способности становится недостижимым.

Заметим, что в современной научно-технической и учебной литературе ([15] и др.) провозной способностью линии называют по сути пропускную способность, только исчисляемую не в поездах (парах поездов) в сутки, а в миллионах тонн нетто в год в грузовом направлении (направлении следования преобладающего грузопотока). Методика определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования, утвержденная Минтрансом России в 2018 году, сохраняет такой же принцип определения провозной способности железнодорожного участка, учитывая при этом средневзвешенную массу брутто грузовых поездов и отношение массы состава нетто к массе состава брутто (с учетом порожнего

вагонопотока, следующего в грузовых поездах) в грузовом направлении [16].

При этом провозная способность, как и пропускная, рассматривается в качестве не переменной (зависящей от перевозочных ресурсов), а постоянной (зависящей от инфраструктуры) величины.

Связано это, в частности, и с тем, что методически сложно определить провозную способность участка или направления по перевозочным средствам (подвижной состав, локомотивные бригады, топливно-энергетические ресурсы), когда последние не привязаны к участкам, а обращаются на больших сетевых полигонах (в современных условиях в отличие от периода научной деятельности проф. А.Н. Фролова).

Различными исследователями были рекомендованы разные соотношения вместимости станционных путей и рабочего парка вагонов. В работах [17, 18, 19] указанные значения составляют от 2,5 до 3,5 по развернутой длине станционных путей. В работе [20] предельная величина вагонного парка рекомендована на уровне 3,5 – 4 вагонов на 1 км развернутой длины главных и станционных путей.

Д.т.н. В.П. Парфеновым [21] предложено оценивать степень использования станционных путей показателем

$$l_{\text{пр}} = \frac{L}{V_{\text{пр}}} = V_{\text{пер}} + 0,33V_{\text{тр}} + 1,65V_{\text{пв}}, \quad (1.1)$$

где L – полная длина путей станции, км;

$V_{\text{пер}}, V_{\text{тр}}, V_{\text{пв}}$ – число вагонов в двухосном исчислении, прибывающих на станцию в средние сутки месяца максимальных перевозок, соответственно транзитных с переработкой, транзитных без переработки и местных.

В работе [21] предложены также показатели

$$\alpha_c = \frac{L}{\sum l_{\text{плз}}}; \quad (1.2)$$

$$\gamma = \frac{E_{\phi}}{E_p}, \quad (1.3)$$

где $\sum l_{\text{плз}}$ – суммарная полезная длина приемоотправочных и сортировочных путей, требующаяся по расчёту для заданных размеров работы станции, км;

E_{ϕ} – фактическая вместимость указанных путей;

E_p – рабочий парк вагонов на станции.

Рассмотренные показатели позволили выявить несоответствие существующих и типовых схем и путевого развития станций условиям их работы. Таким образом, в работах В.П.Парфенова, П.В. Бартенева [22] вопрос вместимости станционных путей рассматривался в ракурсе анализа проектов, не оценивая при этом работу станций во взаимодействии с прилегающими участками железных дорог.

Инженером В.И. Седовым [23] были сформулированы следующие положения по определению нормально допустимого заполнения вагонами станций, участков и железных дорог. Станционные пути подразделяются на учитываемые и не учитываемые при расчётах. Допустимое заполнение устанавливается из расчёта оставления в приемоотправочных парках по одному свободному пути для каждого однопутного подхода к станции и по два пути – для каждого двухпутного подхода, в сортировочных парках – заполнение вагонами на 65-70% полезной длины.

К.т.н. И.Я. Аксенов [24] предложил устанавливать три категории ёмкости железных дорог и их подразделений: графиковую, максимальную и критическую. Графиковая ёмкость отражает наличие вагонов на станциях и участках при работе по нормативному графику движения поездов

$$E_{\text{гр}} = \frac{n_{\text{гр}} m_{\text{ср}} t_{\text{ср}}}{24}, \quad (1.4)$$

где $n_{\text{гр}}$ – графиковые размеры грузового движения, поездов/сут;

$m_{\text{ср}}$ – средний состав поезда, вагонов;

$t_{\text{ср}}$ – среднее время нахождения вагонов на станции (в поездах на участке), ч.

Максимальная ёмкость исчисляется по такой же формуле, исходя из размеров движения грузовых поездов по максимальному графику, соответствующему пропускной способности. Критическая ёмкость вычисляется по приемоотправочным и сортировочным путям; при этом число приемоотправочных путей рекомендовано принимать за вычетом одного пути на каждое примыкающее к станции направление

$$E_{\text{пр}}^{\text{к}} = (\Pi_{\text{пр}} - a_{\text{н}})m_{\text{ср}}, \quad (1.5)$$

где $\Pi_{\text{пр}}$ – число приемоотправочных путей;

$a_{\text{н}}$ – число примыкающих к станции направлений.

Критическую ёмкость сортировочных путей экспертно рекомендовано принимать на уровне 50% их вместимости.

К.т.н. В.И. Аксенов [25] предложил классификацию емкостей подразделений железных дорог:

1) нормально используемую емкость, определяемую по нормативному графику движения поездов или по его вариантам по формуле, аналогичной (1.5);

2) резервную емкость – разность между максимальной и нормально используемой, которую можно использовать в случае увеличения объёмов работы;

3) максимальную емкость, устанавливаемую для приемо-отправочных парков

$$E_{\text{max}}^{\text{ПО}} = m_{\text{ср}}\Pi_{\text{пр}} \left(1 - \frac{b}{t+b}\right), \quad (1.6)$$

где b – период между занятием пути двумя поездами, необходимый для отправления одного поезда и приёма другого;

t – время стоянки поезда.

Для сортировочного парка в работе [25] предложено считать максимальной ёмкостью вместимость всех его путей в вагонах. Все расчёты предлагается проводить по нормативным данным, без учёта неравномерности поездопотоков и станционных процессов, что не соответствует реальным условиям работы станций.

Только в период широкого применения математических методов и ЭВМ в эксплуатации железных дорог развернулось масштабное изучение указанных условий и их влияния на определение емкости путевого развития железных дорог.

Так, в исследовании [26] на основе системной методики расчетов по выбору оптимального режима работы сортировочной станции, учитывающей взаимодействие внутростанционных процессов между собой и с прилегающими участками [27], выполнены многовариантные расчеты на ЭВМ ЕС-1033, выведено соотношение

$$\alpha = (l_{\text{ст}} / l_{\text{ваг}}) \Pi / P^*_{\text{раб}} \quad (1.7)$$

где $l_{\text{ст}}$ – длина станционного пути, м;

$l_{\text{ваг}}$ – длина вагона, м;

Π – число путей на станции;

$P^*_{\text{раб}}$ – рабочий парк вагонов при работе станции в оптимальном режиме, вагоно-сут.

При этом получены следующие выводы и результаты.

1) Соотношение α длины станционных путей в основных парках и средней длины вагонов рабочего парка, находящихся на этих путях, рассчитанное при норме полезной длины путей 850 м и 50 вагонов в составе поезда и оптимальных (по критерию минимума приведенных отраслевых затрат) параметрах – количестве маневровых локомотивов, штате бригад технологической обработки составов в парках станции, распределении работы между ними – составляет 3,2 – 3,3 для сортировочных и 3,2 – 3,6 для участковых станций (меньшие значения

относятся к обрабатываемому потоку 100 составов/сут, а большие – 50 составов/сут). С учетом конструкции горловин и прочих станционных путей рекомендовано $\alpha = 4$ [15].

2) Обоснована необходимость перспективного планирования соотношения длины путей и рабочего парка вагонов отдельно для укладки новых путей на существующих станциях (исходя из превышения полной длины путей над полезной в 1,15 раза) и для строительства новых станций (исходя из превышения полной длины путей над полезной в 1,3 раза с учетом укладки горочных, ходовых, объездных и других путей).

3) Установлено, что требуемое соотношение между емкостью станционных путей и рабочим парком вагонов мало зависит от массы поездов и соответственно от полезной длины станционных путей; при этом данное соотношение зависит от характера неравномерности появления составов в парке, и от условий организации вывоза готовых поездов.

4) На перспективу необходимо планировать общую протяженность станционных путей, которые должны быть построены, а каким способом увеличить эту протяженность – удлинением путей или укладкой дополнительного числа путей – следует решать применительно к условиям работы каждого железнодорожного направления в отдельности.

5) Правильное распределение лимитов в пределах каждой станции должно предусматривать создание резерва путей на станции в первую очередь не в парках приема, а в парках отправления для размещения готовой продукции станции – готовых к отправлению составов – и обеспечения бесперебойной работы станции в случаях невывоза поездов.

Для организации работы железных дорог по регулированию вагонных парков необходимо знать возможности полигонов железных дорог по их размещению. В работе [28] установлено, что следует вычислять не функции:

$$t = f(N); \quad (1.8)$$

$$N = f(R), \quad (1.9)$$

где t – время нахождения вагонов на станции, ч;

N – размеры вагонопотока, вагонов/сут;

R – вектор-функция, характеризующая путевое развитие и техническое оснащение станции,

а функции:

$$t = f(N, P); \quad (1.10)$$

$$N = f(R, P), \quad (1.11)$$

где P – рабочий парк станции, вагоно-сут.

До тех пор, пока величина рабочего парка соответствует возможностям станции по размещению на ней вагонов, величину P можно не учитывать. Так и принято в существующих нормативно-методических документах [29, 30]. Но в случаях, когда рабочий парк перестаёт соответствовать вместимости путей и пропускная способность станции начинает снижаться, перестают действовать и зависимости (1.8, 1.9).

Данное положение приобрело особую актуальность в современных условиях эксплуатации, когда на станциях размещают вагоны, не задействованные в перевозочном процессе, организуют отстой составов в пути следования без прерывания договора перевозки и др.

В диссертации [28] решались следующие задачи:

– определение зависимости между графической нормой длины поездов, полезной, полной и развёрнутой длиной станционных путей;

– определение рационального соотношения вместимости путей и рабочего парка вагонов для различных условий работы сортировочных и участковых станций на основе имитационного моделирования;

– оценка влияния различных значений соотношения вместимости путей и рабочего парка вагонов на задержки поездов по неприёму и на технико-

экономические показатели работы станций.

При этом [28] отмечалось, что ранее в расчётах пропускной способности станций рекомендовалось принимать заполнение сортировочных путей на уровне 60%. Анализом мощности назначений и элемента простоя под накоплением установлено, что допустимым является уровень заполнения сортировочных путей на 30 – 40% по отношению к полезной длине, что по результатам рассматриваемого исследования и было включено в инструкцию [12].

Величина коэффициента, определяющего долю возможного использования путей парка во времени,

$$\delta = \frac{nt_{\text{зан}}}{24\Pi}, \quad (1.12)$$

где $nt_{\text{зан}}$ – суммарные поездо-часы занятия путей за сутки;

Π – количество путей в парке, рекомендована по результатам многовариантного имитационного моделирования: для парков приёма $\delta_{\text{пп}} = 0,45 \div 0,55$, для парков отправления $\delta_{\text{по}} = 0,48 \div 0,59$, для транзитных парков и участковых станций $\delta_{\text{тр}} = 0,6 \div 0,7$.

Важным результатом работы [28] является порядок определения коэффициента непропорциональности путевого развития для конкретных станций, когда фактическая вместимость путей станции в целом превышает потребную для заданного объёма работы, а станция при этом не обеспечивает беспрепятственный приём поездов из-за несоответствия развития отдельных парков расчётному поездо- и вагонопотоку.

В монографии проф. Е.А. Сотникова [31] доведены до теоретического обоснования и обобщения результаты исследований на имитационных математических моделях сортировочных и участковых станций [32] и грузовых станций [33] рационального соотношения вместимости станционных путей и рабочих парков вагонов. Рациональным признано значение указанного соотношения, при котором станции обеспечивают беспрепятственный прием

поездов. Введен коэффициент вместимости

$$\varphi = (\Sigma_{\text{разв}} / l_{\text{ваг}}) / P_{\text{раб}} \quad (1.13)$$

и коэффициент

$$\eta = (\Sigma_{\text{разв}} / l_{\text{ваг}}) / (N_{\text{тр}} + N_{\text{пер}}), \quad (1.14)$$

где $\Sigma_{\text{разв}}$ – суммарная развернутая длина станционных путей, м;

$P_{\text{раб}}^*$ – рабочий парк вагонов, вагоно-сут;

$N_{\text{тр}}, N_{\text{пер}}$ – число проследующих станцию транзитных вагонов соответственно с переработкой и без переработки, вагонов/сут.

Использование в формуле (1.13) развернутой длины станционных путей обусловлено тем, что именно эти данные были в действовавшей статистической отчетности 1980-х гг. В результате были установлены рациональные соотношения φ вместимости станционных путей и парков вагонов (по развернутой длине путей):

- для сортировочных систем – 5,1;
- для участковых станций – 4,1 – 4,3;
- для грузовых и промежуточных станций – 12 (без учета железнодорожных путей необщего пользования).

Для полигонов железнодорожной сети средневзвешенное рациональное соотношение вместимости путевого развития и вагонного парка по станциям, входящим в полигон, было рекомендовано увеличивать на 5% для учета неравномерности распределения вагонного парка.

В современных условиях потребовалась коренная переработка результатов этих исследований по причинам, изложенным в статье [35].

В работе [34] предложена классификация, по которой станционный парк выполняет 4 основные функции: технологической линии; накопительной емкости; регулирующей емкости; служебно-технической емкости. Перечисленные в [35] факторы увеличивают потребную величину и технологической, и регулирующей,

и служебно-технической емкости станционных парков (рисунок 1.1).

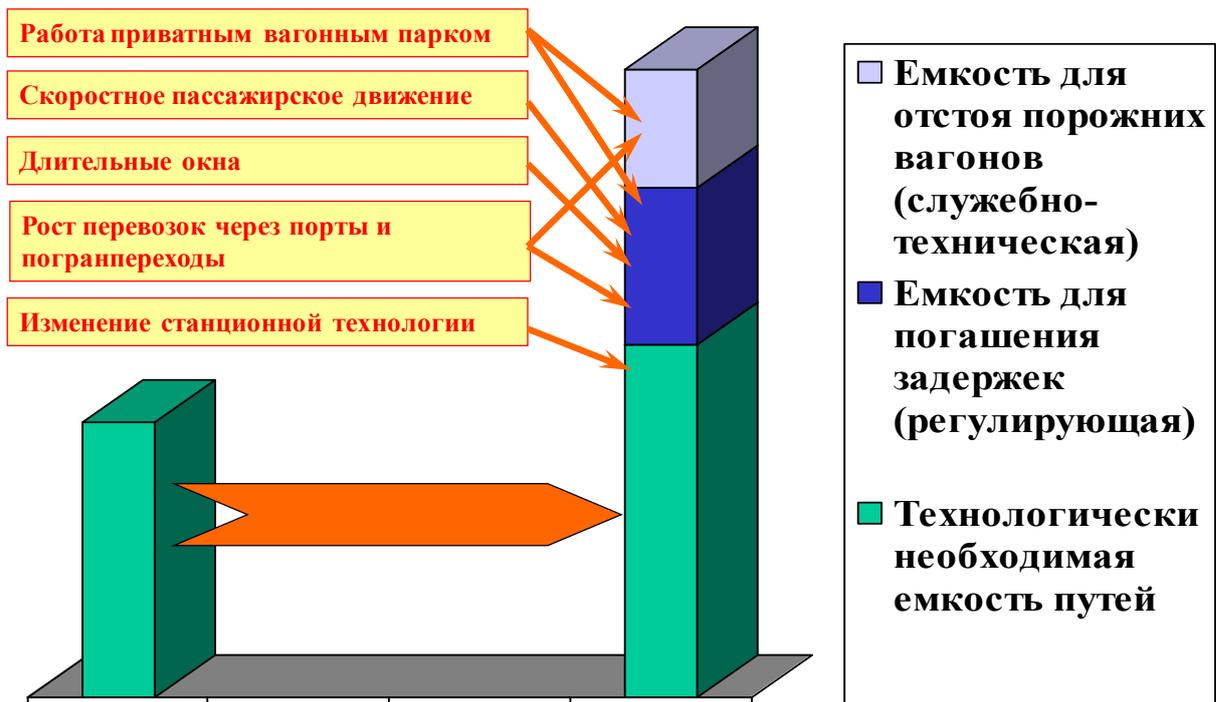


Рисунок 1.1 – Современные факторы, увеличивающие потребную вместимость путевого развития станций (источник – [35])

В ОАО «НИИАС» с участием специалистов ОАО «ВНИИЖТ», ОАО «ИЭРТ» и научно-производственного холдинга «Стратег» выполнено исследование маневренности полигонов железнодорожной сети, и разработаны нормативы рационального соотношения вагонных парков и вместимости путей сортировочных, участковых и грузовых станций с учетом увеличения доли частных вагонов [35].

В отличие от исследований 1980-х годов, когда существовавшая отчетность позволяла получить данные только о развернутой длине станционных путей, современная информационная среда позволяет работать с более точными данными автоматизированной системы ведения ТРА станций [36, 37]. При этом есть возможность привлечь для анализа данные о полезной длине путей, их специализации и вместимости в условных вагонах. Значительно более широкие возможности имеются и для автоматизированного анализа данных о структуре и характеристиках парка грузовых вагонов [38, 39].

Согласно исследованию [35] основными параметрами, характеризующими использование вместимости станционных путей и влияющими на качественные показатели эксплуатационной работы и использование пропускной способности инфраструктуры, являются:

рациональное соотношение вместимости путей и рабочего парка вагонов на станции, которое в зависимости от приведенного объема работы N определяется

$$\varphi_{\text{рац}} = [E_{\text{техн}}(N) + E_{\text{рег}}(N)] / [P_{\text{техн}}(N) + P_{\text{рег}}(N)] \omega \quad (1.15)$$

где $E_{\text{техн}}$ – емкость путевого развития, условных вагонов, технологически необходимая для обеспечения беспрепятственного приема поездов;

$E_{\text{рег}}$ – емкость путевого развития, условных вагонов, используемая для регулирования поездной работы и организации согласованного подвода вагонопотоков к пунктам назначения;

$P_{\text{техн}}$ – рабочий парк вагонов на станции, технологически необходимый для выполнения заданного объема работы, вагоно-сут;

$P_{\text{рег}}$ – вагонный парк (зависящий от приведенного объема работы N), вагоно-сут, размещаемый на регулирующей емкости путевого развития $E_{\text{рег}}(N)$;

ω – отношение средневзвешенной длины физического вагона на рассчитываемом объекте (станции или полигоне) к длине условного вагона, $\omega = l_{\text{ср. физ}} / l_{\text{усл}}$.

Рациональная величина коэффициента потребности путевого развития на единицу объема выполняемой работы

$$\eta_{\text{рац}} = [E_{\text{техн}}(N) + E_{\text{рег}}(N)] / N_{\text{т}} \quad (1.16)$$

где $N_{\text{т}}$ – технически допустимый объем работы (в средние сутки месяца), при превышении которого станция не обеспечивает необходимую эксплуатационную надежность по приему поездов [35, 36].

Приведенный объем работы станции характеризуется набором параметров

$$N (N_{\text{тр}}, N_{\text{пер}}, N_{\text{м}}, \beta_{\text{сдв}}, k, k_{\text{вс}}, \alpha_{\text{м.приб}}, \alpha_{\text{м.отпр}}, n_{\text{пс}}, n_{\text{гр}}), \quad (1.17)$$

где $N_{\text{тр}}$ – количество транзитных вагонов без переработки, вагонов/сут;
 $N_{\text{пер}}$ – количество транзитных вагонов с переработкой, вагонов/сут;
 $N_{\text{м}}$ – количество местных вагонов, вагонов/сут;
 $\beta_{\text{сдв}}$ – коэффициент сдвоенных грузовых операций;
 $k, k_{\text{вс}}$ – количество формируемых соответственно поездных и
внутристанционных назначений;

$\alpha_{\text{м.приб}}, \alpha_{\text{м.отпр}}$ – уровни маршрутизации груженых и порожних местных вагонов соответственно по прибытии и по отправлению;

$n_{\text{пс}}, n_{\text{гр}}$ – количество принятых, отправляемых и проследующих станцию пассажирских и грузовых поездов различных категорий.

1.2 Развитие методов регулирования железнодорожных перевозок

В условиях работы отечественных дорог имели место не только систематические затруднения в эксплуатационной работе, но нарабатывались и практика их преодоления, и теоретические обобщения этой практики. Так, ещё в 1877 году во время русско-турецкой войны произошло переполнение вагонами станций при перевозке войск к границам Румынии. Для ликвидации избытков вагонного парка управляющий Одесской железной дорогой С.Ю. Витте [40] принял следующие меры по повышению пропускной и провозной способности примыкающих линий: отправление поездов вслед, увеличение числа вагонов в поездах, введение обезличенной езды на паровозах, выгрузку части войсковых подразделений на подходах к выгрузочному району.

В периоды массовых перевозок хлеба предпринимались попытки направления на железные дороги дополнительных паровозов и вагонов, что при

недостаточном учёте фактической перевозочной мощности приводило к заполнению емкостей станций и участков и дополнительным трудностям в организации движения. Увеличение размеров движения в результате оказывалось крайне незначительным: так, в 1891-92 гг. на Козлово-Воронежско-Ростовской железной дороге увеличение парков паровозов и вагонов соответственно на 80 и 75% позволило повысить размеры грузового движения только на 1,3 пары поездов (на 13%).

Предъявление повышенных перевозок было основной причиной затруднений в эксплуатационной работе и потерь провозной способности железных дорог, на что указывал А.Н. Фролов в работе [17].

Введённое в действие в 1889 г. общее соглашение о взаимном пользовании товарными вагонами установило принцип ежесуточного равночисленного обмена вагонами, прогрессивный для своего времени по сравнению с действовавшим ранее принципом срочного возврата вагонов. Согласно этому принципу восстанавливался размер вагонного парка железной дороги независимо от колебаний работы и вагонопотоков.

Таким образом, на русской железнодорожной сети до 1917 года в отношении почти всех грузовых вагонов применялся принцип равночисленного породового обмена между дорогами, и поэтому вагонный парк каждой дороги являлся величиной постоянной [8]. Однако это не исключало затруднений в эксплуатационной работе, в частности, в периоды массовых хлебных, воинских и иных срочных перевозок, когда на ряде подразделений железнодорожной сети скапливался избыток вагонного парка.

Равночисленный обмен вагонами и регулирование перевозок путём только конвенционных запрещений не могли давать положительных результатов, когда существенно возросли объёмы перевозок и их динамичность. Это особенно проявилось с началом военных действий в 1914 году. В то время прогрессивным явился метод «уплотнения» работы [41]. Он состоял главным образом в увеличении массы поезда и в массовом применении подталкивающих локомотивов. Например, в 1915-16 гг. Московско-Курская ж.д. перешла на норму

массы поезда 75000 пудов (1200 тонн), что позволило в 1916 г. увеличить приём вагонов с Южной дороги по станции Курск на 60% и ликвидировать избытки вагонных парков на обеих дорогах.

В условиях социалистического железнодорожного транспорта единство сети отечественных железных дорог и вагонного парка позволили создать технологию его централизованного распределения и отменить принцип породового равночисленного обмена вагонами, обеспечить планомерное перемещение порожних вагонов в районы массовой погрузки, внедрить принципы комплексного регулирования вагонных парков [42].

В 1920-е годы – период НЭП («новой экономической политики») и хозрасчета – существенное внимание исследователей уделялось экономическим вопросам эксплуатационной работы железных дорог. В книге [14], опубликованной в год юридического прекращения НЭПа, не только эксплуатационные показатели делятся на доходные (например, тонно-километры) и расходные (например, локомотиво-часы). Регулирование движения также подразделяется на экономическое (касается грузов, их рода и назначения) и техническое (касается вагонов, а не находящихся в них грузов).

Кроме того, регулирование классифицировано на предупредительное и последующее, а также на прямое (делается для усиления перевозок) либо обратное (снижение перевозок в соответствии с имеющимися инфраструктурными и перевозочными ресурсами).

Основными мерами регулирования считались регулирование обмена вагонами по стыковым пунктам – «обменным передаточным станциям» и регулирование погрузки по направлениям и назначениям. Там же ([14], с. 43 – 44) объясняется применяемый до настоящего времени термин «конвенционные запрещения и ограничения», которые в те годы были основаны «на особом соглашении (конвенции) между дорогами». Важными являлись также указания о том, что «к ограничениям и запрещениям нужно прибегать лишь в случаях крайней необходимости, когда другие меры к поднятию работы результатов не дали», и о том, что «при получении конвенционной телеграммы все железные

дороги СССР должны были прекратить не только погрузку в адрес указанной в телеграмме станции, но и прием вагонов в ее адрес от соседних дорог», что позволяло остановить накопление невыгружаемых вагонов непосредственно на дороге отправления.

Профессор И.И. Васильев в труде [8] сформулировал методологию не только текущего регулирования парков дорог сети в зависимости от нарушений плановой работы, но и регулирования локомотивного парка и пропускной способности. На основе определения предстоящих на регулируемые сутки пробегов груженых и порожних вагонов сформулированы принципы расчетов по регулировке локомотивов, в том числе с перераспределением их рабочего парка между разными участками обращения.

Под «регулированием пропускной способности» при этом понималась необходимость сокращения либо отклонения вагонопотока в регулируемые сутки ([8], с. 532 – 534), которая может иметь место «в следующих случаях:

а) по недостатку (постоянному или временному) пропускной способности того или другого участка;

б) по недостатку приемной способности какой-либо станции, причем этот случай может иметь место как в отношении всего грузового потока, проходящего через станцию (затрудненность узлов), так и в отношении части грузового потока, направляющегося на эту станцию (ограничение выгрузочной способности станции или ограничение сдачи по обмену в одном или нескольких направлениях)».

Так как временный избыток локомотивов при ограничении поступления вагонопотока может смениться их недостатком при последующем пропуске задержанных поездов, «регулировка по пропускной способности должна обязательно сопровождаться проверочной регулировкой по провозной способности (по наличию локомотивов)».

В послевоенный период проф. И.И. Васильев [43] для прогнозирования объемов поездной и грузовой работы разработал метод стандартов продвижения, которые могли быть двух видов:

- стандарт «непрерывного движения» при равномерной часовой плотности вагонопотока;
- стандарт «сосредоточенного движения в поездах отдельных категорий (ускоренных, сборных и т. п.)».

При этом прогнозируемый подход вагонов к выделенной станции или стыковому пункту

$$\sum U = \sum \alpha U_x, \quad (1.18)$$

где α – стандартные коэффициенты;

$\sum \alpha U_x$ – прием груженых вагонов или погрузка по суткам.

При этом сумма стандартных коэффициентов по каждой разновидности элементов работы вагонного парка равна единице. Например, подход вагонов к станции в зависимости от числа вагонов, принимаемых по стыковому пункту в предплановые $(x - 1)$ -е и в плановые x -е сутки

$$\sum U_0 = \frac{24 - \tau_0}{24} U_{x-1} + \frac{\tau_0}{24} U_x = \alpha_1 U_{x-1} + \alpha_2 U_x, \quad (1.19)$$

при этом расчетное время следования от момента приема по стыковому пункту до момента прибытия на рассматриваемую станцию составляет (в обозначениях проф. И.И. Васильева) $24 - \tau_0$.

Система стандартов продвижения «должна иметь различную точность в зависимости от районов регулирования и приближения регулировочных распоряжений к месту работы» ([43], с. 59): для технических станций – по отдельным поездам, для отделений дорог – по средней плотности вагонопотока с разбивкой на характерные периоды суток; для общесетевой регулировки – «путем условного сосредоточения всей массы вагонопотоков за сутки в воображаемый сосредоточенный стандарт движения». Современная информационная среда, комплекс поездных, вагонных и отправочных динамических моделей, ведущихся в реальном масштабе времени в Автоматизированной системе оперативного управления перевозками (АСОУП) в рамках всей железнодорожной сети ОАО

«РЖД», уже не требуют такого агрегирования динамических данных о вагонопотоках по уровням управления эксплуатационной работой.

Профессором И.И. Васильевым при этом были методически выделены:

1) во времени – сутки регулирования и период предварения прогноза (до четырех суток);

2) в пространстве – район регулирования (железная дорога) и зона предварения, которая для удобства расчетов разделялась на суточные участки продвижения вагонопотоков.

В работе [43] показано, как использовать данный методический подход для определения потребности и порядка подвода порожних вагонов для обеспечения плановой погрузки в сутки регулирования, а также даны методические положения по повышению точности расчетов путем разбиения суточного периода на шестичасовые для учета внутрисуточной неравномерности поездной и грузовой работы. Вместе с тем в данной работе не учтены ограничения по пропускной способности и емкости путевого развития железнодорожной инфраструктуры, а также влияние этих ограничений на скорость продвижения вагонопотока, что ограничивает возможность использования рассматриваемых научных результатов для расчетов по организации эксплуатационной работы в затрудненных условиях.

В период Великой Отечественной войны [44] предусматривался ряд условий, значительно облегчающих работу многих участковых и узловых станций – унифицированные и параллельные весовые нормы; регулярное обращение сборных поездов; мероприятия по повышению емкости станций (путем пересмотра и уточнения специализации путей, выделения дополнительных путей для приема поездов за счет сокращения количества путей, выделяемых для второстепенных работ, а также занятых вагонами нерабочего парка и хозяйственными нуждами станций); рекомендации по восстановлению маневренности на тех станциях, где она в силу различных причин была утрачена. По каждому участку, отделению и дороге предписывалось не только рассчитать нормальное количество поездов на участке для обеспечения бесперебойного движения, но и разработать инструктивные указания для работников отделения и

дороги о порядке и последовательности применения мероприятий для поддержания нормального поездного положения на участках. Следовало также добиваться организации наибольшего количества ступенчатых технических маршрутов за счет организации погрузки по определенным дням и направлениям.

Для своевременного ввода и отмены назначений плана формирования устанавливалась ежесуточная перепись наличия груженых вагонов по назначениям, уплотненная специализация сортировочных путей, использование вспомогательных и предузловых станций, организация технических маршрутов сверх плана формирования.

В первые послевоенные годы [45] важнейшим фактором стал большой объем строительно-восстановительных работ на железнодорожной инфраструктуре. В плане формирования поездов из вариантов организации сквозных назначений, близких по показателям, выбирались такие, которые позволяли в зависимости от оперативной обстановки отправлять и пропускать поезда параллельными ходами. Рекомендации по специализации путей в различных парках (жесткой, вариантной либо их сочетанию) должны обеспечивать максимальную маневренность станции при минимуме враждебности маршрутов.

Авторы работы [46] считали, что «парк вагонов не является ни целью, ни объектом регулирования, так как наличие единого сетевого парка в наших условиях позволяет отказаться от дореволюционного принципа твёрдых парков и равночисленного обмена вагонами». В современных условиях нет единого сетевого парка грузовых вагонов. Однако не утратило актуальности методическое положение [46]: «Величина вагонного парка дороги в целом, даже если она соответствует норме технического плана или ниже нормы, еще не гарантирует правильного соотношения и нормальных величин отдельных струй вагонопотоков. Эти конкретные струи вагонопотоков и являются объектами регулирования».

В работе [46] предложен табличный способ расчета посуточной динамики продвижения вагонов с дорог погрузки к станциям назначения с учетом

фактического времени следования вагонов между стыками дорог (обновляемого ежедекадно) и фактического (в. т. ч. сверхнормативного) наличия груженных вагонов по дорогам назначения. Рассчитанная посуточная динамика должна служить основой для регулировочных мер: а) перераспределения вагонопотоков на параллельных направлениях; б) установления кружностей; в) форсирования или замедления продвижения отдельных струй вагонопотоков.

Для выбора рационального направления вагонопотоков, в том числе при решении оперативных эксплуатационных задач, А.П. Петров [47] разработал методику расчета и сопоставления эксплуатационных расходов по вариантам.

Решение важных регулировочных задач при помощи плана формирования поездов рассмотрено проф. А.П. Петровым в книге [48] – разгрузка железных дорог от избыточного вагонного парка, создание транзитности через перегруженные узлы, включение в работу незагруженных вспомогательных сортировочных мощностей.

Период коренного технического перевооружения железнодорожного транспорта (с середины 1950-х по 1970-е годы) – внедрения новых видов тяги, систем СЦБ, перевод подвижного состава на автосцепку, автотормоза, буксовые подшипники качения – создал значительные резервы перевозочных мощностей, и в указанный период было снижено внимание исследователей к проблемам управления движением в затрудненных условиях эксплуатации. Но в последующие годы к этим вопросам вернулись с учетом уровня развития вычислительной техники и математических методов решения задач.

Хронические затруднения в эксплуатационной работе с накоплением избыточных вагонных парков имели место на Свердловской и на железных дорогах Дальнего Востока (1978 – 1980 гг.), на железных дорогах Приволжья и Средней Азии (1982 – 1985 гг.) [49].

При строительстве железнодорожной линии Тобольск – Сургут - Нижневартовск имело место избыточное накопление местного груза, практически обнулявшее маневренность Свердловской железной дороги – не было беспрепятственного продвижения грузовых поездов, и при этом задерживались

также и грузы, остро необходимые для строительства. Временные ограничения и запрещения погрузки не давали результата, и тогда применили нормирование погрузки в адрес каждой станции назначения и грузополучателя [50].

В практике эксплуатационной работы существенное развитие получили методы комплексной регулировки вагонных парков. На Чусовском отделении Свердловской дороги зародился метод организации погрузки в тот род подвижного состава, в котором районы назначения испытывают недостаток. Для этого были разработаны специальные перечни погрузочных станций и объявлены отделениям и станциям для руководства при наиболее экономичном планировании грузовой работы [50].

Опыт получил распространение в масштабах всей отечественной железнодорожной сети. Так, при массовых перевозках автомобилей и сельхозтехники на уборку урожая дороги Казахстана и Западной Сибири получали избыточный парк платформ. Погрузка грузов, требующих открытого подвижного состава, на этих дорогах планировалась в платформах вместо полувагонов с целью ликвидации дефицита платформ в западной части сети. Одновременно это позволяло сохранить парк полувагонов на углепогрузочных дорогах [50].

В 1980 году вышла работа [51], авторы которой установили, что среднее время нахождения вагонов в парке станции с ростом числа находящихся в нем вагонов возрастает только до некоторого предела – «уровня насыщения», после которого увеличиваются задержки вагонов на предшествующих элементах железнодорожной инфраструктуры до их уровней насыщения. Установив методами регрессионного анализа численные значения уровней насыщения, авторы перешли к выводу условия выгоды отклонения части поездопотока на кругное направление при затруднениях в пропуске поездов по кратчайшему направлению, путем сопоставления экономии затрат, связанных с поездочасами простоя, с затратами, связанными с поездочасами дополнительного пробега. Отсюда определяется граничное число вагонов в парке приема, при превышении которого экономически целесообразно оперативно отклонить часть

поездотока для переработки на другую станцию узла.

Позднее В.С. Климанов [52], анализируя причины снижения участковой скорости грузовых поездов, выделяет среди них те, которые могут быть устранены или локализованы предупредительными или последующими регулировочными мероприятиями в пределах железнодорожного направления. Предложена методика расчета показателей применения регулирования подвода поездов к техническим станциям и стыковым пунктам путем изменения очередности следования поездов на предузловых и промежуточных станциях, а также пополнения составов поездов на технических станциях при недостатке пропускной способности впередилежащих перегонов.

Как показывает далее В.С. Климанов [53], зависимости времени нахождения вагонов на станциях и на участках от наличия на них вагонов и поездов имеют общие закономерности, выражаемые в «стабилизации» значений простоев при насыщении станции и участка вагонами (поездами). Но указанная «стабилизация» сопровождается ростом задержек транспортных потоков на других (и не обязательно соседних) элементах железнодорожной инфраструктуры. Поэтому далее рассмотрены пять классов диспетчерских регулировочных мероприятий, исследованы функции развития эксплуатационных затруднений (зависимость поездо-часов задержек от времени) и функции эффективности отдельных регулировочных мероприятий и их комплексов (имеющих ту же размерность).

В качестве наиболее часто применяемых выделены [53] 5 классов регулировочных мероприятий: 1) прием поездов в неспециализированные парки; 2) задержка выпуска поездов с предыдущей сортировочной станции; 3) задержка поездов на промежуточных станциях; 4) направление вагонопотоков кружностью; 5) обработка или переформирование поездов на вспомогательной или предузловой станции.

В целом вопросам организации эксплуатационной работы железных дорог в затрудненных условиях было посвящено сравнительно небольшое число исследований. Одна из немногих – работа [54], в которой исследовано влияние затруднений на расчетные нормативы плана формирования поездов, и

рассмотрены меры по улучшению работы станций в затрудненных условиях за счет внестанционных мероприятий и за счет приемов интенсификации внутростанционной работы. Здесь же впервые была исследована эффективность сооружения специальных резервных станций, выполняющих функции регулирования вагонопотоков и поездной работы [55]. Такая станция – Разъезд 9 км Северо-Кавказской дороги – сооружена в настоящее время.

С учетом результатов предыдущих исследований составлена следующая классификация методов регулирования движения (рисунок 1.2). Здесь предупредительное регулирование предусматривает заблаговременный учёт плановых изменений ограничений и транспортных потоков, последующее регулирование – методы устранения (компенсации) последствий внезапно возникших ограничений и резких колебаний транспортных потоков. Регулирование во времени предусматривает изменение приоритетности погрузки, организации и продвижения транспортных потоков, регулирование в пространстве – изменение путей следования транспортных потоков. Другие составляющие данной классификации не требуют пояснения.

В современной ситуации отечественным железным дорогам пришлось столкнуться с рядом явлений, вызванных отсутствием гармонизации ресурсов инфраструктуры, численности вагонного парка и методов управления движением. Одним из таких явлений в 2011-12 годах стал технологический дефицит вагонного парка, когда при росте инвентарного парка вагонов падала надежность обеспечения заявок грузоотправителей погрузочными ресурсами, нарастали затруднения с отправлением грузов. Функциональные зависимости, раскрывающие природу технологического дефицита вагонного парка, рассмотрены с участием автора диссертации в работе [100].

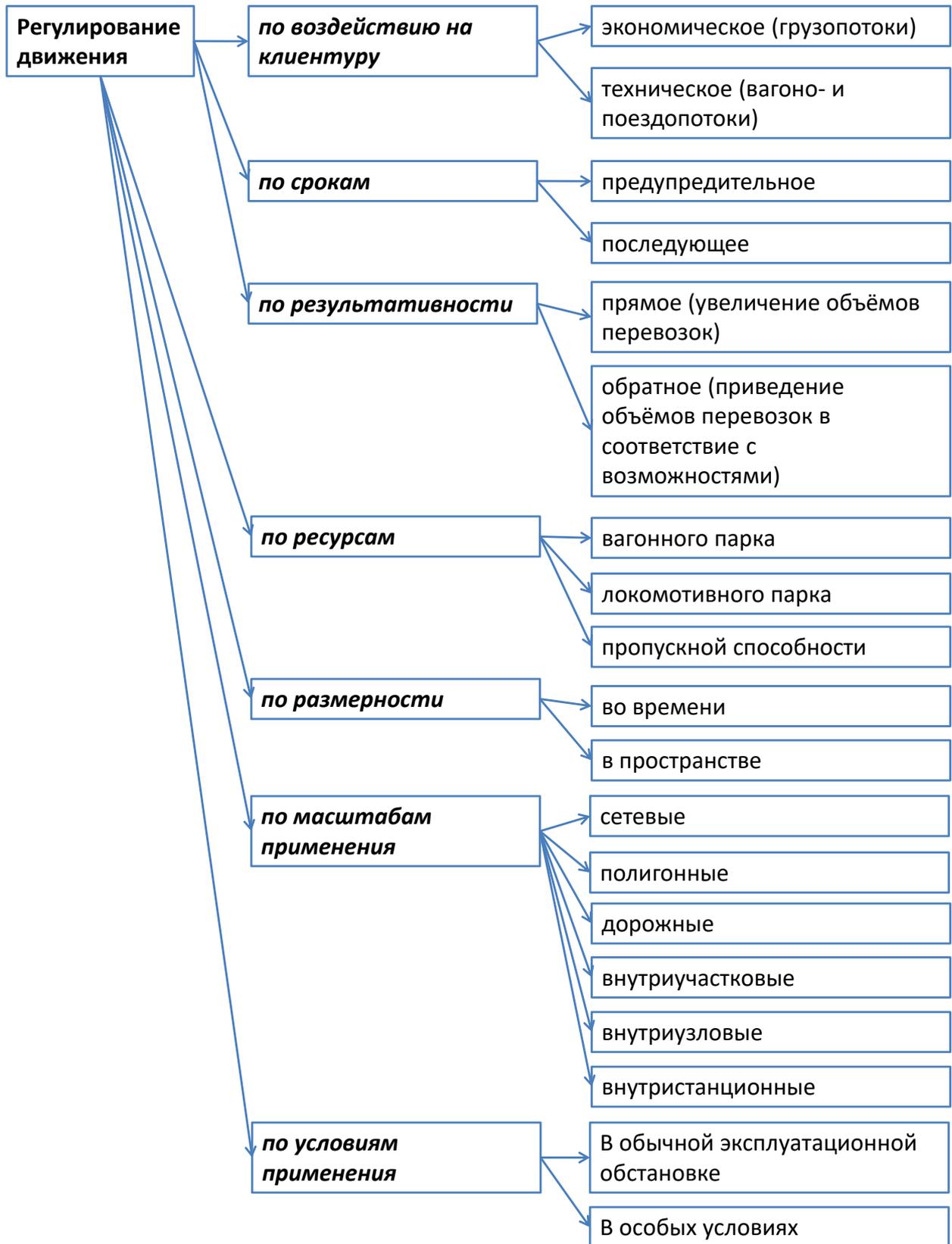


Рисунок 1.2 – Классификация методов регулирования движения

Для преодоления технологического дефицита были внедрены меры как оперативного, так и технологического характера. В их числе:

1) изменения в Уставе железнодорожного транспорта [56] и Правилах перевозок грузов (в части порожних вагонов, не принадлежащих перевозчику) [57], прежде всего – введение платности занятия инфраструктуры общего пользования вагонами, не участвующими в перевозочном процессе, и принудительное перемещение порожних грузовых вагонов без оформленных в установленном порядке перевозочных документов с припортовых станций на другие железнодорожные станции за счет их владельца для нахождения таких вагонов до его распоряжения [58];

2) ограничения на направление порожних вагонов операторов под погрузку в Кузбасс;

3) организация консолидированного парка полувагонов;

4) укрупнение порожних вагонопотоков на сортировочных станциях и повышение их транзитности.

Так, в статье [59] рассмотрены мероприятия по оптимизации работы парков универсальных вагонов крупнейших компаний - операторов подвижного состава. Разработанная технология обеспечения порожними вагонами погрузки Кузбасского региона позволяет повысить уровень маршрутизации как порожнего, так и груженого вагонопотока на лимитирующих участках сети и максимально исключить встречное перемещение однотипного подвижного состава. Маршрутизация порожних вагонов является определяющим конкурентным преимуществом перед другими операторами на крупной погрузочной станции.

1.3 Развитие методологии расчетов и зарубежные исследования

Этапы развития методологии расчетов охарактеризованы в работе [60], где рассмотрены модели продвижения потоков транспортных единиц – поездов, локомотивов, вагонов, и охарактеризованы способы вычислений: по коэффициентам подвижности, по прогнозу продвижения вагонных струй на

основе статистики, по расчетам на имитационной модели полигона, по оптимизационным расчетам.

Наиболее значимые теоретические результаты в развитии имитационного направления расчетов получены в ходе создания и развития имитационной системы ИСТРА [61, 62].

Следующим крупным этапом развития данного направления стала автоматизированная система укрупненного моделирования работы больших железнодорожных узлов [63] и направлений железных дорог [64], воспроизводящая совместную работу нескольких десятков станций и перегонов. Её главная особенность – структурное моделирование, детально воспроизводящее занятие всех элементов путевого развития всеми операциями, заменяется моделированием функциональным. Так, детальная модель станционной горловины заменяется моделью параллельных каналов, часть которых при выполнении определенного передвижения выключается из доступности.

В работе [65] рассмотрены возможности имитационного моделирования при оптимизации технологии работы железнодорожных станций с учётом разработанной авторами и утверждённой ОАО «РЖД» методики [66]. Выполнен анализ существующих имитационных автоматизированных систем. Определен круг задач, решение которых позволит повысить точность выбора вариантов развития объектов железнодорожного транспорта.

В рамках исследуемой темы существенный интерес представляет принцип моделирования использования емкости станционных парков в системе.

Задаётся предельная функциональная ёмкость парка (а не полная физическая вместимость всех его путей), то есть такая, при которой сохраняются его функциональные возможности. В методике [66] при этом сказано, что для предгорочного парка достаточно оставить один свободный путь для обгона локомотива и один для приёма очередного поезда, а для сортировочных парков достаточная работоспособность сохраняется до степени его заполнения вагонами не более чем на 70-80%. Следует указать, что указанные ограничения относятся не к среднесуточному (или за более длительный период) уровню заполнения

путей парков, а к максимальному их заполнению при внутрисуточной динамике станционных процессов, при превышении которых невозможны приём на станцию очередного поезда либо расформирование очередного состава.

Авторы [63] указывают также, что предельная функциональная емкость парка снижается с уменьшением пропускной способности его горловин. Значения предельной функциональной емкости «для различных парков следует определять экспериментами на подробных моделях по величине недопустимых задержек» [63].

Развивается также новое направление в имитационном моделировании – интерактивный подход [67, 68], предусматривающий переход от автоматического расчета имитационной модели к вмешательству технолога с ручной корректировкой хода моделируемого процесса в сложных ситуациях, когда имитационная система не в состоянии найти приемлемое решение, с последующим продолжением автоматического расчета. В исследовании [67, 68] также предложены характеристики заполнения вместимости путевого развития – в качестве индикаторов необходимости остановки автоматического расчета и перехода к интерактивному режиму работы модели. Выделены две группы индикаторов – индикаторы состояния (число вагонов в парках станции, число вагонов определенного груза, рода или назначения) и параметры процесса (величина задержек в единицу времени, число выполненных операций в единицу времени). При этом число вагонов и время задержек должно быть не больше значений, заданных в качестве «опасной» границы, а число выполненных операций (сформированных и отправленных поездов, переработанных и выгруженных вагонов и др.) – не меньше заданных значений. Индикаторы задаются для условий работы конкретного объекта моделирования.

Таким образом, числовые характеристики заполнения вместимости путевого развития рекомендуются разными в разных исследованиях. Но это объясняется различием решаемых задач и исходных данных для их решения (таблица 1.1).

В теоретических исследованиях нередко противопоставляют друг другу

аналитические и имитационные модели. Нецелесообразность данного противопоставления показана в статье [22].

На железных дорогах развитых зарубежных стран также проводятся исследования по совершенствованию организации эксплуатационной работы. При этом используются методы имитационного моделирования производственных процессов, математическое программирование, системный анализ и экспертные оценки. Прогрессивный опыт внедрения методов исследования операций в интегрированное планирование (которое объединяет в один комплекс на общей информационной базе организацию вагонопотоков, график движения и его тяговое обеспечение, оперативное планирование поездной работы) представлен, в частности, Канадской Тихоокеанской железной дорогой [71].

На ежегодной международной конференции «Планирование грузовых железнодорожных перевозок» (Атланта, 23 – 25 октября 2012 г.) [72] компанией Oliver Wymann было представлено исследование использования путевого развития парков сортировочных станций [73], позволяющее установить возможности высвобождения путей и уплотнения их специализации для более эффективной сортировочной работы на станции и ее распределения на полигоне. Для решения этой задачи разработано специальное аналитическое компьютерное приложение. При этом методические принципы решения задачи аналогичны опубликованной отечественной разработке [74].

Рассматривая зарубежные исследования по анализируемой тематике, необходимо учитывать исторически сложившуюся избыточную вместимость путевого развития станций на железных дорогах большинства развитых государств.

В связи с этим результаты зарубежных исследований могут иметь весьма ограниченное применение в современных условиях работы железных дорог Российской Федерации, вновь вышедших на одно из первых мест в мире по грузонапряженности.

Таблица 1.1 – Различия в числовых характеристиках заполнения вместимости путевого развития в разных исследованиях

Авторы, публикации	Числовые характеристики	Предназначение	Объект расчета	Входные данные
Сотников И.Б., Выгнанов А.А., Шарипова Р.И. [15, 26, 27]	Соотношение вместимости путей и рабочего парка α	Перспективное планирование увеличения протяженности станционных путей	Определенные типы станций	Плановый грузооборот на перспективу
Сотников Е.А., Бахадиров Ф.В., Лолуа Р.В., Левин Д.Ю. и др. [28, 31, 32, 33, 54, 69, 70]	Коэффициент вместимости ϕ по развернутой длине станционных путей	Расчеты по технологии перевозочного процесса и развитию инфраструктуры	Определенные типы станций	Среднесуточные вагонопотоки расчетного месяца
Сотников Е.А., Бородин А.Ф. и др. [35]	Рациональное значение коэффициента вместимости $\phi_{\text{рац}}$ по полезной длине путей	Расчеты по технологии перевозочного процесса и развитию инфраструктуры	Конкретные станции и их парки	Среднесуточные вагонопотоки расчетного месяца
Козлов П.А., Тушин Н.А., Пермикин В.Ю., Слободянюк И.Г., Колокольников В.С., Осокин О.В. [63, 65]	Предельная функциональная емкость парка	Определение возможности направления в парк очередной единицы транспортного потока	Определенные типы парков станций	Текущее значение в масштабе модельного времени
Кашеева Н.В., Мишарин А.С. [67, 68]	Индикатор состояния – «опасная граница» числа вагонов в парке	Определение момента смены режима моделирования с автоматического на интерактивный	Конкретная станция и ее парки	Текущее значение в масштабе модельного времени

1.4 Выводы по главе 1

1. История развития исследований (включающих в себя методы оценки емкости и пропускной способности железнодорожной инфраструктуры; методы регулирования железнодорожных перевозок; методологию выполнения расчетов и зарубежных исследований) показывает, что предотвращение эксплуатационных затруднений требует восстановления и поддержания баланса мощности железнодорожной инфраструктуры, перевозочных ресурсов (тягово-энергетических и вагонного парка), методов управления движением.

2. С учетом результатов предыдущих исследований составлена классификация методов регулирования движения – по воздействию на пользователей услуг железнодорожного транспорта; по срокам; по результативности; по ресурсам; по размерности; по масштабам применения; по условиям применения.

3. Различия в числовых характеристиках заполнения вместимости путевого развития в разных исследованиях обусловлены прежде всего предназначением этих характеристик (перспективное планирование увеличения протяженности станционных путей, расчеты по технологии перевозочного процесса и развитию инфраструктуры, определение возможности направления в парк очередной единицы транспортного потока, определение момента смены режима моделирования с автоматического на интерактивный) и разными классами объектов расчёта.

4. Зарубежные исследования по анализируемой тематике, учитывая исторически сложившуюся избыточную вместимость путевого развития станций на железных дорогах большинства развитых государств, могут иметь весьма ограниченное применение в условиях работы железных дорог Российской Федерации.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ В ЗАТРУДНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

2.1 Пути решения проблемы устранения затруднений в работе полигонов железнодорожной сети. Постановка задачи исследования

Постановка задачи требует формулировки понятия полигона железнодорожной сети. В теории эксплуатации железных дорог и в инженерной практике этому понятию нет однозначного определения.

Так, в распоряжении ОАО «РЖД» № 611р от 12 марта 2013 г. [75], был установлен перечень пяти решающих полигонов (Восточный, Урало-Сибирский, Северный, Южный, Волжский), введены основные понятия, в том числе:

– «полигон – часть железнодорожной сети, характеризующаяся едиными техническими и ли технологическими признаками, определяющими условия эксплуатационной работы (различают: тяговые полигоны, полигоны обращения тяжеловесных поездов, полигоны электрифицированных линий);

– тяговой полигон – часть железнодорожной сети, характеризующаяся одним видом тяги и имеющая границы на станциях смены рода тока или локомотивов;

– решающий полигон – один или несколько тяговых полигонов, входящих в состав транспортного коридора».

В Типовом технологическом процессе работы полигона, утверждённом ОАО «РЖД» в 2016 году, под полигоном понимается «укрупненная часть сети железных дорог ОАО «РЖД», объединенная по технологическим признакам (зарождение/погашение грузопотоков, обеспечение тягового обслуживания, логистическое управление подводом к морским портам и межгосударственным стыковым пунктам и др.), с целью унификации технологических и инфраструктурных параметров перевозочного процесса, обеспечения единого сквозного планирования и управления эксплуатационной работой и выполнением

ремонтно-путевых работ» [76].

Технико-технологические модели работы полигонов, утвержденные в 2019 году [77], разработаны с целью создания технологического документа, направленного на обеспечение перевозки возрастающих объемов грузов за счет повышения эффективности управления перевозочным процессом в условиях полигонных принципов организации эксплуатационной работы. Модели описывают целевое состояние управления эксплуатационной работой и параметров инфраструктуры на расчётный срок.

Таким образом, различные определения железнодорожного полигона применяются, исходя из конкретной специфики решаемых задач.

Например, в работе [78], посвященной эксплуатационной работе железнодорожных направлений, под направлением понимается «совокупность железнодорожных узлов и участков, связанных общими потоками вагонов и поездов, системой их организации и тягового обслуживания. При этом направление может быть линейным, разветвленным, с замкнутыми контурами».

Однако задачи данного исследования требуют изучения процессов, протекающих внутри таких крупномасштабных образований, какими являются Восточный, Северо-Западный, Юго-Западный полигоны сети ОАО «РЖД» в трактовке [76, 77]. Поэтому в данном исследовании следует сформулировать понятие полигона, позволяющее выполнить:

- 1) анализ взаимозависимостей технологических параметров работы в затрудненных условиях;
- 2) синтез методических решений по устранению и предотвращению эксплуатационных затруднений.

Поэтому в рамках научно-методических задач данного исследования полигон рассматривается:

- с различной имущественной принадлежностью (в границах как одной инфраструктуры, так и в зонах ответственности разных владельцев железнодорожных инфраструктур общего и необщего пользования);
- с произвольной степенью масштабирования (в границах

железнодорожного узла, района управления в составе диспетчерского центра управления перевозками; региона железной дороги, железной дороги и др.), если иное не оговорено конкретно;

– вне зависимости от структуры административного и оперативного управления (первичны топология инфраструктуры и технология перевозочного процесса, а научно-методическое обоснование эффективной управленческой структуры выходит за рамки данного диссертационного исследования).

Таким образом, в настоящем исследовании под полигоном железнодорожной сети понимается совокупность железнодорожных станций и участков, связанных общими потоками вагонов и поездов, системой их организации и тягового обслуживания. Такое определение не является строго формализованным, но позволяет перейти к содержательной формулировке задач исследования.

Затруднения в эксплуатационной работе железных дорог характеризуются нарушениями условий взаимодействия:

1) станций и железнодорожных путей необщего пользования (взаимные отказы приема вагонов по установленным интервалам и (или) срокам);

2) станций и участков (задержки поездов по неприему станциями или участками);

3) полигонов железнодорожной сети (отставление поездов от движения на промежуточных станциях и длительные задержки вагонов в узлах из-за неприема другими полигонами сети – как смежными, так и несмежными, в том числе железными дорогами других государств);

4) смежных видов транспорта (отставление поездов от движения на промежуточных станциях и длительные задержки вагонов в узлах из-за невыгрузки в пунктах перевалки).

Предотвращение эксплуатационных затруднений требует восстановления и поддержания баланса мощности железнодорожной инфраструктуры, перевозочных ресурсов (тягово-энергетических и вагонного парка), методов управления движением. Это требует постановки и решения комплекса

взаимоувязанных задач научно-методического характера.

Проведенное в первой главе исследование исторических аспектов развития теории организации эксплуатационной работы железных дорог в затрудненных условиях позволяет определить цель и основные задачи, которые надлежит решить в диссертационной работе (рисунок 2.1).

Для повышения технологической эффективности использования железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава в условиях накопления избыточного вагонного парка нужны новые научно-методические решения. Такие решения должны содержать комплекс методов устранения затруднений в эксплуатационной работе полигонов железнодорожной сети, которые принципиально делятся на две группы:

– методы, основанные на регулировании загрузки полигонов сети железных дорог, испытывающих затруднения (регулирование погрузки по назначениям, размещения парков порожних вагонов, направления транзитных вагонопотоков, подвода поездов);

– методы, основанные на интенсификации работы полигонов сети железных дорог, испытывающих затруднения (интенсификация выгрузки и развоза местного груза, вывоза поездов с сортировочных и грузовых станций, интенсификация маршрутных перевозок и др.).



Рисунок 2.1 – Структура диссертационного исследования

Вторая группа методов, в отличие от первой, позволяет локализовать возникающие затруднения и предотвратить их распространение по сети, но в конкретных условиях методы этой группы могут оказаться более затратными либо технически нереализуемыми.

Поэтому применение указанных методов должно иметь расчетное обоснование.

2.2 Современные факторы, влияющие на уровень заполнения путевого развития полигонов сети вагонным парком

Затруднения в поездной и грузовой работе на ряде полигонов сети в связи с несоответствием вместимости путевого развития станций и размеров вагонного парка возникают как в периоды роста, так и в периоды спада объёмов перевозок грузов (рисунок 2.2).

Генеральный директор группы Globaltrans В.В. Шпаков [79], считая избыточный вагонный парк следствием отставания в развитии инфраструктуры, предлагает публиковать интерактивную карту динамики дальнейшего развития пропускной и провозной способности участков железных дорог в соответствии с Долгосрочной программой развития ОАО «РЖД» до 2025 года (ДПР) [1]. Выход из ситуации предлагается путём концентрации ресурсов ОАО «РЖД» на развитии инфраструктуры, прекращении инвестирования в тяговый подвижной состав и расширения работы собственных поездных формирований и независимых перевозчиков. При этом В.В. Шпаковым ничего не говорится о том, что наличие независимых перевозчиков со своими контурами регулирования поездными локомотивами увеличивает потребность в инфраструктурных ресурсах как станций, так и участков железных дорог.

Автор статьи [80], анализируя ход выполнения инвестиционных программ по развитию железнодорожных подходов к портам Северо-Запада, отмечает разбалансировку реконструктивных мероприятий во времени и пространстве,

указывая в числе одной из главных причин несовершенство организации строительных работ и планирования движения.



Рисунок 2.2 – Последствия несоответствия вместимости путевого развития станций и размеров вагонного парка в периоды роста и спада грузовых перевозок

Автор статьи [81], рассматривая три вида рисков перевозочного процесса (необеспечение подвода порожних вагонов, невозможность оформить перевозочные документы в согласованном направлении на согласованную дату в согласованном объёме из-за логического контроля, нарушение сроков доставки), указывает на перетекание этих рисков в риск брошенных поездов. Отмечая дефицит инфраструктуры, пришедший на сети на смену дефициту вагонного парка, автор статьи оценивает недостатки в организации регулирования

локомотивами, сервисного обслуживания локомотивов и работы локомотивных бригад, техническое состояние инфраструктуры и просрочку всех видов ремонта, подчёркивает необходимость согласованного планирования перевозок ЦФТО, технического плана эксплуатационной работы ЦД, плана обеспечения локомотивами ЦТ, плана проведения окон ЦДИ.

В таблице 2.1 представлены данные о количестве железнодорожных станций сети ОАО «РЖД» по состоянию на 1 января 1996, 2009 и 2020 г. За указанные годы на сети подверглось сокращению количество отдельных пунктов с путевым развитием практически всех типов и классов, кроме пассажирских станций.

С 1996 по 2009 г. при среднесетевом уровне сокращения количества отдельных пунктов с путевым развитием, равном 17,1%, сокращению в наибольшей степени подверглись сортировочные станции (на 54,1%), разъезды (на 52,9%) и обгонные пункты (на 75,7%), а в наименьшей – грузовые (на 3,6%) и промежуточные станции (на 5,8%).

В последующее десятилетие (до 2020 г.) продолжилось существенное сокращение числа сортировочных (на 36,1% с переводом их, как правило, в участковые) и грузовые (на 17,9%). В то же время существенно увеличилось число разъездов (на 42,3%), обгонных пунктов (на 29,2%) и незначительно-промежуточных станций (на 2,2%).

Анализ структуры и вместимости путевого развития станций на подразделениях сети ОАО «РЖД» выполнен с привлечением данных о полезной длине путей и их вместимости в условных вагонах, имеющих в автоматизированной системе ведения ТРА станций [36, 37] (в отличие от исследований 1980-х годов, когда существовавшая отчетность позволяла получить данные только о полной длине станционных путей).

В настоящее время в Российской Федерации зарегистрировано 1756 операторов грузовых вагонов, из которых только 104 управляют парком более 1000 вагонов. Парк более 8 тысяч вагонов имеют в управлении

Таблица 2.1 – Количество железнодорожных станций сети ОАО «РЖД»

Характеристики станций	Количество станций						
	1996 г.	2009 г.	2020 г.	2020 г. ± к 1996 г.		2020 г. ± к 2009 г.	
				абс.	%	абс.	%
Внеклассные	170	138	131	-32	-18,8	-7	-5,1
1 класса	277	245	270	-32	-11,6	+25	+10,2
2 класса	433	365	334	-68	-15,7	-31	-8,5
3 класса	658	527	454	-131	-19,9	-73	-13,9
4 класса	1527	1370	1415	-157	-10,3	+45	+3,3
5 класса	3158	2513	2665	-645	-20,4	+152	+6,0
Итого по классам	6223	5158	5269	-1065	-17,1	+111	+2,2
Пассажирские станции	53	53	53	0	0,0	0	0,0
Грузовые станции	741	714	586	-27	-3,6	-128	-17,9
Сортировочные станции	133	61	39	-72	-54,1	-22	-36,1
Участковые станции	381	325	304	-56	-14,7	-21	-6,5
Промежуточные станции	3714	3500	3577	-214	-5,8	+77	+2,2
Разъезды	934	440	626	-494	-52,9	+186	+42,3
Обгонные пункты	267	65	84	-202	-75,7	+19	+29,2
Итого по характеру работы	6223	5158	5269	-1065	-17,1	+111	+2,2

27 компаний, на долю которых приходится 70% наличного вагонного парка. Большое количество собственников грузовых вагонов, самостоятельно оперирующих ими и регулирующих свои вагонные парки, приводит к следующим факторам увеличения загрузки инфраструктуры:

- 1) рост загрузки сетевых направлений из-за увеличения порожних, в том числе встречных, пробегов однородных вагонов;
- 2) рост переработки вагонов на сортировочных станциях;
- 3) длительное занятие станционных путей отстоем частных вагонов;
- 4) рост потребности в локомотивах и локомотивных бригадах.

В исследовании [82] были установлены качественные и количественные взаимосвязи основных эксплуатационных показателей и соотношения вместимости станционных путей и вагонных парков:

- 1) влияние количественных показателей на величину вагонных парков и на соотношение вместимости станционных путей и вагонных парков;
- 2) влияние соотношения вместимости станционных путей и вагонных парков на качественные показатели.

За период с 2009 по 2020 гг. российский парк грузовых вагонов увеличился с 991,9 до 1177,5 тыс. вагонов (+18,7%). Общая полезная длина приемо-отправочных и сортировочных путей станций увеличилась за указанный период только на 2,7%; при этом общая полезная длина всех станционных путей (кроме главных в границах станций) сократилась на 1,25%. При этом структура грузопотоков такова, что размещаются вагонные парки неравномерно. Восточная часть сети, имея третью часть рабочего парка грузовых вагонов, располагает только 25% емкостей путевого развития станций.

В эксплуатационной практике нарушаются и пропорции распределения грузовых вагонов между путями общего и необщего пользования. Так, в исследовании [35] установлено рациональное для существующих объемов перевозочной работы распределение рабочего парка грузовых вагонов:

- 65% на путях общего пользования;
- 35% на путях необщего пользования.

Однако рост численности вагонного парка российской принадлежности сопровождался непропорциональным увеличением доли вагонов рабочего парка, находящихся на путях общего пользования железнодорожных станций ОАО «РЖД». Например, в октябре 2013 г. на путях общего пользования находилось 72,5%, а на путях необщего пользования – 27,5% рабочего парка.

Причины указанного положения:

- 1) изменение системы управления вагонными парками в условиях множественности операторов подвижного состава при отсутствии грузовых вагонов у перевозчика и недостаточности нормативно-правовой базы;
- 2) изменение географии грузопотоков, увеличение дальности перевозок грузов и соответственно рейса вагона;
- 3) прочие факторы.

Пути нормализации доли парка грузовых вагонов, находящихся на станционных путях инфраструктуры ОАО «РЖД» сверх технологически необходимого на выполняемый объем работы, должны быть обоснованы расчетами с количественными оценками взаимосвязей между вместимостью путевого развития полигонов, вагонным парком, пропускной способностью и качественными показателями эксплуатационной работы. Этой цели служат методические положения, предложенные далее в настоящей диссертации.

2.3 Рациональные соотношения вместимости путевого развития полигонов железнодорожной сети и парка грузовых вагонов

Затруднений в эксплуатационной работе не возникает, если рабочий парк грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе (в том числе на путях общего пользования инфраструктуры ОАО «РЖД» и на железнодорожных путях необщего пользования), находится в диапазоне между значениями величин рабочего парка:

- технологически необходимого (потребного) для выполнения заданных

объемов перевозок $P_{\text{раб.потр}}$;

– технически допустимого (рационального) по условиям сохранения маневренности подразделений железнодорожной сети $P_{\text{техн}}$ [35].

Однако сами величины $P_{\text{раб.потр}}$ и $P_{\text{техн}}$ в общем случае непостоянны и зависят от управления движением.

При этом величина рабочего парка рассматривается отдельно на инфраструктуре общего и необщего пользования.

На рисунке 2.3 представлена классификация вагонных парков на железнодорожной сети по учетно-статистическим признакам, включая:

- парки вагонов, находящиеся на железнодорожных станциях инфраструктуры общего пользования;
- парки вагонов, находящиеся на железнодорожных путях необщего пользования;
- парки вагонов, находящиеся в поездах на участках.

На использование пропускной способности и качественные показатели оказывают разное влияние различные категории вагонного парка:

1) включаемые в действующей системе учета в рабочий парк вагонов:

- парк вагонов в поездах, проследующих станцию без технических операций (и без связанного с ними зачисления в рабочий парк вагонов станции);
- парк исправных вагонов на станции, не участвующих в перевозочном процессе;
- парк вагонов на железнодорожных путях необщего пользования;
- парк вагонов на станции, участвующих в перевозочном процессе.

2) включаемые в действующей системе учета в нерабочий парк вагонов:

- на станционных путях железнодорожной инфраструктуры общего пользования;
- на железнодорожных путях необщего пользования владельцев;
- на путях вагоноремонтных предприятий.

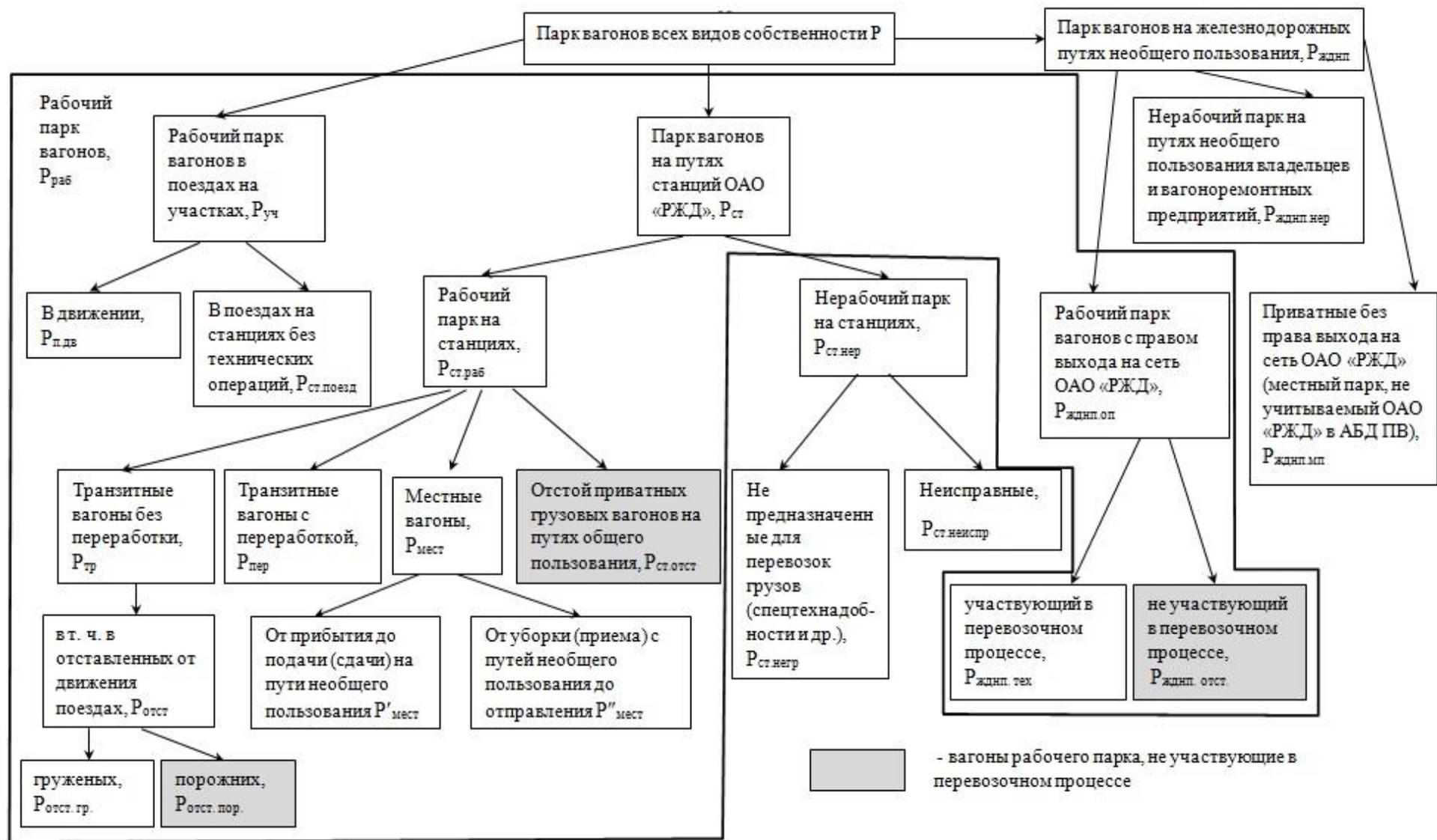


Рисунок 2.3 – Структура вагонных парков

Технологически необходимый (потребный) рабочий парк грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе, $P_{\text{раб.потр}}$ (в том числе на путях общего пользования инфраструктуры ОАО «РЖД» $P_{\text{раб.потр.оп}}$ и на железнодорожных путях необщего пользования $P_{\text{раб.потр.ноп}}$) определяется по родам вагонов и подразделениям сети исходя из прогнозируемой перевозочной работы в месяце максимальных грузовых перевозок, а также прогнозируемых изменений грузеного рейса вагона, коэффициента порожнего пробега и коэффициента транзитности вагонопотоков по техническим станциям (в части, зависящей от системы управления вагонными парками), (в частности, в зависимости от системы управления вагонными парками), коэффициента двояных грузовых операций (см. раздел 5.1 методики [83]).

Вместимость путевого развития железнодорожной станции.

Вместимость в поездах:

$$E_{\text{п.ст}} = \Sigma \Pi'_{\text{по}} = \Sigma \Pi_{\text{по}} - \Pi_{\text{гдп}}, \quad (2.1)$$

где $\Sigma \Pi_{\text{по}}$ – количество приемо-отправочных путей для грузовых поездов;

$\Pi_{\text{гдп}}$ – в том числе путей, занимаемых согласно действующему нормативному графику движения пропуском, обгоном и скрещением поездов, не имеющих на станции технологической обработки.

Главные пути на станции включаются в $\Sigma \Pi_{\text{по}}$, если на них выполняется технологическая обработка составов грузовых поездов.

Если полезная длина путей приемо-отправочного парка меньше длины составов, установленной графиком движения поездов, то согласно [11] вместимость парка в поездах равна наибольшему числу поездов установленной длины, которые одновременно могут находиться на всех приемо-отправочных путях.

Вместимость в условных вагонах:

$$E_{в.ст} = \Sigma E'_{по} + \Sigma E_{сп} + \Sigma E_{со} + \Sigma E_{пв} + \Sigma E_{выст} + \Sigma E_{соед} + \Sigma E_{проч} + \Sigma E_{отст}; \quad (2.2)$$

$$\Sigma E'_{по} = \Sigma E_{по} \Sigma \Pi'_{по} / \Sigma \Pi_{по}, \quad (2.3)$$

где $\Sigma E_{по}$, $\Sigma E_{сп}$, $\Sigma E_{со}$, $\Sigma E_{пв}$, $\Sigma E_{выст}$, $\Sigma E_{проч}$, $\Sigma E_{отст}$, $\Sigma E_{соед}$ – суммарная вместимость в условных вагонах соответственно приемо-отправочных, сортировочных, сортировочно-отправочных, погрузочно-выгрузочных, выставочных, прочих путей, путей для отстоя вагонов, соединительных путей с железнодорожными путями необщего пользования.

На станции к учету принимается вместимость только тех путей, которые предназначены для нахождения на них грузовых вагонов. Вместимость путей для погрузки, выгрузки, грузосортировки, перегруза и экипировки изотермического подвижного состава учитывается по фронтам подачи (числу одновременно подаваемых вагонов). Вместимость соединительных путей, не

$$\Sigma E_{соед} = \sum_x X_{пу.х} \cdot m_{пу.х} \cdot t_{пу.х} / 24 = \sum_x \sum_y N_{ноп(x,y)}^* \cdot t_{пу.х} / 24 \quad (2.4)$$

где $X_{пу} m_{пу} = \Sigma N_{ноп(x,y)}^*$ – число подач в сутки и количество вагонов в подачах, исходя из перерабатывающей способности $N_{ноп(x,y)}^*$ железнодорожного пути необщего пользования x по всем родам грузов y ;

$t_{пу}$ – длительность подачи и уборки вагонов (туда и обратно), ч.

Величина $E_{соед}$ учитывается для станции примыкания только в случае проведения приемо-отправочных операций на грузовых фронтах или выставочных путях внутри железнодорожного пути необщего пользования.

Вместимость путевого развития железнодорожного пути необщего пользования определяется аналогично тому, как это делается для станции, с использованием формул (2.2) – (2.4). На пути необщего пользования к учету принимается вместимость только тех путей, которые предназначены для нахождения на них грузовых вагонов, имеющих право выхода на пути общего

пользования. Величина $E_{\text{соед}}$ учитывается для железнодорожного пути необщего пользования только в случае проведения приемосдаточных операций в парках станции примыкания.

Вместимость путевого развития железнодорожного полигона (района управления, региона железной дороги). Вместимость в поездах:

$$E_{\text{п.рег}} = \Sigma E_{\text{п.ст}} + \Sigma E_{\text{п.уч}} \quad (2.5)$$

где $\Sigma E_{\text{п.ст}}$, $\Sigma E_{\text{п.уч}}$ – вместимость в поездах соответственно станций полигона (без примыкающих путей необщего пользования) и участков;

$$\Sigma E_{\text{п.уч}} = \Sigma_i \frac{2n_{\text{гдп.}i} \cdot L_{\text{уч.}i}}{24V_{\text{уч.гдп.}i}} \quad (2.6)$$

где $n_{\text{гдп.}i}$ – графиковые размеры движения грузовых поездов по i -тому участку, пар поездов/сут;

$L_{\text{уч.}i}$ – длина i -го участка, км;

$V_{\text{уч.гдп.}i}$ – графиковая участковая скорость грузовых поездов по i -тому участку, км/ч.

Вместимость в условных вагонах:

$$E_{\text{в.рег}} = \Sigma E_{\text{в.ст}} + \Sigma E_{\text{в.уч.}} \quad (2.7)$$

$$\Sigma E_{\text{в.уч.}} = \Sigma_i \frac{2n_{\text{гдп.}i} m_{\text{ун.}i} L_{\text{уч.}i}}{24V_{\text{уч.гдп.}i}} \quad (2.8)$$

где $m_{\text{ун.}i}$ – унифицированная длина состава поезда для i -того участка, условных вагонов.

Технически допустимый (рациональный) рабочий парк грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе, при котором станции полигона обеспечивают беспрепятственный прием поездов и беспрепятственный обмен

вагонов с железнодорожными путями необщего пользования,

$$P_{\text{техн}} = P_{\text{техн.оп}} + P_{\text{техн.ноп}} = P_{\text{техн.ст}} + P_{\text{техн.уч}} + P_{\text{техн.ноп}}, \quad (2.9)$$

где $P_{\text{техн.оп}}$, $P_{\text{техн.ноп}}$ – наибольший технически допустимый (рациональный) рабочий парк грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе, находящихся соответственно на путях общего пользования инфраструктуры ОАО «РЖД» (в том числе на станциях $P_{\text{техн.ст}}$ и в поездах на участках $P_{\text{техн.уч}}$) и на железнодорожных путях необщего пользования.

Железнодорожная станция:

$$P_{\text{техн.ст}} = (P_{\text{техн.по}} + P_{\text{техн.с}} + P_{\text{техн.со}} + P_{\text{техн.пр}} + P_{\text{техн.пв}} + P_{\text{техн.выст}} + P_{\text{техн.соед}}) / 1,1; \quad (2.10)$$

$$P_{\text{техн.по}} = 0,52 \Sigma E'_{\text{по}} \times \min \{m_{\text{по}} \Sigma \Pi'_{\text{по}} / \Sigma E'_{\text{по}}; 1\}; \quad (2.11)$$

$$P_{\text{техн.с}} = 0,4 \Sigma E_{\text{с}} \times \min \{m_{\text{ф}} \Sigma \Pi_{\text{с}} / \Sigma E_{\text{с}}; 1\}; \quad (2.12)$$

$$P_{\text{техн.со}} = 0,43 \Sigma E_{\text{со}} \times \min \{m_{\text{ф}} \Sigma \Pi_{\text{со}} / \Sigma E_{\text{со}}; 1\}; \quad (2.13)$$

$$P_{\text{техн.пв}} = 0,2 \Sigma E_{\text{пв}}; \quad (2.14)$$

$$P_{\text{техн.пр}} = 0,03 (P_{\text{техн.по}} + P_{\text{техн.с}} + P_{\text{техн.со}} + P_{\text{техн.пв}}); \quad (2.15)$$

$$P_{\text{техн.выст}} = \min \{0,5 \Sigma E_{\text{выст}}; \Sigma [(N^*_{\text{погр.ноп}} + N^*_{\text{выгр.ноп}}) t_{\text{пс}} / (24 k_{\text{сд}})]\}; \quad (2.16)$$

$$P_{\text{техн.соед}} = \Sigma E_{\text{соед}}, \quad (2.17)$$

где $1,1$ – коэффициент, учитывающий непропорциональность развития отдельных парков и маневровых районов станций [31];

$0,03$ – доля количества вагонов, находящихся на вытяжных, подвижных и прочих путях, от суммы вагонных парков на приемо-отправочных, сортировочных и погрузочно-выгрузочных путях [31];

$0,52; 0,43; 0,4; 0,2; 0,5$ – доля суммарного времени занятости путей

соответствующих парков, при котором сохраняется выполнение условий взаимодействия станционных процессов [84], и станция в целом обеспечивает беспрепятственный прием поездов. Указанные значения получены многовариантным имитационным моделированием работы станций с применением имитационной системы ИСТРА [61, 62] для типизированных вариантов исходных данных по станциям различных типов;

$m_{по}$, $m_{ф}$ – средневзвешенный состав грузовых поездов соответственно всех категорий, обрабатываемых на $\Sigma П'_{по}$ приемо-отправочных, приемных, отправочных путях, и соответственно поездов своего формирования на сортировочных и сортировочно-отправочных путях, физических вагонов;

$\Sigma П_{с}$, $\Sigma П_{со}$ – количество соответственно сортировочных и сортировочно-отправочных путей;

$N^*_{погр.ноп}$, $N^*_{выгр.ноп}$ – наличная перерабатывающая способность железнодорожного пути необщего пользования соответственно по погрузке и по выгрузке, вагонов/сут;

$t_{псо}$ – длительность одной приемосдаточной операции, ч;

$k_{сд}$ – коэффициент сдвоенных операций.

Слагаемое $P_{техн.выст}$ включается в формулу (2.10) только в случае проведения приемосдаточных операций в парках станции примыкания. Слагаемое $P_{техн.соед}$ включается в формулу (2.10) только в случае проведения приемосдаточных операций на грузовых фронтах или выставочных путях внутри пути необщего пользования.

Железнодорожный путь необщего пользования:

$$P_{техн.ноп} = (N^*_{погр.ноп} + N^*_{выгр.ноп})(t_{гр} + t_{пу} + t_{псо}) / (24 k_{сд}), \quad (2.18)$$

где $t_{гр}$ – технологический срок оборота вагона с одной грузовой операцией на железнодорожном пути необщего пользования, ч.

Слагаемое $t_{\text{псо}}$ включается в формулу (2.18) только в случае проведения приемосдаточных операций на грузовых фронтах или выставочных путях внутри пути необщего пользования. Слагаемое $t_{\text{пу}}$ включается в формулу (2.18) только в случае проведения приемосдаточных операций в парках станции примыкания.

Железнодорожный полигон (район управления, регион железной дороги:

$$P_{\text{техн}} = \Sigma P_{\text{техн.ст}} + \Sigma P_{\text{техн.уч}}; \quad (2.19)$$

$$\Sigma P_{\text{техн.уч}} = \Sigma nt_{\text{гдп}} m_{\text{ун}} / 24, \quad (2.20)$$

где $\Sigma nt_{\text{гдп}}$ - сумма поездо-часов на участках полигона по нормативному графику движения поездов.

$m_{\text{ун}}$ – унифицированная длина состава поезда, условных вагонов.

Рациональное соотношение вместимости путевого развития и рабочего парка вагонов на станциях (допустимое значение коэффициента вместимости путевого развития станций). Железнодорожный путь необщего пользования:

$$\varphi_{\text{рац.ноп}} = (E_{\text{в.ноп}} - \Sigma E_{\text{отст}}) / (P_{\text{техн.ноп}} \omega). \quad (2.21)$$

Железнодорожная станция:

$$\varphi_{\text{рац.ст}} = (E_{\text{в.ст}} - \Sigma E_{\text{отст}}) / (P_{\text{техн.ст}} \omega), \quad (2.22)$$

где ω – отношение средневзвешенной длины физического вагона на рассчитываемом полигоне (по существующей структуре вагонного парка) к длине условного вагона, $\omega = l_{\text{ср. физ}} / l_{\text{усл}}$.

Железнодорожный полигон (регион железной дороги, район управления Диспетчерского центра управления перевозками) – по станциям без учета участков и путей необщего пользования:

$$\varphi_{\text{рац.рег}} = 1,05 k_{\text{рег}} (\Sigma E_{\text{в.ст}} - \Sigma E_{\text{отст}}) / [\Sigma P_{\text{техн.ст}} \omega], \quad (2.23)$$

где $1,05$ – коэффициент, учитывающий неравномерность размещения

вагонных парков между станциями региона [31];

$k_{\text{рег}}$ – коэффициент, учитывающий необходимость регулирующей емкости путевого развития в регионах железных дорог: в регионах железных дорог: с особо интенсивным пассажирским движением всех видов; обслуживающих морские и речные порты, перегрузочные пограничные переходы либо подходы к ним; расположенных на основных загруженных направлениях сети ОАО «РЖД»; $k_{\text{рег}} = 1,0 \div 1,2$ [35].

Рассчитанные по представленной методике рациональные соотношения вместимости путевого развития и рабочего парка вагонов по данным за 2019 г. составляют:

- по сортировочным станциям ОАО «РЖД» - в среднем $\varphi_{\text{рац.ст}} = 2,80$;
- по регионам железных дорог ОАО «РЖД» - в среднем $\varphi_{\text{рац.рег}} = 3,87$.

Диапазон значений $\varphi_{\text{рац.ст}}$ по сортировочным станциям составляет от 2,41 (нечётная система ст. Санкт-Петербург-сортировочный Московский) до 3,58 (четная система ст. Дёма).

Диапазон значений $\varphi_{\text{рац.рег}}$ по регионам железных дорог составляет от 3,06 (Красноярский регион) до 5,25 (Мичуринский регион). Наименьшие значения $\varphi_{\text{рац.рег}}$ имеют место по регионам железных дорог с высокой транзитностью поездопотоков (Красноярский, Тайшетский, Хабаровский, Златоустовский, Могочинский) и по Кузбасскому региону, где значительна путевая емкость железнодорожных путей необщего пользования. Наибольшие значения $\varphi_{\text{рац.рег}}$ имеют место по регионам железных дорог Алтайскому, Мичуринскому, Минераловодскому, где на многих станциях недостаточна полезная длина путей. В припортовых регионах $\varphi_{\text{рац.рег}}$ составляет от 3,55 до 4,36; в регионах с высокой интенсивностью пассажирского и пригородного движения – от 4,28 до 4,74.

Допустимая величина порожнего вагонного парка, не участвующего в перевозочном процессе (порожних вагонов рабочего парка $P_{\text{отст}}$ и вагонов нерабочего парка $P_{\text{ст.нер}}$), который может быть размещен на станциях полигона, при технически допустимом парке вагонов, равном $P_{\text{техн.ст}}$:

– в условных вагонах

$$P_{\text{отст.усл}} + P_{\text{ст.нер.усл}} = E_{\text{в.ст}} - P_{\text{техн.ст}} \varphi_{\text{рац.ст}} \omega, \quad (2.24)$$

– в физических вагонах

$$P_{\text{отст}} + P_{\text{ст.нер}} = E_{\text{в.ст}} / \omega - P_{\text{техн.ст}} \varphi_{\text{рац.ст}}. \quad (2.25)$$

Фактический рабочий парк грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе, для выполнения заданных объемов перевозок

$$P_{\text{факт}} = P_{\text{факт.оп}} + P_{\text{факт.ноп}}; \quad (2.26)$$

$$P_{\text{факт.оп}} = P_{\text{раб.ст}} - (P_{\text{раб.отст}} + P_{\text{з.пор}}) + P_{\text{раб.уч}}; \quad (2.27)$$

$$P_{\text{факт.ноп}} = P_{\text{раб.ноп}} - P_{\text{сн.ноп}}, \quad (2.28)$$

где $P_{\text{раб.оп}}$, $P_{\text{раб.ноп}}$ – фактический рабочий парк грузовых вагонов, находящихся соответственно на путях общего пользования инфраструктуры ОАО «РЖД» (в том числе на станциях $P_{\text{раб.ст}}$ и в поездах на участках $P_{\text{раб.уч}}$) и на железнодорожных путях необщего пользования;

$P_{\text{раб.отст}}$ – количество грузовых вагонов рабочего парка, находящихся в отстое на путях общего пользования, в том числе по договорам с операторами подвижного состава;

$P_{\text{з.пор}}$ – количество грузовых вагонов рабочего парка, находящихся в составе порожних поездов, временно отставленных от движения;

$P_{\text{сн.ноп}}$ – количество грузовых вагонов рабочего парка, находящихся на железнодорожных путях необщего пользования сверх установленных нормативов времени (более 24 часов по истечении технологического срока оборота вагонов либо более 36 часов с момента подачи вагонов под погрузку, выгрузку локомотивами перевозчика).

Фактический рабочий парк грузовых вагонов, не участвующих в перевозочном процессе, составляет на станционных путях общего пользования

$P_{\text{раб.отст}} + P_{\text{з.пор}}$ вагонов, на железнодорожных путях необщего пользования
 $P_{\text{сн.ноп}}$ вагонов.

Фактическое значение коэффициента вместимости путевого развития станций

$$\varphi_{\text{факт}} = \sum (E_{\text{факт}} - E_{\text{факт.отст}}) / [(P_{\text{раб.ст}} - (P_{\text{раб.отст}} + P_{\text{нрп.ст}} + P_{\text{з.пор}})) \omega], (2.29)$$

где $E_{\text{факт}}$ – фактическая емкость путевого развития, условных вагонов;

$E_{\text{факт.отст}}$ – емкость путевого развития, условных вагонов, занятая порожними вагонами в отстое на станции $P_{\text{раб.отст}}$, вагонами в составе порожних поездов, временно отставленных от движения, $P_{\text{з.пор}}$ и вагонами нерабочего парка на путях станции $P_{\text{нрп.ст}}$;

Резерв (+) или дефицит (–) вместимости путевого развития станции:

– для технологически необходимого (потребного) рабочего парка грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{потр.ст}} = (E_{\text{в.ст}} - \sum E_{\text{отст}}) - P_{\text{раб.потр.ст}} \varphi_{\text{рац.ст}} / \omega, (2.30)$$

– для фактического рабочего парка грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{факт.ст}} = (E_{\text{в.ст}} - \sum E_{\text{отст}}) - P_{\text{факт.ст}} \varphi_{\text{рац.ст}} / \omega, (2.31)$$

– для фактического количества вагонов, не участвующих в перевозочном процессе,

$$/\Delta E_{\text{отст}} = E_{\text{в.ст}} \omega - P_{\text{факт.ст}} \varphi_{\text{рац.ст}} - (P_{\text{факт.отст.оп}} + P_{\text{факт.нрп.оп}}), (2.32)$$

где $P_{\text{факт.нрп.оп}}$ – количество вагонов нерабочего парка на путях общего пользования, включая неисправные, не поданные на пути предприятий вагонного хозяйства.

При определении величины $\Delta E_{\text{отст}}$ необходима проверка

$$P_{\text{факт.отст.оп}} + P_{\text{факт.нрп.оп}} \leq E_{\text{отст.разр}}, \quad (2.33)$$

где $E_{\text{отст.разр}}$ – суммарная вместимость станционных путей, на которых по техническим условиям (включая продольный профиль) разрешены отставление поездов от движения и отстой подвижного состава.

Резерв (+) или дефицит (–) вместимости железнодорожного полигона (региона железной дороги, района управления Диспетчерского центра управления перевозками) – по станциям без учета участков и путей необщего пользования:

– для технологически необходимого (потребного) рабочего парка грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{потр.ст}} = (\sum E_{\text{в.ст}} - \sum E_{\text{отст}}) - \sum P_{\text{раб.потр.ст}} \varphi_{\text{рац.рег}} / \omega, \quad (2.34)$$

– для фактического рабочего парка грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{факт.ст}} = (\sum E_{\text{в.ст}} - \sum E_{\text{отст}}) - \sum P_{\text{факт.ст}} \varphi_{\text{рац.рег}} / \omega, \quad (2.35)$$

– для фактического количества вагонов рабочего и нерабочего парка, не участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{отст}} = \sum E_{\text{в.ст}} / \omega - \sum P_{\text{факт.ст}} \varphi_{\text{рац.рег}} - (\sum P_{\text{факт.отст.оп}} + \sum P_{\text{факт.нрп.оп}}). \quad (2.36)$$

Резерв (+) или дефицит (–) вместимости железнодорожных путей необщего пользования:

– для технологически необходимого (потребного) рабочего парка грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{потр.ноп}} = (E_{\text{в.ноп}} - \sum E_{\text{отст}}) - P_{\text{раб.потр.ноп}} \varphi_{\text{рац.ноп}} / \omega, \quad (2.37)$$

– для фактического рабочего парка грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{факт.ноп}} = (E_{\text{в.ноп}} - \sum E_{\text{отст}}) - P_{\text{факт.ноп}} \varphi_{\text{рац.ноп}} / \omega, \quad (2.38)$$

– для фактического количества вагонов рабочего и нерабочего парка, не участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{отст.ноп}} = E_{\text{в.ноп}} / \omega - P_{\text{факт.ноп}} \varphi_{\text{рац.ноп}} - (P_{\text{факт.отст.ноп}} + P_{\text{факт.нрп.ноп}}). \quad (2.39)$$

Резерв (+) или дефицит (–) вместимости участков:

– для технологически необходимого (потребного) рабочего парка грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{потр.уч}} = \sum E_{\text{в.уч}} - P_{\text{раб.потр.уч}}. \quad (2.40)$$

– для фактического рабочего парка грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе,

$$\Delta E_{\text{факт.уч}} = \sum E_{\text{в.уч}} - P_{\text{факт.уч}}. \quad (2.41)$$

2.4 Влияние уровней заполнения путевого развития вагонным парком на использование пропускной способности станций и участков

Потери пропускной и перерабатывающей способности станций.

Дефицит вместимости путевого развития станций вызывает исключение части станционных путей из работы по пропуску и переработке потока поездов. Перерасчет результирующей пропускной способности станции с учетом исключения путей из работы следует вести согласно разделу 2 Инструкции [11] и порядку расчёта технико-технологических ограничений по станциям и сортировочным системам для разработки плана формирования и графика движения поездов согласно П1.6 Приложения 1 [85].

При этом с учетом существующего непропорционального развития станционных парков конкретный перечень путей станции, составляющих величины дефицита вместимости $\Delta E_{ст}$, $\Delta E_{ноп}$ и $\Delta E_{отст}$, следует определять:

– исходя не из фактического расположения вагонов на путях, а из наименьшего отрицательного влияния на эксплуатационные возможности станции по выполнению поездной, сортировочной и грузовой работы;

– с учетом регулирования штата ПТО вагонов, приемщиков поездов и количества маневровых локомотивов;

– с учетом исключения потерь времени занятия путей, вызываемых нерациональной технологией выполнения станционных операций (в частности, регламента служебных переговоров [114]).

Потери пропускной и перерабатывающей способности станций вычисляются следующими возможными способами:

1) наиболее точным и трудоемким – построением полной имитационной модели станции и постановкой серии специальных имитационных экспериментов;

2) приближенным, но менее трудоёмким - путём полного перерасчета в соответствии с разделами 2 и 6 Инструкции по расчету наличной пропускной способности железных дорог [11] с исключением из расчёта путей, занятых избыточным наличием вагонов рабочего и нерабочего парка, либо вычислением поправочных коэффициентов для корректировки значений результирующей пропускной способности.

Во втором случае дефицит вместимости станционных путей $\Delta E_{ст}$ необходимо распределить между станционными парками пропорционально резервам их мощности, установленным в действующем расчете пропускной и перерабатывающей способности станции: дефицит вместимости парка z

$$\Delta E_z = \Delta E_{ст} E_z (1 - K_{исп.z}) / \sum_z [E_z (1 - K_{исп.z})], \quad (2.42)$$

где E_z – существующая вместимость парка z , условных вагонов;

$K_{исп.z}$ – коэффициент использования наличной пропускной способности

парка z (для сортировочных и сортировочно-отправочных парков – коэффициент использования перерабатывающей способности сортировочного устройства).

Вместимость E_z принимается: для приемо-отправочных (приемных, отправочных) парков – за вычетом главных путей, ходовых путей и путей для пассажирских поездов; для сортировочных (сортировочно-отправочных) парков – за вычетом путей в количестве, равном числу формируемых поездных и внутристанционных назначений (в частном случае для сортировочного парка $E_z = 0$).

Порядок расчёта иллюстрирует следующий пример. Односторонняя сортировочная станция с исходными данными, представленными в таблице 2.2. В примере принято, что горловины станции не лимитируют её пропускную способность.

Таблица 2.2 – Исходные данные для расчёта потерь пропускной и перерабатывающей способности станции

Показатели	Значения показателей по элементам			
	парк приёма	горка	сортировочный парк	приемо-отправочный парк
Число путей	12		24	8
в т. ч. диспетчерских			3	
Вместимость парка E_z , усл. вагонов	850		210*	560
Наличная пропускная способность n_n , поездов/сут	140	75	–	80
Среднесуточные размеры движения, поездов/сут: в расформирование n_p своего формирования n_ϕ транзитных $n_{тр}$	55	55	–	–
	–	–	55	55
	–	–	–	15

*для сортировочного парка в E_z входит только вместимость диспетчерских путей.

Коэффициенты использования наличной пропускной способности парков:

– приёма

$$K_{\text{исп. пп}} = \frac{n_p}{n_{\text{н. пп}}} = \frac{55}{140} = 0,393;$$

– сортировочного

$$K_{\text{исп. сп}} = \frac{n_{\phi}}{n_{\text{н. гор}}} = \frac{55}{75} = 0,733;$$

– приемо-отправочного

$$K_{\text{исп. поп}} = \frac{n_{\phi} + n_{\text{тр}}}{n_{\text{н. поп}}} = \frac{55 + 15}{80} = 0,875.$$

При этом отношение $E_z (1 - K_{\text{исп. z}}) / \sum [E_z (1 - K_{\text{исп. z}})]$, из формулы (2.42) будет равно: для парка приёма 0,804; для сортировочного парка 0,087; для приемо-отправочного парка 0,109.

В зависимости от дефицита вместимости парка z его реализуемая пропускная способность составит

$$n'_z = n_z \frac{E_z - \Delta E_z}{E_z}, \quad (2.43)$$

где n_z – наличная пропускная способность парка z с учётом допустимого уровня её использования, поездов/сут.

Результирующая пропускная способность станции (при условии, что её не лимитирует ни одна из горловин)

$$n'_{\text{рез}} = \min\{n'_{\text{приб}}; n'_{\text{отпр}}\}; \quad (2.44)$$

$$n'_{\text{приб}} = \min\{n'_{\text{пп}}; n'_{\text{гор}}\} + n_{\text{тр}}; \quad (2.45)$$

$$n'_{\text{отпр}} = n'_{\text{поп}}, \quad (2.45)$$

где $n'_{\text{пп}}; n'_{\text{гор}}; n'_{\text{поп}}$ – реализуемая пропускная и перерабатывающая способность соответственно парка приёма, сортировочной горки и приемо-отправочного парка, поездов/сут, при дефиците вместимости ΔE_z вагонов.

Результаты расчетов реализуемой пропускной и перерабатывающей

способности станции представлены в таблице 2.3. Пропускная способность парков приёма и приёмо-отправочного определена по формуле (2.43). Перерабатывающая способность горки снижается из-за перерывов в работе в связи с заполнением сортировочных путей и невозможностью роспуска [85].

Расчёты в таблице 2.3 выполнены в двух вариантах:

1) с распределением дефицита вместимости путей пропорционально резервам пропускной способности парков согласно формуле (2.42);

2) с первоочередным заполнением избыточными вагонами парка приема, имеющего наибольший резерв пропускной способности, до уровня $\Delta E_{пп} = 500$ вагонов, при котором полностью поглощается резерв пропускной способности парка, и последующим заполнением путей остальных парков пропорционально резервам их пропускной способности согласно формуле (2.42).

Во втором варианте, как показано в таблице 2.3, потери результирующей

Таблица 2.3 – Реализуемая пропускная и перерабатывающая способность станции при дефиците вместимости путей

Дефицит вместимости путей $\Delta E_{ст}$, вагонов	Реализуемая пропускная и перерабатывающая способность, поездов/сут			
	парка приёма $n'_{пп}$	горки $n'_{гор}$	приемо-отправочного парка $n'_{поп}$	результирующая $n'_{рез}$
1	2	3	4	5
Вариант 1 – распределение дефицита вместимости путей пропорционально резервам пропускной способности парков				
0	140	75	80	80
100	126,8	75,0	79,0	79,0
200	113,5	75,0	77,9	77,9
300	100,3	75,0	76,9	76,9
400	87,0	75,0	75,9	75,9
500	73,8	75,0	74,9	74,9
600	60,6	75,0	73,8	73,8
700	47,3	73,0	72,8	62,3

Окончание таблицы 2.3

1	2	3	4	5
800	34,1	71,0	71,8	49,1
900	20,9	69,0	70,8	35,9
Вариант 2 – первоочередное заполнение избыточными вагонами парка приема, имеющего наибольший резерв пропускной способности				
0	140	75	80	80
100	123,5	75,0	80,0	80,0
200	107,1	75,0	80,0	80,0
300	90,6	75,0	80,0	80,0
400	74,1	75,0	80,0	80,0
500	57,6	75,0	80,0	72,6
600	49,4	75,0	75,3	64,4
700	47,3	73,0	72,8	62,3
800	34,1	71,0	71,8	49,1
900	20,9	69,0	70,8	35,9

Число приемо-отправочных путей на промежуточной станции (кроме главных)

$$P_{\text{по}} = P_{\text{гдп}} + P_{\text{техн}} + P_{\text{отст}} + P_{\text{рез}}, \quad (2.46)$$

где $P_{\text{гдп}}$ – число приемо-отправочных путей, используемых для пропуска, обгона и скрещения поездов по графику движения;

$P_{\text{техн}}$ – число приемо-отправочных путей, используемых в технологии работы станции (отстой пригородных и пассажирских составов, обработка сборных и вывозных поездов и отправительских маршрутов);

$P_{\text{отст}}$ – число приемо-отправочных путей, используемых для отстоя порожних вагонов;

$P_{\text{рез}}$ – резерв приемо-отправочных путей для размещения задержанных в

продвижении составов.

Если число задержанных составов на станции

$$n_{\text{ост.гр}} \leq \Pi_{\text{рез}}, \quad (2.47)$$

то это не вызывает потерь ниток графика движения поездов.

Если

$$n_{\text{ост.гр}}(j) + n_{\text{ост.пор}}(j) > \Pi_{\text{рез}}, \quad (2.48)$$

то каждый задержанный состав уменьшает на единицу число путей для скрещения и обгона поездов $\Pi_{\text{гдп}}$, вызывая снижение допустимых размеров грузового движения по участку на $n_{\text{сн.уч}}$ пар поездов/сут.

Увеличение емкости участка при исключении из работы одного приемо-отправочного пути, участвующего в приеме и отправлении поездов согласно нормативному графику движения,

$$\Delta E_{\text{уч}} = m [1 - n_{\text{сн.уч}} L_{\text{уч}} / (24 V_{\text{уч}})]. \quad (2.49)$$

Величина потерь пропускной способности участка по перегонам под действием факторов, указанных на рисунок 2.4, вычисляется аналитически с применением известных формул инструкции [11] и может быть уточнена графической проверкой.

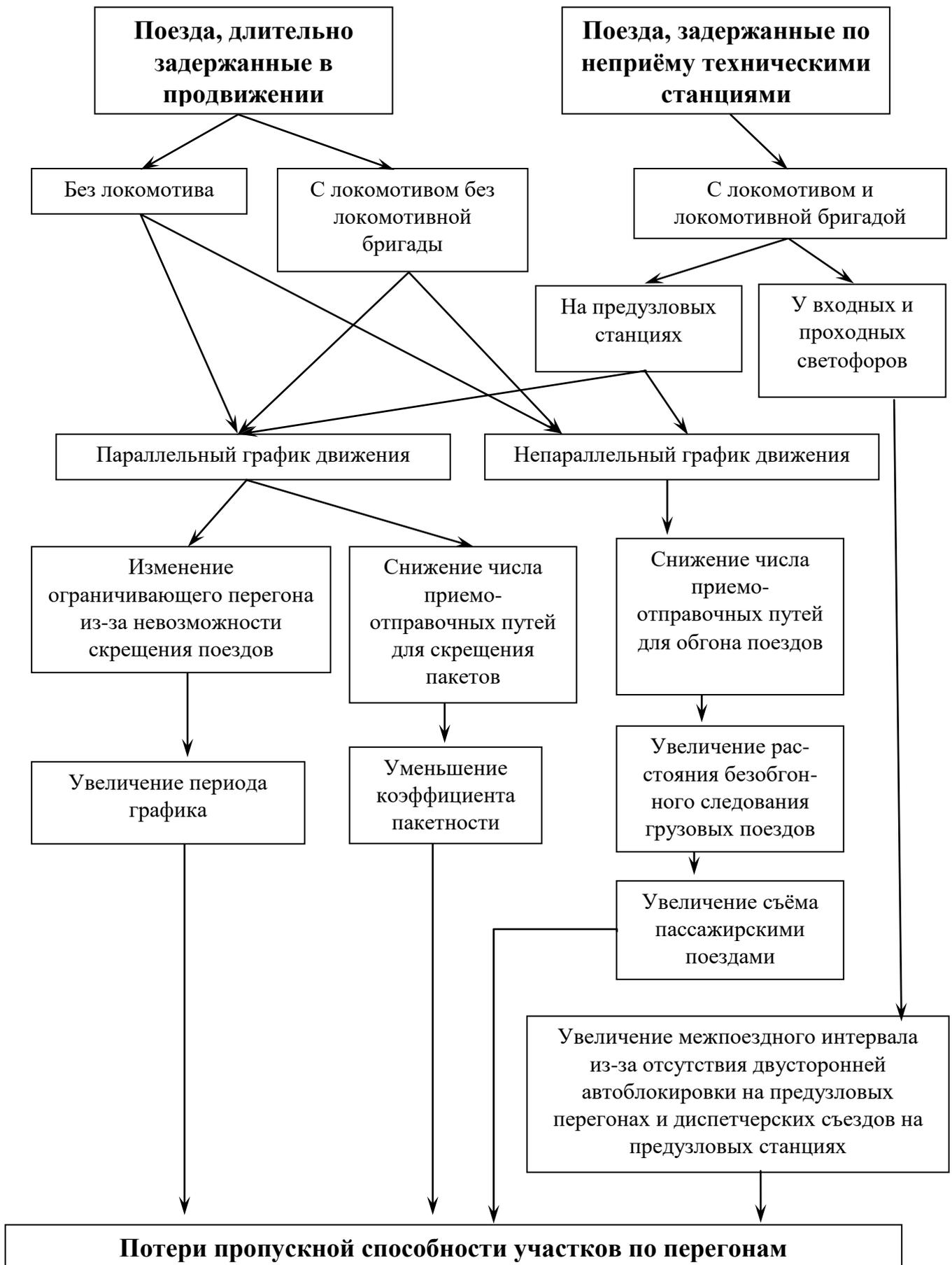


Рисунок 2.4 – Факторы, определяющие потери пропускной способности перегонов при избыточном насыщении участков поездами

2.5 Влияние уровней заполнения путевого развития вагонным парком на показатели эксплуатационной работы

Уровни заполнения путевого развития вагонным парком влияют на показатели работы станций (время нахождения грузовых вагонов на станциях) и полигонов (число задерживаемых по неприему поездов и время их задержек; участковая скорость грузовых поездов; потребный контингент локомотивных бригад грузового движения; эксплуатируемый парк локомотивов; время задержек поездов, отставленных от движения).

На рисунке 2.5 представлена структурная схема оценки влияния избыточного вагонного парка на эффективность и результативность перевозочного процесса. Расчеты следует выполнять с применением изложенных зависимостей, результатов работы [31] и известных формул.

При наличии на полигоне избыточного парка грузовых вагонов участковая скорость грузовых поездов снижается за счёт:

- уменьшения реализуемой пропускной способности участка (см. п. 2.4);
- «выталкивания» поездов на участок с технических станций с интервалом менее периода графика (расчётного межпоездного интервала);
- задержек поездов на участке по неприёму техническими станциями.

Эти факторы исследованы в монографиях [31, 78]. В [78] разработаны зависимости для расчёта участковой скорости грузовых поездов в зависимости от заполнения пропускной способности и трёх видов задержек грузовых поездов в пределах участка: в точках пересечения поездопотоков, в точках слияния поездопотоков и по неприёму конечными станциями участка.

Вместе с тем необходимо использовать данные современных исследований. В АО «ИЭРТ» [86] типизированы условия работы технических станций и участков, выполнены массовые расчеты с применением системы имитационного моделирования ИМЕТРА [63]. Авторами работы [86] данные по сериям модельных экспериментов были обработаны стандартными методами

регрессионного анализа и представлены в виде следующих зависимостей:

$$H = f_1(\delta); \quad (2.50)$$

$$H = f_2(\delta, \gamma_{\text{вход}}); \quad (2.51)$$

$$t_3 = f_3(\delta); \quad (2.52)$$

$$t_{31} = f_4(\delta); \quad (2.53)$$

$$t_3 = f_5(\delta, \gamma_{\text{вход}}); \quad (2.54)$$

$$t_{31} = f_6(\delta, \gamma_{\text{вход}}); \quad (2.55)$$

$$t_{\text{ож.отпр}} = f_7(\gamma_{\text{уч}}, n_{\text{отпр}}); \quad (2.56)$$

$$\gamma_{\text{оп}} = f_8(t_{\text{отпр}}); \quad (2.57)$$

$$\delta = \frac{\sum t_{\text{зан}}}{1440\text{П}}, \quad (2.58)$$

где H – эксплуатационная надежность работы станции по приёму поездов;

δ – коэффициент занятости путей по времени в приемных и приемо-отправочных парках;

$\gamma_{\text{вход}}$ – загрузка входного участка с враждебным элементом на подходе к технической станции (при наличии в пределах участка примыканий с враждебностью маршрутов следования поездов);

t_3 – среднее время задержки грузового поезда на подходе к технической станции (в среднем для поездопотока), мин;

t_{31} – среднее время задержки грузового поезда на подходе к технической станции (для задерживаемых поездов), мин;

$t_{\text{ож.отпр}}$ – среднее время ожидания отправления грузового поезда, мин;

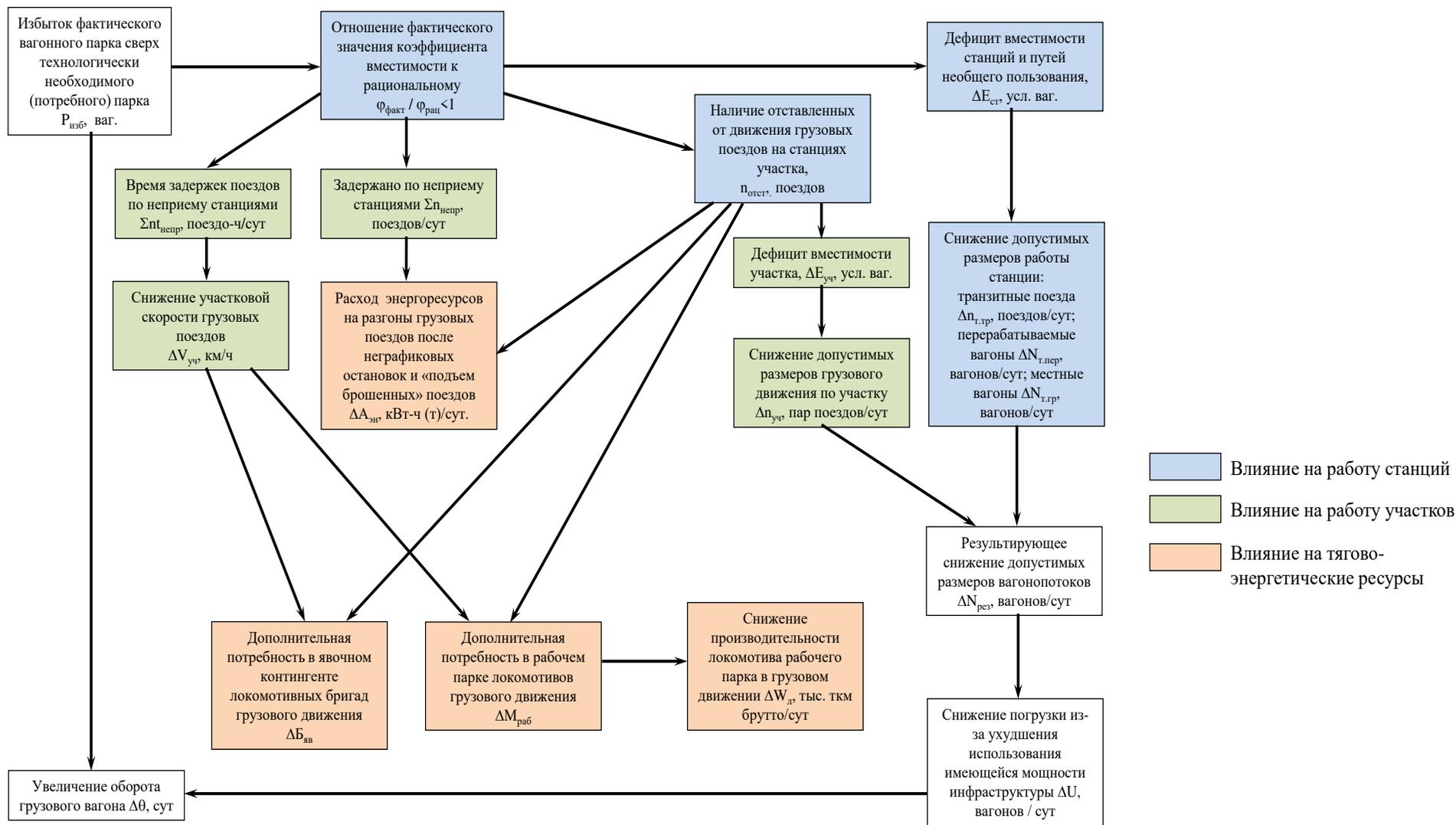


Рисунок 2.5 – Схема оценки влияния избыточного вагонного парка на эффективность и результативность перевозочного процесса

$\gamma_{\text{уч}}$ – загрузка выходного участка;

$n_{\text{отпр}}$ – среднее число грузовых поездов, отправляемых на участок в сутки;

$\gamma_{\text{оп}}$ – технически допустимая загрузка путей приемо-отправочного парка (при которой не возникает задержек поездов перед парком);

$t_{\text{отпр}}$ – среднее время нахождения поездов, отправляемых на участок, на путях отправления, мин;

$\sum t_{\text{зан}}$ – суммарное за сутки время занятия путей парка подвижным составом, передвижениями и приготовленными маршрутами, мин;

Π – число путей в парке.

С использованием данных зависимостей участковая скорость грузовых поездов составит

$$V_{\text{уч}} = \frac{n_{\text{гр}} L_{\text{уч}}}{\frac{n_{\text{гр}} L_{\text{уч}}}{V'_{\text{уч}}} + \frac{[t_3 + (1-H)(t_3 + t_p)]}{60} n_{\text{гр}}}, \quad (2.59)$$

где $V'_{\text{уч}}$ – участковая скорость грузовых поездов, определяемая [85] в зависимости от технической вооруженности участка, графиковой участковой скорости и изменения размеров движения пассажирских и грузовых поездов относительно графиковых размеров движения, км/ч;

$n_{\text{гр}}$ – расчетные размеры грузового движения, пар поездов/сут;

$L_{\text{уч}}$ – длина участка, км;

$1 - H$ – доля грузовых поездов, задерживаемых по неприёму;

t_3, t_p – среднее время соответственно замедления и разгона поезда, задерживаемого по неприёму, мин.

Выражение (2.59) показывает, что при известном значении $V'_{\text{уч}}$ размеры движения можно сократить, и тогда формула принимает вид

$$V_{\text{уч}} = \frac{L_{\text{уч}}}{\frac{L_{\text{уч}}}{V'_{\text{уч}}} + \frac{[t_3 + (1-H)(\tau_3 + \tau_p)]}{60}}. \quad (2.60)$$

Для оценки характера и возможных диапазонов изменения участковой скорости грузовых поездов представлены результаты расчётов для двух участков работы локомотивных бригад, технические характеристики которых приведены в таблице 2.4.

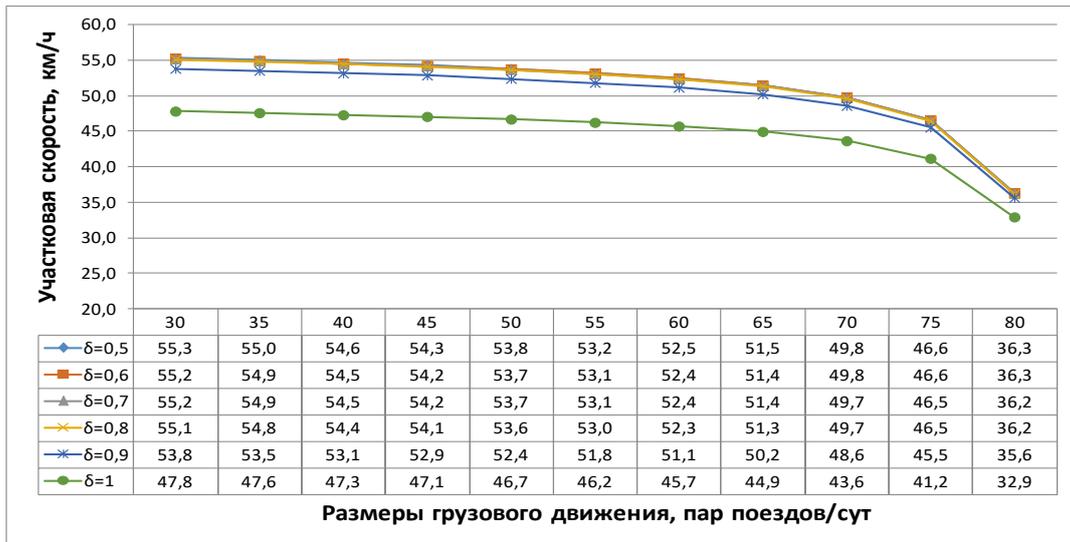
Изменение участковой скорости из-за задержек поездов по неприёму технической станцией при различных размерах грузового движения на рассматриваемых участках (рисунок 2.6 и 2.7) показывает, что при низком и среднем (до 0,7) заполнении пропускной способности участка задержки по неприёму снижают участковую скорость грузовых поездов на 11-23% на двухпутном и на 6-16% на однопутном участке. При высоком (0,9 и более) заполнении пропускной способности аналогичные затраты поездочного простоя оказывают меньшее влияние на участковую скорость: снижение составляет 7-16 % на двухпутном и 3-7 % на однопутном участке.

Потери участковой скорости из-за неприема станциями сильно зависят от наличия в пределах участка и структуры примыканий с пересечениями и слияниями поездопотоков, враждебностью маршрутов следования поездов. В работе [86] это показано на результатах моделирования взаимодействия технической станции и входного участка (рисунок 2.8).

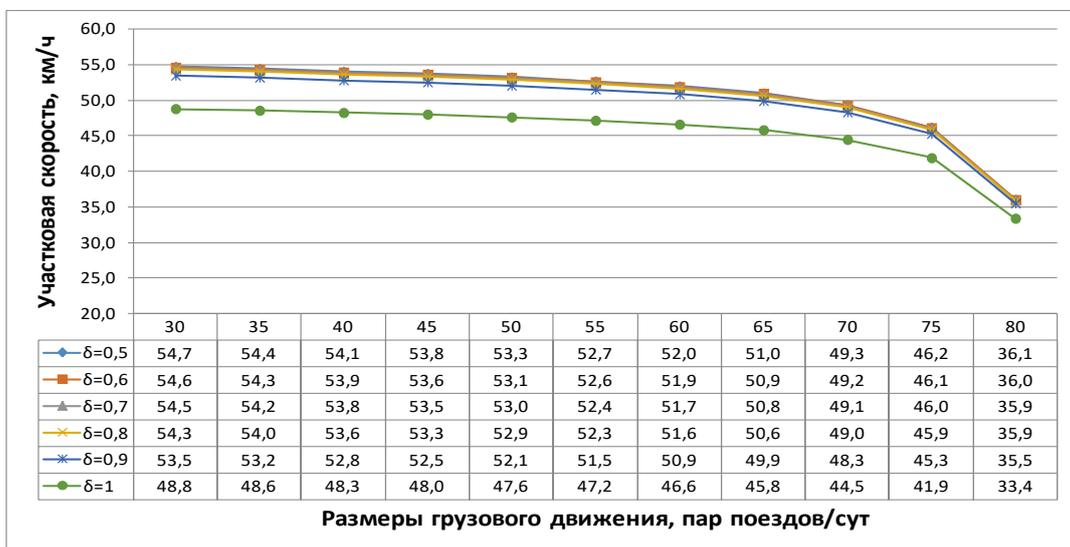
В таблице 2.5 приведены результаты массовых расчётов по определению диапазонов изменения потерь в участковой скорости грузовых поездов из-за неприёма техническими станциями.

Пути для приёма поездов на технической станции освобождаются несинхронно с освобождением маршрутов пропуска по точкам пересечения поездопотоков на станциях участка. Поэтому чем выше загрузка таких точек $\gamma_{\text{вход}}$, тем больше простои поездов в ожидании дальнейшего движения и, следовательно, больше потери в участковой скорости.

а)



б)



в)

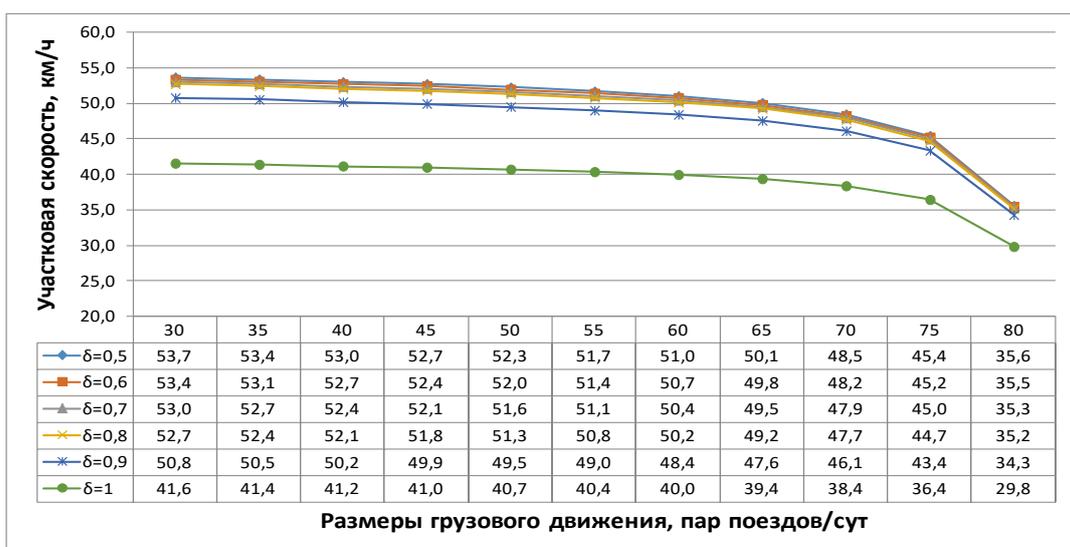


Рисунок 2.6 – Зависимость $V_{уч} = f(n_{гр}, \delta)$ для двухпутного участка А – К: а) без учета враждебного элемента на подходе; б) с загрузкой враждебного элемента $\gamma_{вход} = 0,2$; в) с загрузкой враждебного элемента $\gamma_{вход} = 0,9$

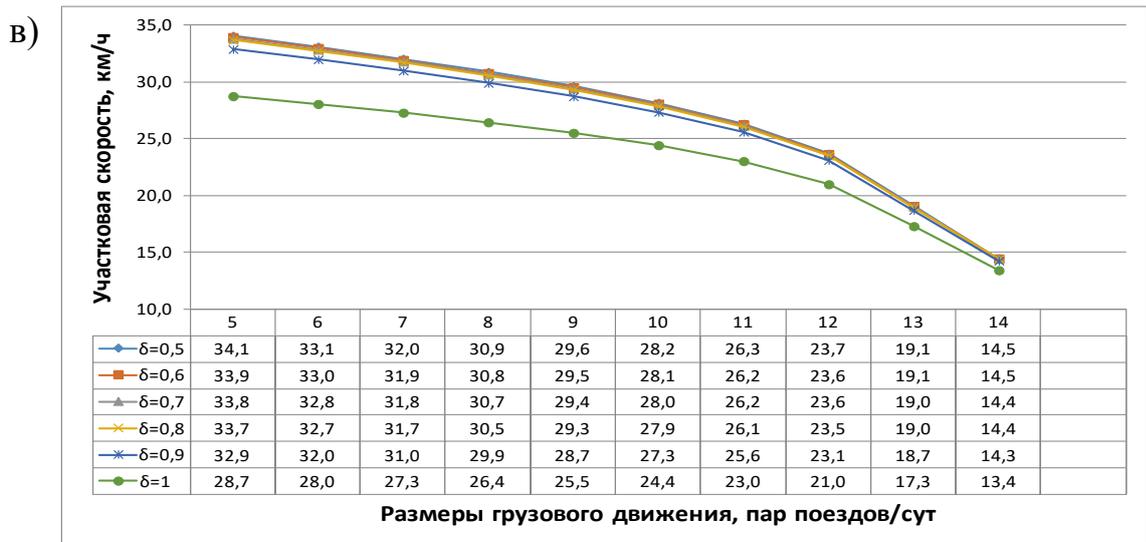
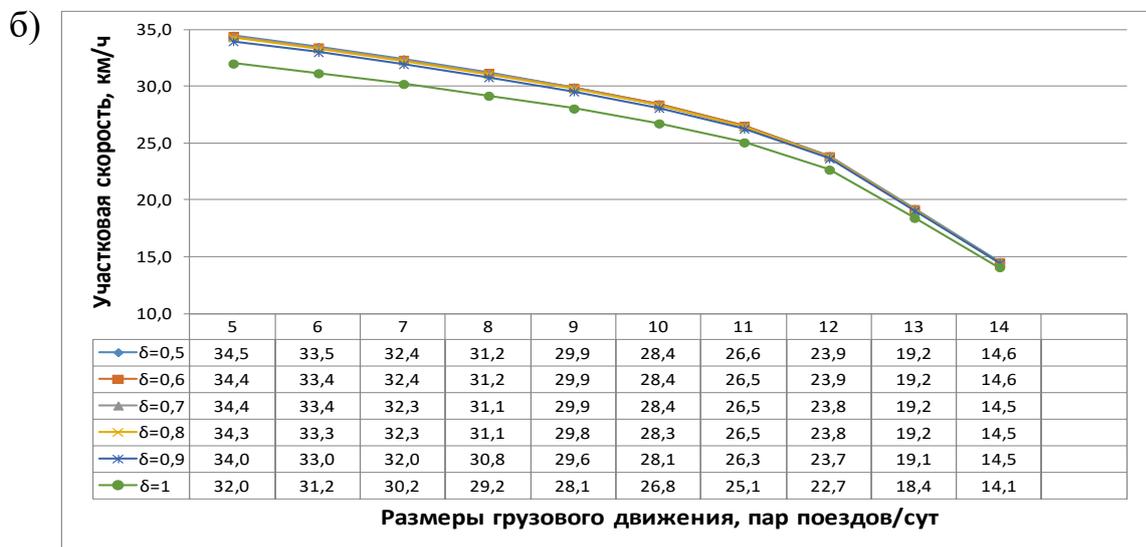
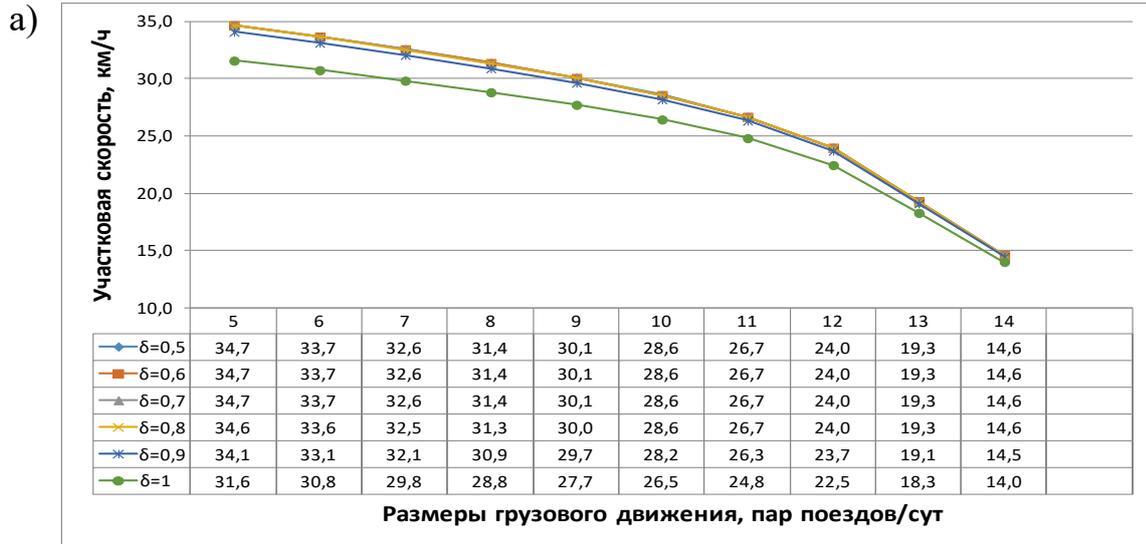


Рисунок 2.7 – Зависимость $V_{уч} = f(n_{гр}, \delta)$ для однопутного участка А – Ч: а) без учета враждебного элемента на подходе; б) с загрузкой враждебного элемента $\gamma_{вход} = 0,2$; в) с загрузкой враждебного элемента $\gamma_{вход} = 0,9$

Таблица 2.4 – Техническая характеристика участков работы локомотивных бригад

Наименование участка	А - К	А - Ч
Род тяги, серия локомотива	Э, ВЛ80С	Т, 3ТЭ10У
Число главных путей	2	1
Средства сигнализации и связи	АБ	АБ
Длина участка $L_{уч}$, км	345	186
Графиковые размеры движения поездов, пар:		
пассажирских дальнего следования $n_{пс}$	9	2
пригородных $n_{приг}$	5	7
грузовых $n_{гр}$	65	4
Участковая скорость грузовых поездов по нормативному ГДП $V'_{уч}$, км/ч	47,9	31,2
Коэффициент потребности локомотивов на 1 пару грузовых поездов по нормативному ГДП $k'_п$	0,76	1,35
Коэффициент учёта вспомогательного времени работы локомотивных бригад по нормативному ГДП $\psi_{лб}$	0,17	0,20

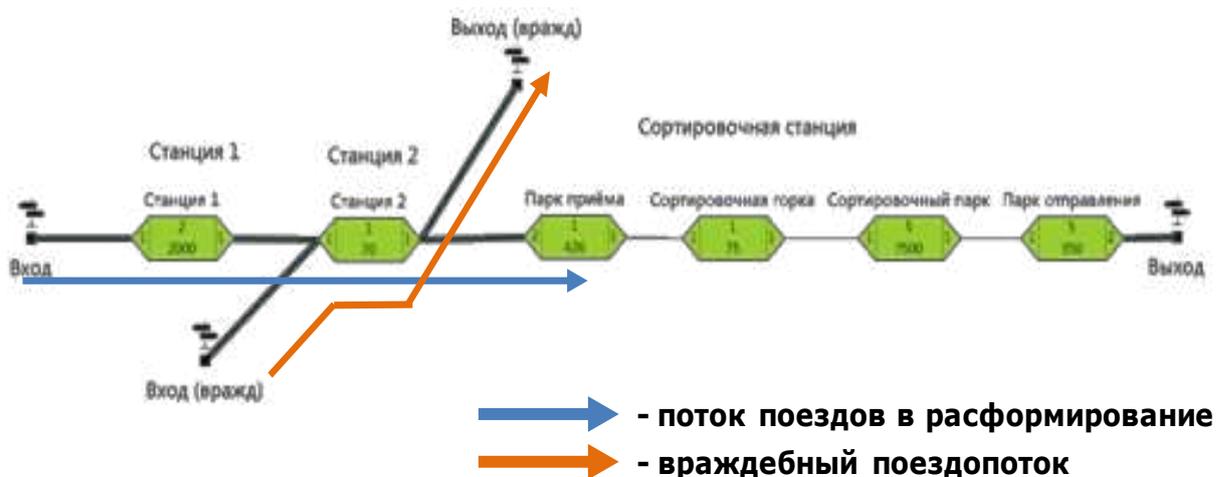


Рисунок 2.8 – Схема моделируемой транспортной сети для определения параметров взаимодействия технической станции и входного участка при задержках по неприёму поездов в исследовании [86]

Таблица 2.5 – Диапазоны изменения потерь в участковой скорости грузовых поездов из-за неприёма техническими станциями

Участки	Заполнение пропускной способности	Снижение участковой скорости, %, при загрузке враждебны элементов на подходе		
		нет враждебных элементов	$\gamma_{\text{вход}} = 0,2$	$\gamma_{\text{вход}} = 0,9$
двухпутные	до 0,7	13 – 14	10 – 11	22 – 23
	0,9 и более	8 – 9	7 – 9	16 – 19
однопутные	до 0,7	8 – 9	6 – 7	14 – 16
	0,9 и более	3 – 5	2 – 4	5 – 7

В целом избыток фактического рабочего парка вагонов сверх технологически необходимого (потребного) парка вызывает:

- 1) снижение участковой скорости грузовых поездов (порядок оценки рассмотрен выше);
- 2) увеличение оборота грузового вагона (оценивается по известным формулам);
- 3) снижение погрузки из-за ухудшения использования имеющейся мощности инфраструктуры, в. т. ч. из-за встречного пробега порожних вагонов (оценивается по алгоритму, опубликованному в [87] и работающему в автоматизированной системе ПРОГРЕСС).

2.6 Влияние уровней заполнения путевого развития вагонным парком на потребность в локомотивах и локомотивных бригадах грузового движения

При наличии на полигоне избыточного парка грузовых вагонов потребность в тяговых ресурсах для грузового движения возрастает (рисунок 2.9) за счёт:

- снижения участковой скорости грузовых поездов (см. п. 2.5);

– увеличения пробегов грузовых поездов в случае организации их отставления от движения на станциях, расположенных вне пути следования, установленного действующим порядком направления вагонопотоков [88];

– одиночных пробегов поездных локомотивов между станциями отставления поездов от движения и техническими станциями;

– следования локомотивных бригад пассажирами или автотранспортом при организации их смены на промежуточных станциях участка.

При этом снижение участковой скорости является (см. рисунок 2.9) как следствием отставления поездов на промежуточных станциях участка из-за неприёма впередилежащими элементами и подразделениями железнодорожной сети, так и причиной вторичных ситуаций отставления поездов и вынужденных подмен локомотивных бригад в связи с истечением допустимого времени их непрерывной работы.

С учётом задержек поездов по неприёму техническими станциями коэффициент потребности локомотивов на одну пару грузовых поездов на участке работы локомотивных бригад составит

$$k_{\Pi} = k'_{\Pi} - \frac{L_{\text{уч}}}{12V'_{\text{уч}}} + \frac{L_{\text{уч}}}{12V_{\text{уч}}}, \quad (2.61)$$

где $V_{\text{уч}}$ – участковая скорость грузовых поездов с учётом задержек поездов по неприёму техническими станциями, определяемая по формуле (2.60), км/ч;

k'_{Π} – коэффициент потребности локомотивов на 1 пару грузовых поездов по нормативному ГДП, определяемый по известным методикам в зависимости от участковой скорости грузовых поездов по нормативному ГДП, транзитности поездопотоков по станциям смены локомотивов и локомотивных бригад в определенном варианте плана формирования поездов, времени ожидания отправления локомотивами в зависимости от технической вооруженности участка, размеров грузового и пассажирского движения.

Для оценки характера и возможных диапазонов изменения коэффициента потребности локомотивов на одну пару грузовых поездов



Рисунок 2.9 – Механизм действия факторов, вызывающих увеличение потребности в тяговых ресурсах для грузового движения в условиях избыточного парка грузовых вагонов

представлены результаты расчётов для двух участков работы локомотивных бригад, технические характеристики которых приведены в таблице 2.4.

Задержки поездов по неприёму технической станцией увеличивают потребность локомотивов при различных размерах грузового движения на 4 – 13% на двухпутном и на 2 – 7% на однопутном участке (рисунок 2.10 и 2.11).

Дополнительная потребность в рабочем парке локомотивов грузового движения на подразделении железнодорожной сети j

$$\Delta M_{\text{раб},j} = \Sigma nt_{\text{непр},j} / 24, \quad (2.62)$$

дополнительная потребность в явочном контингенте локомотивных бригад грузового движения

$$\Delta B_{\text{яв},j} = 30,4 \Sigma nt_{\text{непр},j} / 167,7, \quad (2.63)$$

где $\Sigma nt_{\text{непр},j}$ – поездо-часы задержек по неприёму на подразделении железнодорожной сети j за сутки;

30,4 – среднее количество дней в месяце;

167,7 – среднемесячный за год фонд рабочего времени, рассчитанный в среднем по трем невисокосным и одному високосному году.

С использованием зависимостей, представленных выше в пп. 2.4 – 2.6, для каждого участка следует устанавливать функции эксплуатируемого парка локомотивов M , от участковой скорости $V_{\text{уч}}$ и размеров грузового движения $n_{\text{уч}}$ (рисунок 2.12, где $n_{\text{уч}(1)} > n_{\text{уч}(2)} > n_{\text{уч}(3)}$). Данные функции учитывают потери пропускной способности из-за избыточного парка грузовых вагонов и снижение участковой скорости из-за задержек грузовых поездов на участке. При этом, исходя из ограничения по наличию локомотивного парка M_{max} , следует установить либо возможные размеры грузового движения $n_{\text{уч}}$ при определенном значении $V'_{\text{уч}}$, либо значение участковой скорости $V''_{\text{уч}}$, которую необходимо обеспечить для выполнения требуемых размеров грузового движения.

Расчеты с применением зависимостей, изложенных выше в пп. 2.4 – 2.6,

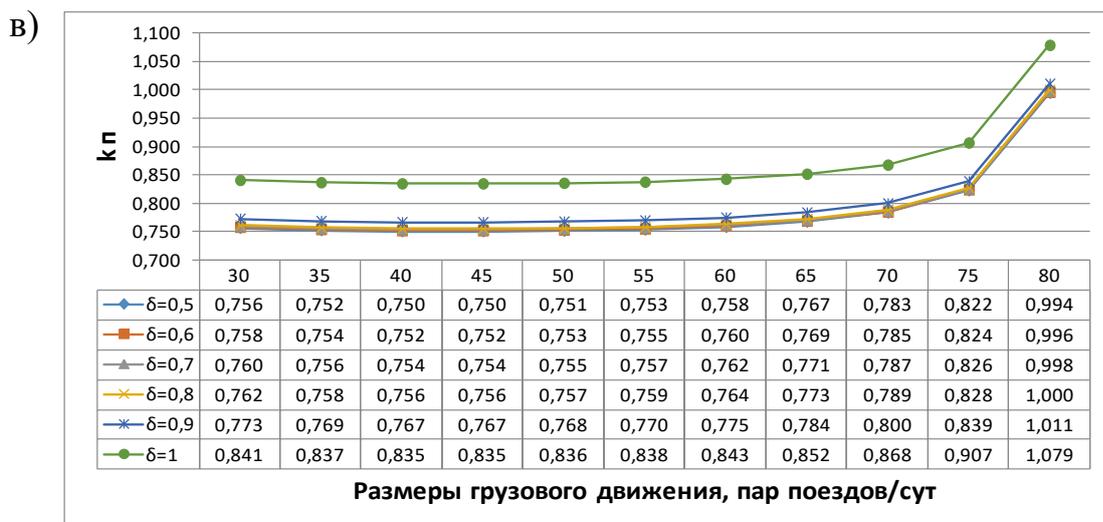
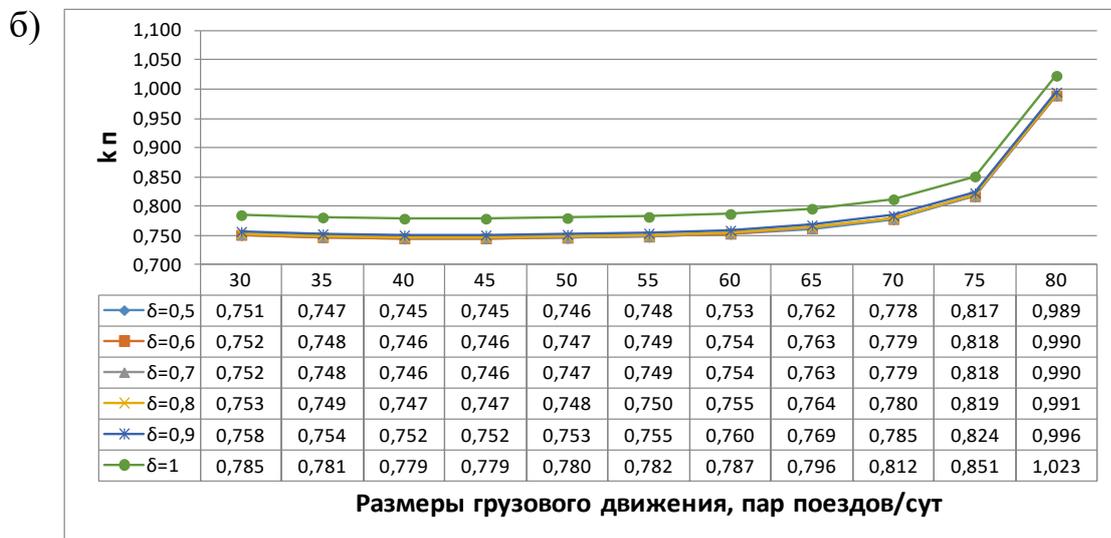


Рисунок 2.10 – Зависимость $k_{\Pi} = f(n_{гр}, \delta)$ для двухпутного участка А – К: а) без учета враждебного элемента на подходе; б) с загрузкой враждебного элемента $\gamma_{вход} = 0,2$; в) с загрузкой враждебного элемента $\gamma_{вход} = 0,9$

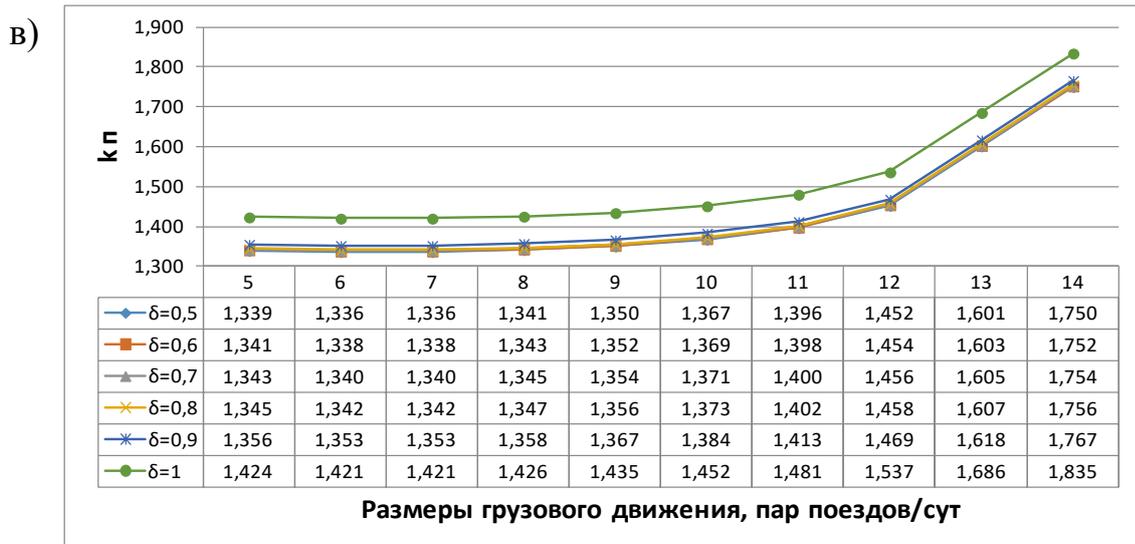
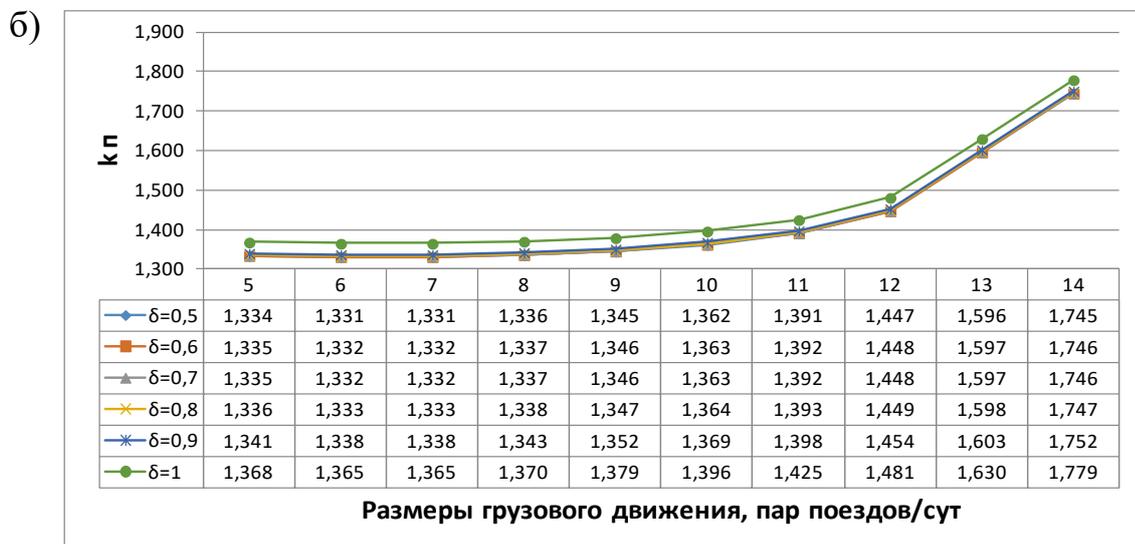
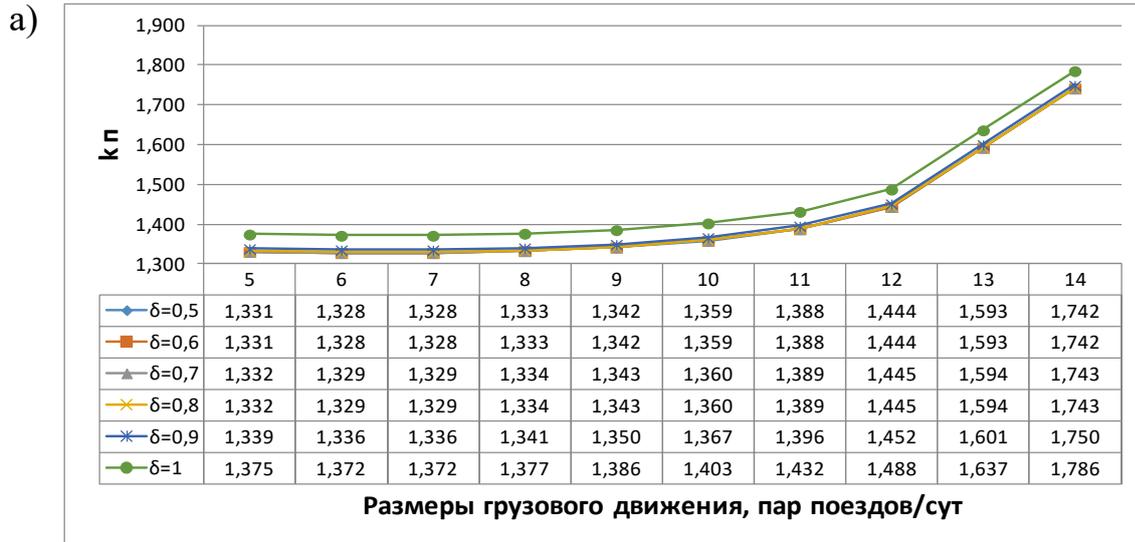


Рисунок 2.11– Зависимость $k_{п} = f(n_{гр}, \delta)$ для однопутного участка А – Ч: а) без учета враждебного элемента на подходе; б) с загрузкой враждебного элемента $\gamma_{вход} = 0,2$; в) с загрузкой враждебного элемента $\gamma_{вход} = 0,9$

показали, что каждые 50000 вагонов, находящиеся на инфраструктуре ОАО «РЖД» сверх рациональной величины (т. е. такой, при которой станции обеспечивают беспрепятственный прием поездов с линии и ритмичный обмен вагонами с путями необщего пользования), вызывают следующие последствия:

- 3100 – 3300 поездо-часов ежедневных задержек поездов на подходах к станциям с содержанием по этой причине в течение года дополнительно 130 – 140 поездных локомотивов, 600 – 620 локомотивных бригад и снижением участковой скорости грузовых поездов на 1 – 1,2 км/ч;

- дополнительный расход 540 – 570 млн. кВт-ч электроэнергии на разгоны грузовых поездов после неграфиковых остановок.

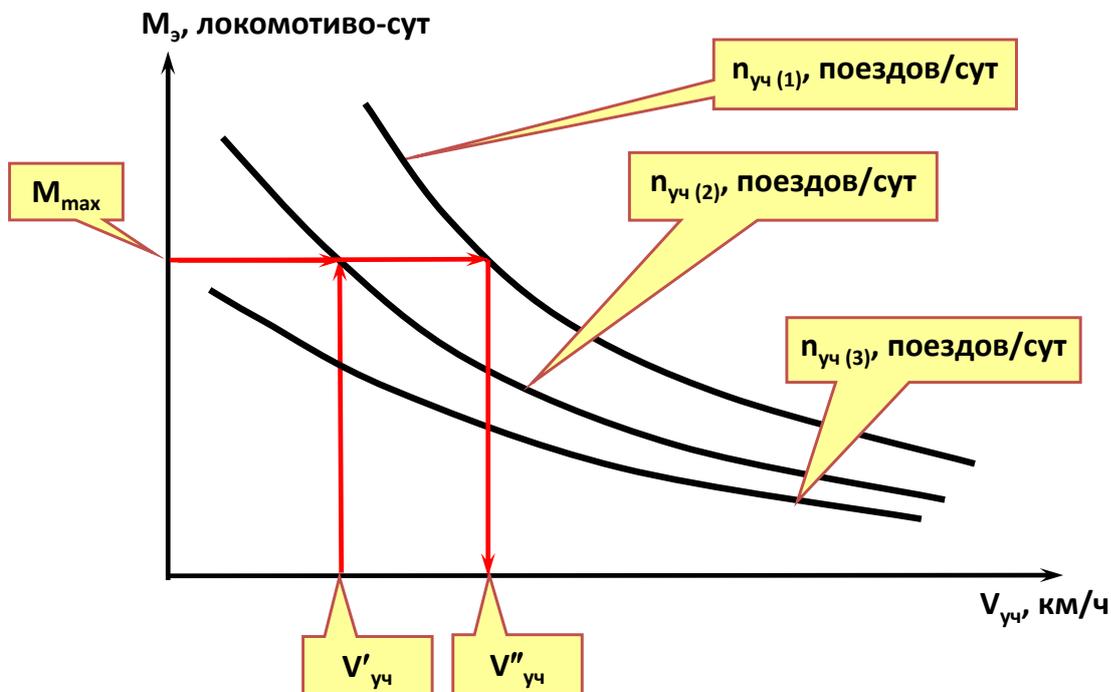


Рисунок 2.12 – Взаимосвязь участковой скорости, размеров грузового движения и эксплуатируемого парка локомотивов

2.7 Динамика развития затруднений в эксплуатационной работе при нарушении рациональных соотношений вместимости путевого развития полигонов железнодорожной сети и парка грузовых вагонов

Динамика развития затруднений в эксплуатационной работе при нарушении рациональных соотношений вместимости путевого развития полигонов железнодорожной сети и парка грузовых вагонов характеризуется уравнениями перехода

$$P(t) = P(t - 1) + N_{\text{пр.}}(t - 1, t) - N_{\text{сд.}}(t - 1, t), \quad (2.64)$$

где $P(t)$, $P(t - 1)$ – рабочий парк вагонов на подразделении сети на временных срезах соответственно t и $t - 1$;

$N_{\text{пр.}}(t - 1, t)$, $N_{\text{сд.}}(t - 1, t)$ – прием и сдача вагонов данного подразделения в интервале времени $(t - 1, t)$.

В нормальном режиме эксплуатации (рисунок 2.13, а) посуточные колебания размеров приема и сдачи вагонов на подразделении сети не превышают допустимых пределов, и отклонения значения рабочего парка вагонов от исходной (средней) величины P_0 не приводят к ухудшению эксплуатационных показателей. Развитие эксплуатационных затруднений может быть вызвано либо внешними причинами (сгущенное поступление вагонов – рисунок 2.13, б), либо внутренними причинами (ограничения: выгрузки, пропуска поездов из-за ремонтно-путевых работ, тяговых ресурсов, а также неприем другими подразделениями и др.), приводящими к снижению подвижности вагонопотоков (рисунок 2.13, в). В результате рабочий парк вагонов достигает значения P^* , превышающего технически допустимую величину, до уровня которой станции подразделения могут обеспечивать беспрепятственный прием поездов и обмен вагонами с железнодорожными путями необщего пользования (см. п. 2.3). Это, в свою очередь, влечет за собой дальнейшее ухудшение эксплуатационных показателей в случае непринятия регулировочных мер.

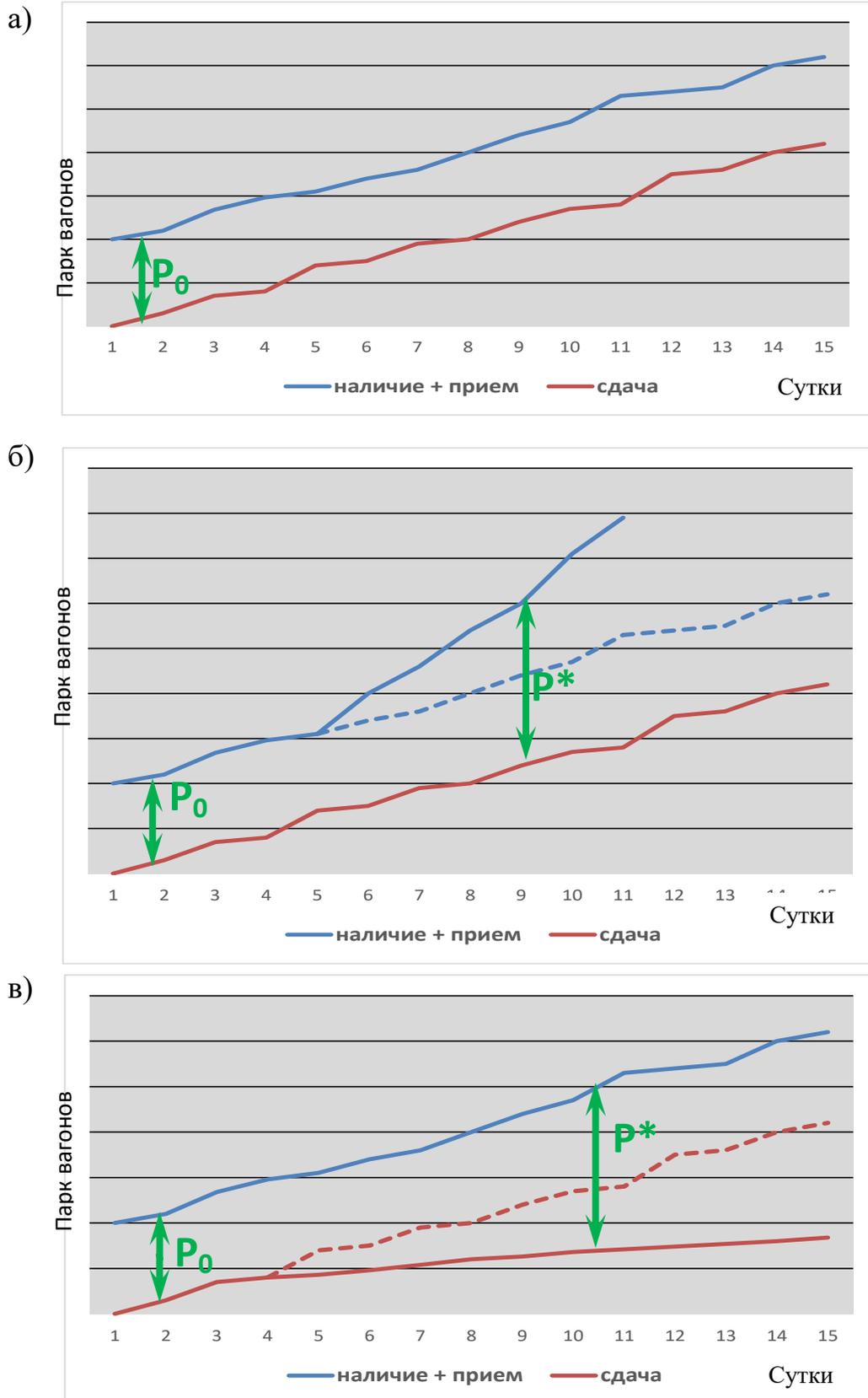


Рисунок 2.13 – Посуточная динамика рабочего парка вагонов на подразделении железнодорожной сети: а) нормальный режим эксплуатации; б) развитие эксплуатационного затруднения при сгущенном поступлении вагонов; в) развитие эксплуатационного затруднения при замедлении сдачи вагонов (снижении подвижности вагонопотока)

2.8 Выводы по главе 2

1. В настоящем исследовании под полигоном железнодорожной сети понимается совокупность железнодорожных станций и участков, связанных общими потоками вагонов и поездов, системой их организации и тягового обслуживания.

2. Затруднения в эксплуатационной работе железных дорог характеризуются нарушениями условий взаимодействия:

- станций и участков (задержки поездов по неприему станциями);
- станций и железнодорожных путей необщего пользования (взаимные отказы приема вагонов по установленным интервалам и (или) срокам);
- полигонов железнодорожной сети (отставление поездов от движения на промежуточных станциях и длительные задержки вагонов в узлах из-за неприема другими полигонами сети – как смежными, так и несмежными, в том числе железными дорогами других государств);
- смежных видов транспорта (отставление поездов от движения на промежуточных станциях и длительные задержки вагонов в узлах из-за невыгрузки в пунктах перевалки).

3. Методы устранения затруднений в эксплуатационной работе полигонов железнодорожной сети, которые принципиально делятся на две группы:

- методы, основанные на интенсификации работы полигонов сети железных дорог, испытывающих затруднения (интенсификация выгрузки и развоза местного груза, вывоза поездов с сортировочных и грузовых станций, интенсификация маршрутных перевозок и др.);
- методы, основанные на изменении внешних условий эксплуатационной работы полигонов сети железных дорог, испытывающих затруднения (регулирование погрузки по назначениям, размещения парков порожних вагонов, направления транзитных вагонопотоков, подвода поездов).

4. Проанализированы тенденции изменения размеров вагонного парка и

путевого развития станций. За период с 2009 по 2020 гг. российский парк грузовых вагонов увеличился с 991,9 до 1177,5 тыс. вагонов (+18,7%). Общая полезная длина приемо-отправочных и сортировочных путей станций увеличилась за указанный период только на 2,7%; при этом общая полезная длина всех станционных путей сократилась на 0,9%. Кроме того, структура грузопотоков такова, что размещаются вагонные парки неравномерно. Восточная часть сети, имея третью часть рабочего парка грузовых вагонов, располагает только 25% емкостей путевого развития станций.

5. Затруднений в эксплуатационной работе не возникает, если рабочий парк грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе (в том числе на путях общего пользования инфраструктуры ОАО «РЖД» и на железнодорожных путях необщего пользования), находится в диапазоне между значениями величин рабочего парка:

- технологически необходимого (потребного) для выполнения заданных объемов перевозок;
- технически допустимого (рационального) по условиям сохранения маневренности подразделений железнодорожной сети.

6. На основе систематизации современных факторов, влияющих на уровень заполнения путевого развития полигонов сети вагонным парком, и результатов имитационного моделирования разработана методика оценки возможностей размещения на заданном путевом развитии вагонных парков, участвующих и не участвующих в перевозочном процессе.

Рассчитанные по представленной методике рациональные соотношения вместимости путевого развития и рабочего парка вагонов по данным за 2019 г. составляют: по сортировочным станциям ОАО «РЖД» - от 2,41 до 3,58 (в среднем $\varphi_{\text{рац.ст}} = 2,80$); по регионам железных дорог ОАО «РЖД» - от 3,06 до 5,25 (в среднем $\varphi_{\text{рац.рег}} = 3,87$).

7. Разработана структурная схема оценки влияния избыточного вагонного парка на эффективность и результативность перевозочного процесса, на уровни и качество использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных

ресурсов.

8. Сформулирован порядок вычисления потерь пропускной и перерабатывающей способности станций при высоком уровне заполнения путевого развития вагонным парком:

- наиболее точным и трудоемким способом – построением полной имитационной модели станции и постановкой серии специальных имитационных экспериментов;

- приближенным, но менее трудоёмким способом – путём полного перерасчета наличной пропускной способности станции с исключением из расчёта путей, занятых избыточным наличием вагонов рабочего и нерабочего парка, либо вычислением поправочных коэффициентов для корректировки значений результирующей пропускной способности.

9. Исследован механизм действия факторов, определяющих потери пропускной способности перегонов при избыточном насыщении участков поездами, для определения указанных потерь аналитическими расчетами с уточнением графической проверкой.

10. При наличии на полигоне избыточного парка грузовых вагонов участковая скорость грузовых поездов снижается за счёт:

- уменьшения реализуемой пропускной способности участка;
- «выталкивания» поездов на участок с технических станций с интервалом менее периода графика (расчётного межпоездного интервала);
- задержек поездов на участке по неприёму техническими станциями.

При низком и среднем (до 0,7) заполнении пропускной способности участка задержки по неприёму снижают участковую скорость грузовых поездов на 11-23% на двухпутных и на 6-16% на однопутных участках. При высоком (0,9 и более) заполнении пропускной способности снижение участковой скорости составляет 7-16 % на двухпутных и 3-7 % на однопутных участках.

11. При наличии на полигоне избыточного парка грузовых вагонов потребность в тяговых ресурсах для грузового движения возрастает за счёт:

- снижения участковой скорости грузовых поездов;

- увеличения пробегов грузовых поездов в случае организации их отставления от движения на станциях, расположенных вне пути следования, установленного действующим порядком направления вагонопотоков;

- одиночных пробегов поездных локомотивов между станциями отставления поездов от движения и техническими станциями;

- следования локомотивных бригад пассажирами или автотранспортом при организации их смены на промежуточных станциях участка.

Задержки поездов по неприёму технической станцией увеличивают потребность локомотивов при различных размерах грузового движения на 4 – 13% на двухпутных и на 2 – 7% на однопутных участках.

12. Расчеты с применением разработанных зависимостей показали, что каждые 50000 вагонов, находящиеся на инфраструктуре ОАО «РЖД» сверх рациональной величины (т. е. такой, при которой станции обеспечивают беспрепятственный прием поездов с линии и ритмичный обмен вагонами с путями необщего пользования), вызывают следующие последствия:

- 3100 – 3300 поездо-часов ежедневных задержек поездов на подходах к станциям с содержанием по этой причине в течение года дополнительно 130 – 140 поездных локомотивов, 600 – 620 локомотивных бригад и снижением участковой скорости грузовых поездов на 1 – 1,2 км/ч;

- дополнительный расход 540 – 570 млн. кВт-ч электроэнергии на разгоны грузовых поездов после неграфиковых остановок.

13. Сформулированы уравнения перехода, характеризующие посуточную динамику рабочего парка вагонов на подразделении железнодорожной сети как в нормальном режиме эксплуатации, так и при развитии эксплуатационного затруднения при сгущенном поступлении вагонов; либо при замедлении сдачи вагонов (снижении подвижности вагонопотока).

ГЛАВА 3. МЕТОДЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ИЗМЕНЕНИИ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ЗАТРУДНЕНИЯ

3.1 Основные положения

В современных условиях работы отечественных железных дорог сетевые регулировочные меры четырех классов (рисунок 3.1) – интенсификация сдачи («сброс») вагонов рабочего парка с полигона; вывод порожних вагонов из участия в перевозочном процессе – в отстой на станции с незагруженной путевой емкостью или в нерабочий парк; вывод вагонов на железнодорожные пути необщего пользования; ограничение поступления вагонов рабочего парка на полигон – необходимо классифицировать на меры, проводимые ОАО «РЖД» самостоятельно, и меры, которые осуществимы только при взаимодействии:

- с отправителями и получателями грузов;
- с отправителями и получателями порожних вагонов;
- с владельцами железнодорожных путей необщего пользования.

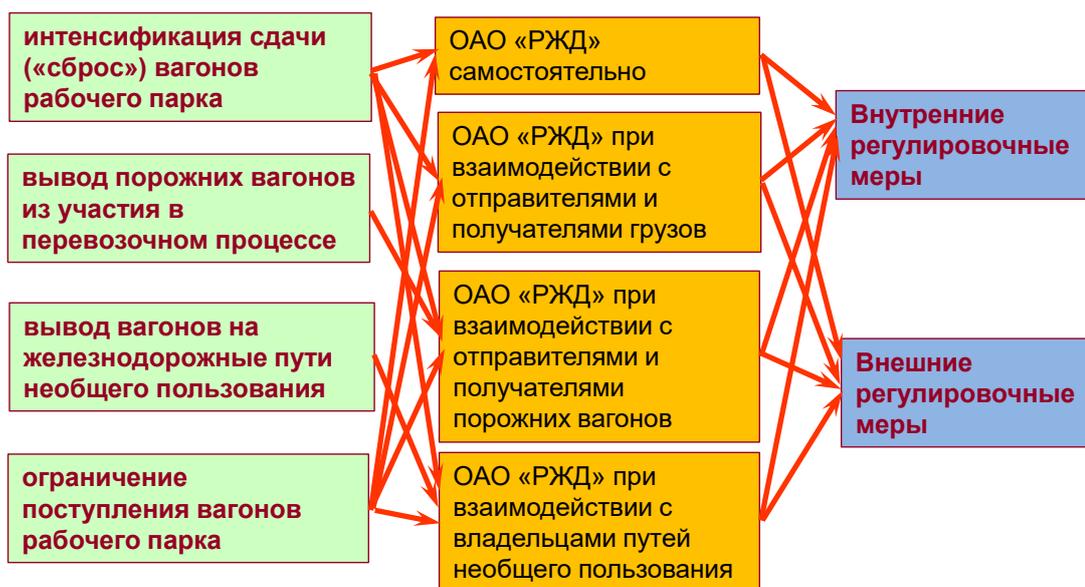


Рисунок 3.1 – Регулировочные меры по повышению манёвренности железнодорожного полигона

По отношению к полигону, испытывающему эксплуатационные затруднения, регулировочные меры могут быть как внутренними, так и внешними. Например, интенсификация сдачи вагонов с полигона может быть организована без уменьшения их приема – за счет повышения транзитности поступающих вагонопотоков и более рациональных весовых норм.

Данным вопросам посвящён ряд исследований.

Автором исследования [89] предлагается «Управление пропускной и провозной способностью сети на основе динамического визуального мониторинга потоков» с оценкой соответствующих «потоков ценности» [90].

Анализ перечня ожидаемых эффектов рассматриваемого предложения [89] показывает, что технологическая часть данного подхода в режиме ежемесячных расчётов и вариантных вычислений по расчётным периодам годового планирования разработана в составе АС ПРОГРЕСС [91] и функционирует в регламенте сквозного производственного планирования ОАО «РЖД» [92, 93]. Экономическая часть (оценка доходов и расходов) аналогичного подхода развивается в составе предиктивной бизнес-модели грузовых перевозок [94].

В статье [89] сформулировано также перспективное предложение по автоматизации расчёта динамического плана формирования поездов. Аналогичные решения есть в существующей практике и реализуются в Автоматизированной системе организации вагонопотоков (АСОВ) [95].

Проф. Е.А. Сотников [96], рассматривая объективные причины возникновения затруднений при организации перевозок грузов, сформулировал принципы отработки порядка действий по их преодолению с использованием экономических оценок при принятии управляющих решений, что должно отражаться в учебных программах. Следует отметить, что данный принципиальный подход необходимо распространить не только на преодоление, но и на прогнозирование и предотвращение затруднений в эксплуатационной работе.

Представленные в статье [97] перечни из 11 типов затруднений в эксплуатационной работе на полигонном (региональном) уровне и 12

оперативных мер по нормализации эксплуатационной работы предлагается поставить в соответствие друг другу и определять при оперативном планировании поездной и грузовой работы с помощью специально разработанной укрупнённой имитационной модели полигона (ИМП). Каждому типу затруднений может соответствовать несколько типов оперативных мер, и авторами предложено выбирать рекомендуемую меру по наименьшим дополнительным затратам. Однако сама технико-экономическая оценка, рассмотренная на примере выноса формирования сборного поезда с сортировочной станции на вспомогательную, представлена в виде расчёта затрат в статической постановке без учёта ограничений, рассмотренных для аналогичной задачи в [85] и более ранних работах [98, 99], и не учитывает динамику заполнения путевых емкостей вагонным парком.

С участием автора диссертации [100] была рассмотрена природа технологического дефицита вагонного парка и сформулированы пути его преодоления в общем виде, представленные в Приложении А.

Взаимозависимости параметров работы полигонов железнодорожной сети при устранении эксплуатационных затруднений (рисунок 3.2) предусматривают определение численных значений элементов трёх матриц:

$\|t_{ij}\|$ – матрица среднего времени нахождения вагонов на элементе инфраструктуры полигона (станции, узле, участке) (i, j) ;

$\|P_{ij}\|$ – матрица рабочего парка вагонов на элементе инфраструктуры полигона (i, j) при среднем времени нахождения вагонов $\|t_{ij}\|$;

$\|n_{ij}^*\|$ – матрица допустимых размеров движения грузовых поездов на элементе инфраструктуры полигона (i, j) при рабочем парке вагонов $\|P_{ij}\|$.

Применение мер по устранению эксплуатационных затруднений выражается в изменении соответствующих количественных показателей (см. рисунок 3.2), которые приводят к снижению среднего времени нахождения

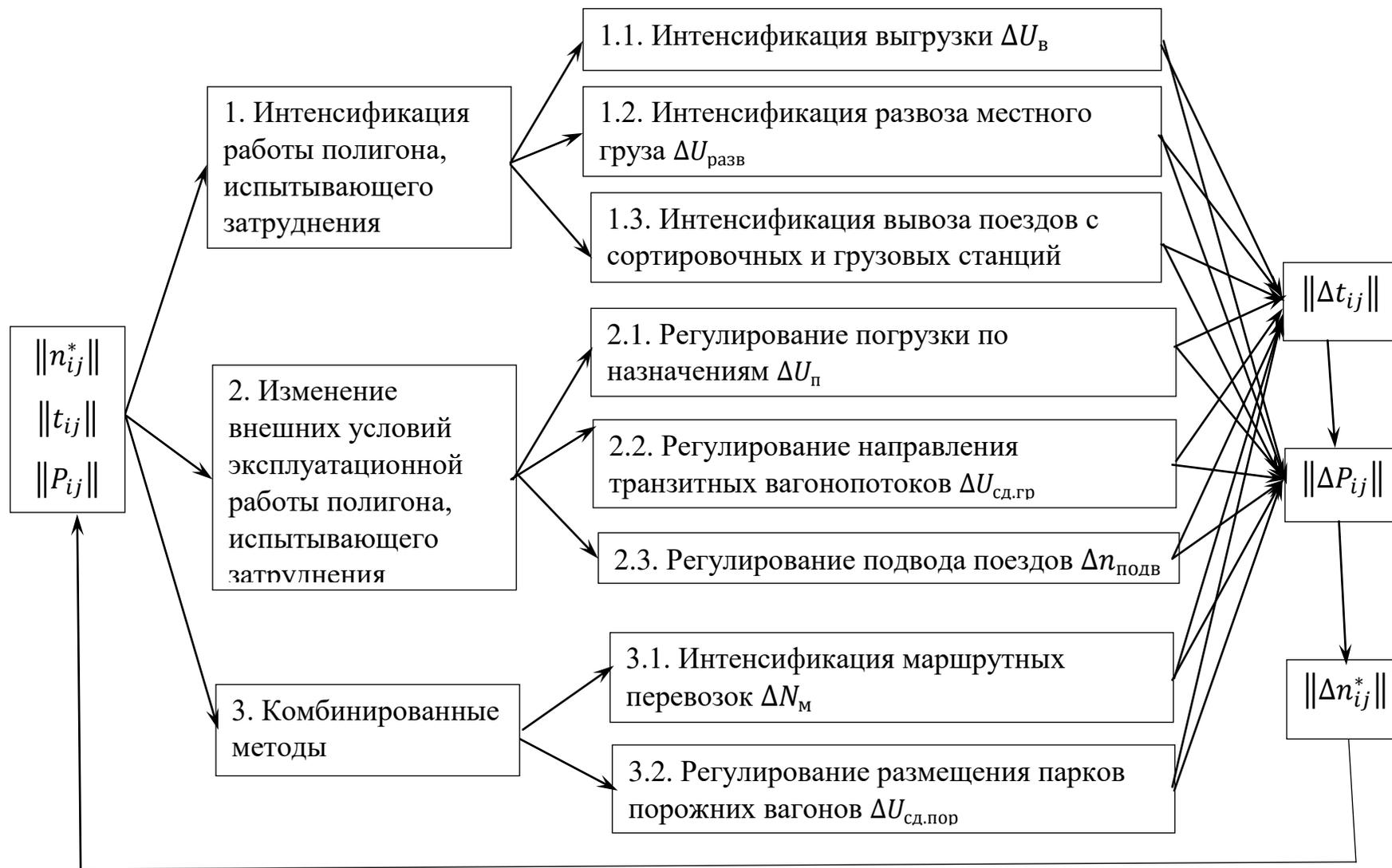


Рисунок 3.2 – Взаимозависимости параметров работы полигонов железнодорожной сети при устранении эксплуатационных затруднений

вагонов на элементах инфраструктуры на величину $\|\Delta t_{ij}\|$. Совместное действие количественных показателей и величин $\|\Delta t_{ij}\|$ вызывают уменьшение рабочего парка вагонов на величину $\|\Delta P_{ij}\|$. Это высвобождает ресурсы путевого развития и позволяет увеличить допустимых размеров движения грузовых поездов на элементе инфраструктуры полигона (i, j) на величину $\|\Delta n_{ij}^*\|$.

Вариантные технологические режимы, обеспечивающие предотвращение и устранение эксплуатационных затруднений, не могут быть эффективно организованы в границах отдельных железных дорог. Но чем больше полигон управления, тем выше цена ошибочного решения. Цена ошибки возрастает в эксплуатационных ситуациях, которые могут привести, либо уже привели к затруднениям в продвижении вагонопотоков.

Локализация возникшего затруднения в одних случаях может быть эффективно осуществлена за счет интенсификации использования внутренних ресурсов затрудненного подразделения сети, в других – за счет помощи другого подразделения, имеющего резервы (для повышения транзитности, увеличения массы или длины поездов либо их подготовки для пропуска без перелома составов, упорядочения подвода и др.).

Выбор способов устранения эксплуатационных затруднений зависит от структуры избытка парка вагонов $P_{изб} = P^* - P_0$ (P_0 – нормальное наличие вагонов) по их технологическому состоянию и назначениям следования.

Увеличение подвижности вагонопотока (снижение времени нахождения вагонов на станциях, участках и путях необщего пользования) в рамках полигонных технологий позволит ускорить сдачу вагонов и восстановить их нормальное наличие P_0 (рисунок 3.3, а). При этом подвижность вагонопотока может быть увеличена как за счет интенсификации работы самого подразделения, испытывающего затруднения (интенсификация выгрузки и развоза местного груза, вывоза поездов с сортировочных и грузовых станций, интенсификация маршрутных перевозок и др.), так и за счет помощи других подразделений: по принимаемому вагонопотоку (формирование транзитных для затрудненного

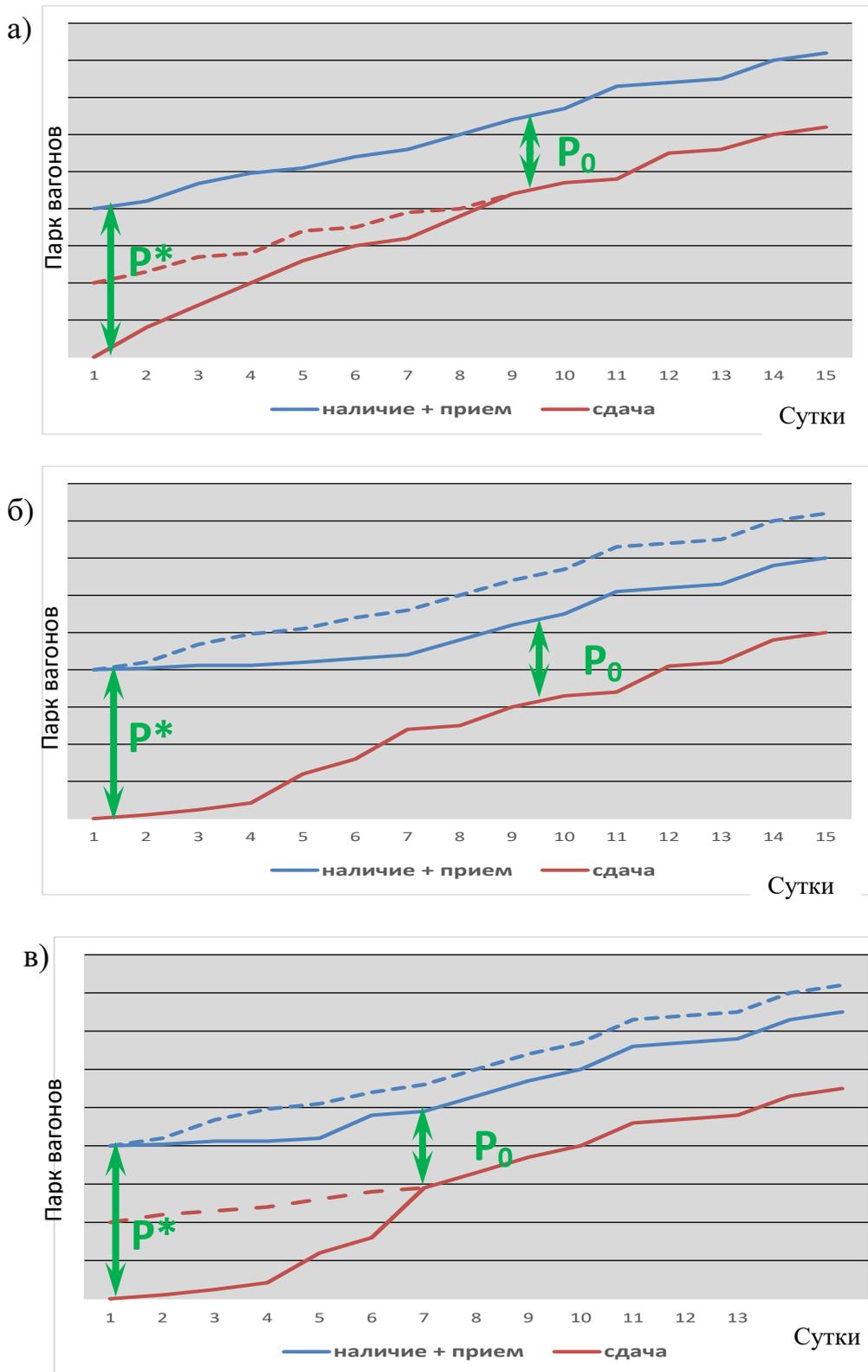


Рисунок 3.3 – Посуточная динамика рабочего парка вагонов на подразделении железнодорожной сети: а) устранение эксплуатационного затруднения за счет интенсификации работы подразделения, испытывающего трудности, и ускорения сдачи вагонов (повышения подвижности вагонопотока); б) устранение эксплуатационного затруднения за счет помощи других подразделений сети (ограничение приема вагонов); в) комбинированными методами

подразделения поездов взамен разборочных, регулирование очередности их подвода), либо по сдаваемому вагонопотоку (сдача вагонов без подборки по назначениям, в длинносоставных поездах и др.).

Ограничивать прием вагонов на подразделение, испытывающее затруднение (рисунок 3.3, б), следует путем регулирования (ограничения) погрузки, направления вагонопотоков кружностью, перенаправления порожних вагонов, не планируемых под погрузку (во взаимодействии с операторами подвижного состава). Снижение приема вагонов позволит улучшить взаимодействие станций с участками и железнодорожными путями необщего пользования. Это ускорит продвижение вагонопотоков на подразделении, где возникли затруднения. Комбинированные методы позволят быстрее восстановить нормальное наличие вагонов (рисунок 3.3, в).

Как ограничение погрузки, так и отклонение следования вагонов от экономически целесообразных направлений порождают финансовые потери. Прибегать к таким мерам приходится, если методы, основанные на интенсификации работы подразделений сети, испытывающих затруднения, оказались более затратными, либо технически нереализуемыми.

В целом технологические и экономические результаты проведения регулировочных мероприятий или их отсутствия иллюстрирует рисунок 3.4.

При развитии эксплуатационного затруднения с увеличением избыточного парка вагонов от $\Delta P_1 = 0$ до ΔP_2 не снижается погрузка, но уменьшается финансовый результат из-за роста операционных расходов. Рост избыточного парка вагонов от ΔP_2 до ΔP_3 сопровождается снижением погрузки и ухудшением финансового результата не только из-за роста расходов, но и из-за потери доходов. Снижение избыточного парка от ΔP_3 до $\Delta P_4 = 0$ обеспечивает период проведения комплекса регулировочных мероприятий $\Delta t_{\text{КРМ}}$ с целью восстановления объемов перевозок и финансового результата.

Оценивать применение отдельных регулировочных решений либо их комплексов необходимо как по динамике восстановления нормального наличия вагонов рабочего парка (см. рисунок 3.3, а и б), так и по их влиянию на

финансовый результат (рисунок 3.5), динамика которого характеризуется уравнениями перехода

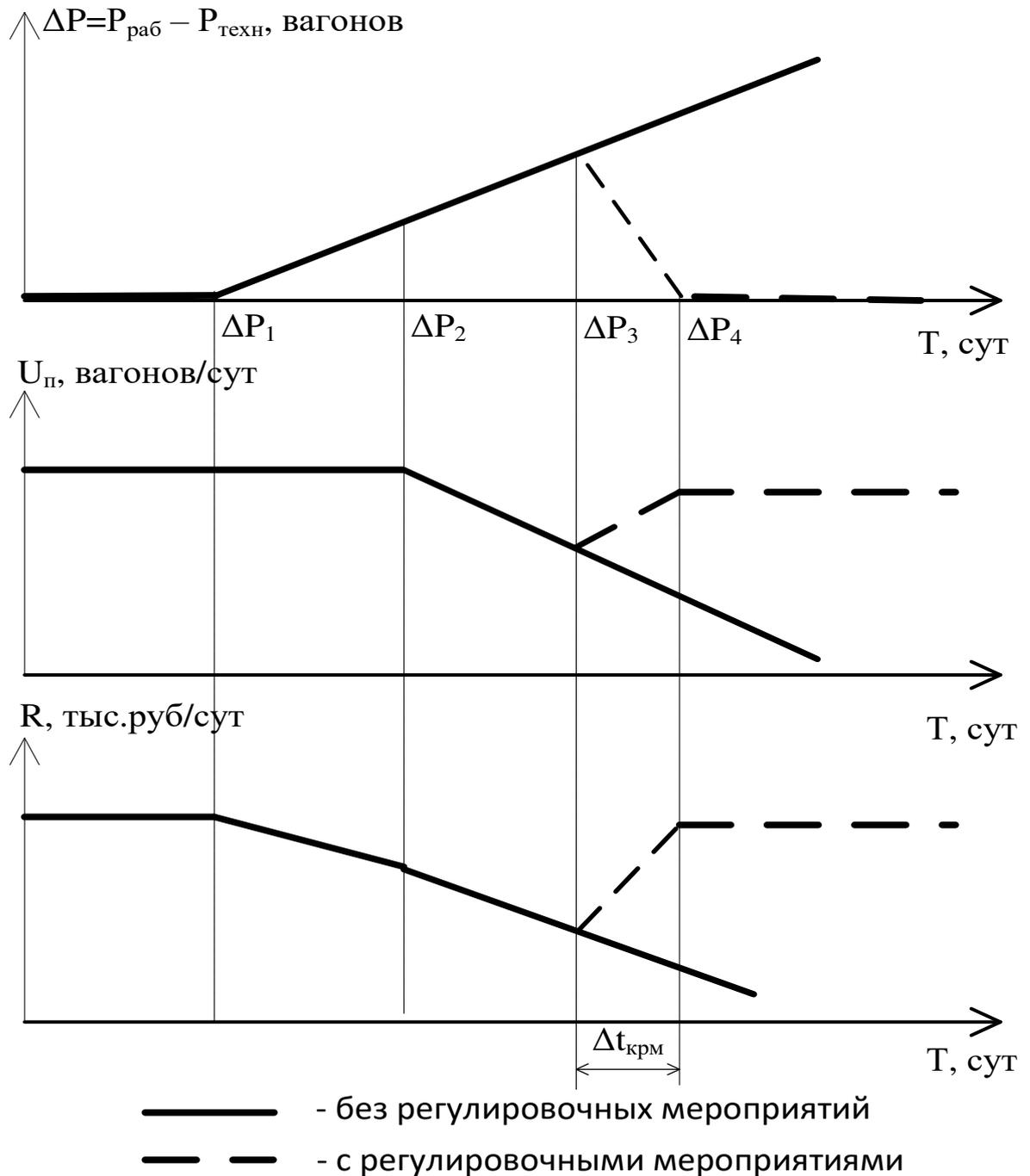


Рисунок 3.4 – Динамика превышения рабочего парка вагонов над технически допустимым $\Delta P = P_{\text{раб}} - P_{\text{техн}}$, погрузки $U_{\text{п}}$ и финансового результата R при проведении регулировочных мероприятий и при их отсутствии

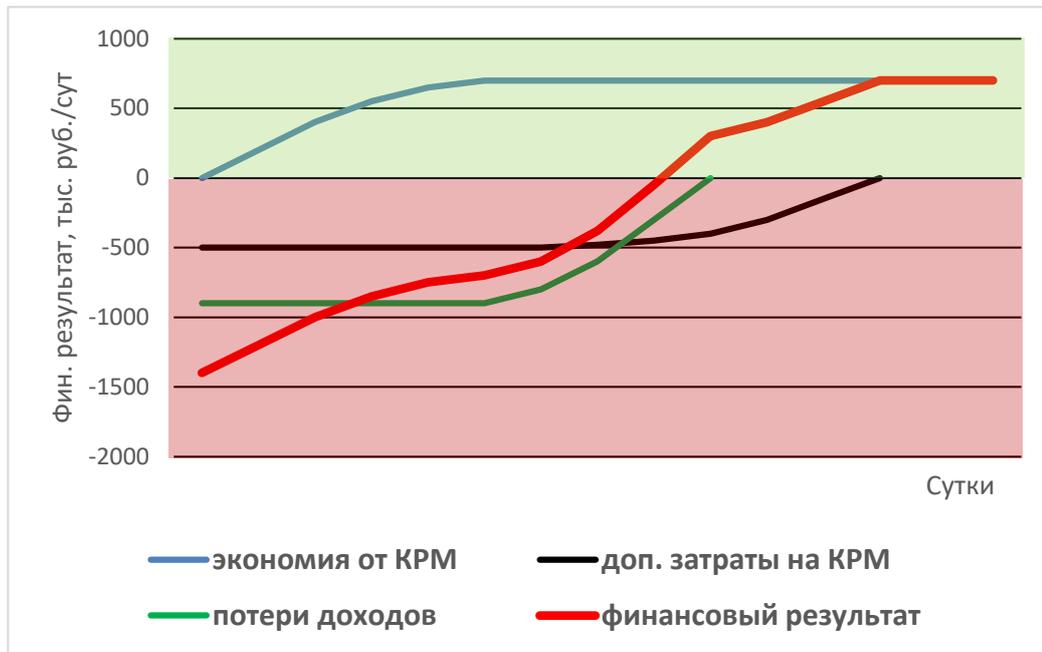


Рисунок 3.5 – Посуточная динамика изменения финансового результата при устранении эксплуатационного затруднения на подразделении железнодорожной сети

$$R(t) = R(t - 1) + E(t - 1, t) - Z(t - 1, t) - D(t - 1, t), \quad (3.1)$$

где $R(t)$, $R(t - 1)$ – накопленный финансовый результат на временных срезах соответственно t и $t - 1$;

$E(t - 1, t)$ – экономия от применения комплекса регулировочных мероприятий (КРМ) в интервале времени $(t - 1, t)$;

$Z(t - 1, t)$ – дополнительные затраты на осуществление КРМ в интервале времени $(t - 1, t)$;

$D(t - 1, t)$ – риски потерь доходов (из-за необеспечения погрузки, снижения надежности доставки грузов, невыполнения иных договорных обязательств) в интервале времени $(t - 1, t)$.

Изменение прямых производственных расходов связано с привлечением дополнительных тягово-энергетических и инфраструктурных ресурсов $Z(t - 1, t)$ и высвобождением ресурсов за счет снижения задержек продвижения транспортных потоков $E(t - 1, t)$.

Для экономической оценки размещения на инфраструктуре ОАО «РЖД»

грузовых поездов, временно отставленных от движения, в ОАО «РЖД» применяется методика [101], которая предусматривает оперативный расчет (ожидаемый финансовый результат от нахождения поездов, отставленных от движения, с учетом расходов, зависящих от объемов перевозок, при временном отставлении грузовых поездов от движения, доходов от оказания услуг и компенсации потерь перевозчика за нахождение вагонов на путях инфраструктуры) и периодический расчет (фактически полученные финансовые результаты и финансовые риски по временно отставленным от движения грузовым поездам, по которым еще не определены размеры фактических убытков). При этом ожидаемые потери от несвоевременной доставки грузов рассчитываются, исходя из прогнозной даты подъема каждого поезда, которая определяется работником диспетчерского аппарата ЦД.

С учетом методики [101] в работе [102] записаны формулы, учитывающие как прямые расходы, так и риски, связанные с невыполнением сроков доставки грузов. Однако для таких расчётов необходимо знать число суток опозданий, время простоев отставленных поездов, которое зависит от времени действия затруднения, общего числа отставленных поездов и времени, необходимого на их подъём. При этом длительность затруднений и величину снижения пропускной способности предлагается определять экспертным путём, варьируя состав участников экспертных оценок в зависимости от характера (класса) эксплуатационного затруднения. На основе этих данных, согласно предложению [102], динамику развития и устранения затруднений должна рассчитывать укрупнённая имитационная модель, исходя из наличия избытка парка вагонов на начало моделируемого периода.

Следует заметить, что информации об избытках парков вагонов для расчёта будет недостаточно. Нужна детализированная структура этих парков по назначению, состоянию, размещению в поездах (транзитных или перерабатываемых) и т.д.

3.2 Регулирование погрузки и подвода вагонов к пунктам назначения

Выше в пп. 2.7 и 3.1 на основе анализа опыта планирования и регулирования продвижения вагонопотоков в условиях эксплуатационных затруднений в рамках разработки полигонных принципов управления эксплуатационной работой сформулированы принципы и представлены расчетные зависимости для воздействия на динамику рабочего парка вагонов на подразделениях железнодорожной сети.

Так, максимально возможная выгрузка морских терминалов $j = 1, \dots, J$ (в общем случае – грузопереваляющих, грузопогашающих комплексов), вагонов за расчетный период T суток, $t = 1, \dots, T$,

$$\sum N_{\text{выгр}}^{\text{max}} = \min \left\{ \sum_j N_{\text{выгр},j}^{\text{H}} K_T - \sum_j \sum_t \Delta N_{\text{огр},jt}; \sum_s \sum_j N_{\text{ст},sj}^{\text{H}} K_T - \sum_s \sum_t \Delta N_{\text{ст},st}; \right\}, \quad (3.2)$$

где $N_{\text{выгр},j}^{\text{H}}$ – перерабатывающая способность железнодорожного пути необщего пользования, обслуживающего терминал j , вагонов/сут;

K_T – число суток в расчетном периоде T ;

$\Delta N_{\text{огр},jt}$ – снижение перерабатывающей способности железнодорожного пути необщего пользования, обслуживающего терминал j , в сутки t в связи с метеоусловиями, обслуживанием и ремонтом перегрузочного оборудования и др., вагонов/сут;

$N_{\text{ст},sj}^{\text{H}}$ – результирующая перерабатывающая способность станции (железнодорожного узла) примыкания s для вагонопотока в адрес терминала j , вагонов/сут;

$\Delta N_{\text{ст},st}$ – снижение результирующей перерабатывающей способности станции (железнодорожного узла) примыкания s в сутки t в связи с нахождением избыточного вагонного парка, вагонов/сут.

Плановая выгрузка терминалов $j = 1, \dots, J$, вагонов за расчетный период T

суток, складывается из плановой погрузки в адрес терминалов и вагонов из составов поездов, временно задержанных в продвижении в предшествующий период, то есть

$$\sum N_{\text{выгр}}^{\text{пл}} = \sum_j \sum_t N_{\text{выгр}.jt}^{\text{пл}} = \sum_j N_{\text{погр}.j}^{\text{пл}} + \sum_j \sum_t N_{\text{выгр}.jt}^{\text{взп}}, \quad (3.3)$$

где $N_{\text{погр}.j}^{\text{пл}}$ – плановая погрузка в адрес терминала j , вагонов за расчетный период T суток;

$N_{\text{выгр}.jt}^{\text{взп}}$ – количество вагонов из составов, задержанных в продвижении на начало расчетного периода T , подводимых под выгрузку на терминале j в сутки t .

Нормативное наличие груженых вагонов в адрес терминалов $j = 1, \dots, J$:

– на рейсе (в т. ч. на железных дорогах следования)

$$P_{\text{норм}} = \frac{\sum_j N_{\text{погр}.j}^{\text{пл}} t_{\text{след}.j} + \sum_j \sum_t N_{\text{отпр}.jt}^{\text{взп}} t_{\text{след}.j}^{\text{взп}}}{24T}, \quad (3.4)$$

– на станции назначения

$$P_{\text{норм}}^{\text{выгр}} = \frac{\sum_j [\sum_t N_{\text{выгр}.jt}^{\text{пл}} (t_{\text{приб}.j} + t_{\text{гр}.j})]}{24T}, \quad (3.5)$$

где $t_{\text{след}.j}$ – средневзвешенное время следования вагонов на груженом рейсе в адрес терминала j (в т. ч. на железных дорогах следования), ч;

$t_{\text{след}.j}^{\text{взп}}$ – то же, вагонов, из составов поездов, временно задержанных в продвижении в предшествующий период, подлежащих отправлению со станций их размещения, ч;

$N_{\text{отпр}.jt}^{\text{взп}}$ – количество вагонов из составов, задержанных в продвижении в адрес терминала j на начало расчетного периода T , подлежащих отправлению со станций их размещения в сутки t .

$t_{\text{приб}.j} + t_{\text{гр}.j}$ – технологическое время нахождения вагонов в адрес терминала j на станции назначения, соответственно от прибытия до подачи и под грузовой операцией, ч.

Балансовое наличие местного груза в адрес припортовой станции s и терминала j на временном срезе t :

- на дороге назначения (включая погрузку в местном сообщении)

$$P_t^{sj} = P_{t-1}^{sj} + N_{\text{пр}(t-1, t)}^{sj} + N_{\text{погр}(t-1, t)}^{sj} - N_{\text{выгр}(t-1, t)}^{sj}; \quad (3.6)$$

- на станции назначения s

$$P_{\text{ст}(t)}^{sj} = P_{\text{ст}(t-1)}^{sj} + N_{\text{приб}(t-1, t)}^{sj} - N_{\text{выгр}(t-1, t)}^{sj}, \quad (3.7)$$

где P_{t-1}^{sj} – наличие на подразделении сети в адрес припортовой станции s и терминала j на текущем временном срезе $(t-1)$, вагонов;

$P_{\text{ст}(t-1)}^{sj}$ – наличие на припортовой станции s в адрес терминала j на текущем временном срезе $(t-1)$, вагонов;

$N_{\text{пр}(t-1, t)}^{sj}$ – приём на железную дорогу в адрес припортовой станции s и терминала j в интервале времени между временными срезами $t-1$ и t , вагонов;

$N_{\text{погр}(t-1, t)}^{sj}$ – погрузка в адрес припортовой станции s и терминала j в интервале времени между временными срезами $t-1$ и t , вагонов;

$N_{\text{выгр}(t-1, t)}^{sj}$ – выгрузка на терминале j припортовой станции s и в интервале времени между временными срезами $t-1$ и t , вагонов;

$N_{\text{приб}(t-1, t)}^{sj}$ – прибытие на станцию назначения s вагонов в адрес терминала j в интервале времени между временными срезами $t-1$ и t , вагонов.

Балансовое наличие транзитного груза в адрес припортовой станции s и терминала j на временном срезе t :

- на дороге погрузки

$$P_t^{sj} = P_{t-1}^{sj} + N_{\text{погр}(t-1, t)}^{sj} - N_{\text{сд}(t-1, t)}^{sj}; \quad (3.8)$$

- на транзитной дороге

$$P_t^{sj} = P_{t-1}^{sj} + N_{\text{пр}(t-1, t)}^{sj} - N_{\text{сд}(t-1, t)}^{sj}, \quad (3.9)$$

где $N_{\text{сд}(t-1, t)}^{sj}$ – сдача с подразделения сети вагонов в адрес припортовой станции s и терминала j в интервале времени между временными срезами $t-1$ и t , вагонов.

Балансовое наличие груза в адрес припортовой станции s и терминала j на временном срезе t в целом на гружёном рейсе

$$P_t^{sj} = P_{t-1}^{sj} + N_{\text{погр}(t-1, t)}^{sj} - N_{\text{выгр}(t-1, t)}^{sj}. \quad (3.10)$$

Планирование погрузки на расчетный период T суток, $t = 1, \dots, T$, в адрес грузопереваляющих, грузопогашающих комплексов, морских терминалов $j = 1, \dots, J$ должно обеспечивать выполнение ограничений:

- 1) по перерабатывающей способности пунктов назначения

$$\sum N_{\text{выгр}}^{\text{пл}} \leq \sum N_{\text{выгр}}^{\text{max}}; \quad (3.11)$$

- 2) по наличию на рейсе груженых вагонов в адрес пунктов назначения

$$P_{\text{норм}} \leq \sum_j P_t^j \leq \sum_j P_j^*, \quad (3.12)$$

где P_j^* – технически допустимое наличие вагонного парка в адрес j -го терминала.

Отдельное значение имеет вопрос о нахождении погруженных и принятых к перевозке вагонов на станции отправления. Регулирование отправления вагонов создает риски коммерческие (нарушение сроков).

Балансовое наличие вагонов в адрес припортовой станции s на станции погрузки r на временном срезе t :

$$P_{\text{ст}(t)}^{rs} = P_{\text{ст}(t-1)}^{rs} + N_{\text{погр}(t-1, t)}^{rs} - N_{\text{отпр}(t-1, t)}^{rs}, \quad (3.13)$$

в том числе на путях общего пользования

$$P_{\text{оп}}^{rs}(t) = P_{\text{оп}}^{rs}(t-1) + N_{\text{уб}}^{rs}(t-1, t) - N_{\text{отпр}}^{rs}(t-1, t), \quad (3.14)$$

где $P_{\text{ст}}^{rs}(t-1)$ – наличие на станции погрузки r в адрес припортовой станции s на текущем временном срезе $(t-1)$, вагонов;

$P_{\text{оп}}^{rs}(t-1)$ – то же, на путях общего пользования станции погрузки r , вагонов;

$N_{\text{погр}}^{rs}(t-1, t)$ – погрузка в адрес припортовой станции s на станции r в интервале времени между временными срезами $t-1$ и t , вагонов;

$N_{\text{отпр}}^{rs}(t-1, t)$ – отправление в адрес припортовой станции s со станции погрузки r в интервале времени между временными срезами $t-1$ и t , вагонов;

$N_{\text{уб}}^{rs}(t-1, t)$ – число убираемых с путей необщего пользования на пути станции погрузки r вагонов в адрес припортовой станции s в интервале времени между временными срезами $t-1$ и t .

В случае, когда балансовое наличие вагонов не превышает нормального наличия, выполняется соотношение

$$N_{\text{погр}}^{rs}(t-1, t) \approx N_{\text{уб}}^{rs}(t-1, t) \approx N_{\text{отпр}}^{rs}(t-1, t). \quad (3.15)$$

Непроизводительный простой груженых вагонов на путях общего пользования станции погрузки имеет место в случае задержки их отправления в связи с временными ограничениями:

– инфраструктурными (снижение пропускной и провозной способности из-за ремонтных и реконструктивных работ) с максимально возможным отправлением $N_{\text{отпр}}^{r*}(t-1, t)$ вагонов/сут;

– ресурсными (дефицит поездных локомотивов и (или) локомотивных бригад) с максимально возможным отправлением $N_{\text{отпр}}^{r**}(t-1, t)$ вагонов/сут;

– логистическими (избыток груженых вагонов рассматриваемого назначения на рейсе $\Delta P_{\text{изб}}^{rs}(t-1)$).

При этом во избежание нарушения условий взаимодействия станции s

прилегающими участками и с обслуживаемыми железнодорожными путями необщего пользования следует оценить резерв вместимости путевого развития станции

$$\Delta P_{cm}^* = \frac{\sum E_{cm}}{\varphi_{\text{рац}} \omega} - (\sum P_{\text{оп}(t-1)}^r + \sum N_{\text{приб}(t-1,t)}^r + \sum N_{\text{уб}(t-1,t)}^r - \sum N_{\text{под}(t-1,t)}^r - \sum N_{\text{отпр}(t-1,t)}^r) \quad (3.16)$$

где $\sum N_{\text{приб}(t-1,t)}^r$, $\sum N_{\text{уб}(t-1,t)}^r$, $\sum N_{\text{под}(t-1,t)}^r$, $\sum N_{\text{отпр}(t-1,t)}^r$ – общее количество прибывающих, убираемых с путей необщего пользования, подаваемых на пути необщего пользования, отправляемых со станции вагонов в интервале времени между временными срезами $t-1$ и t .

В случае, если общее образование вагонов к отправлению со станции

$$\sum N_{\text{отпр}(t-1,t)}^r > \min\{N_{\text{отпр}(t-1,t)}^{r*}; N_{\text{отпр}(t-1,t)}^{r**}\}; \quad (3.17)$$

и при этом

$$\Delta P_{cm}^* \geq \sum N_{\text{отпр}(t-1,t)}^r - \min\{N_{\text{отпр}(t-1,t)}^{r*}; N_{\text{отпр}(t-1,t)}^{r**}\}, \quad (3.18)$$

задерживаемые вагоны могут быть размещены на станционных путях общего пользования. Если

$$\Delta P_{cm}^* < \sum N_{\text{отпр}(t-1,t)}^r - \min\{N_{\text{отпр}(t-1,t)}^{r*}; N_{\text{отпр}(t-1,t)}^{r**}\}, \quad (3.19)$$

будет иметь место задержка уборки вагонов с путей необщего пользования. При этом не следует ограничивать отправление вагонов в адрес припортовых станций, грузополучателей (операторов морских терминалов), следующих по расписаниям с согласованным временем отправления и прибытия, и вагонов по родам (наименованиям) грузов, балансовое наличие которых на рейсе ниже нормативного.

При избытке груженых вагонов рассматриваемого назначения на рейсе отправление вагонов, погруженных в адрес припортовой станции s , может быть

уменьшено до величины

$$N_{отпр}^{rs}(t-1, t) = N_{уб}^{rs}(t-1, t) - \Delta P_{изб}^{rs}(t-1), \quad (3.20)$$

только при условии, что

$$\Delta P_{изб}^{rs}(t-1) \leq \Delta P_{см}^*. \quad (3.21)$$

В иных случаях следует применять один из следующих классов решений: либо замедлить темп нормализации наличия вагонов рассматриваемого назначения на рейсе, либо размещать избыток наличия вагонов на впередилежащих станциях, имеющих резервы вместимости путевого развития; либо интенсифицировать выгрузку и продвижение вагонов; либо (когда все указанные варианты исчерпаны) ограничивать прием погруженных вагонов с путей необщего пользования, либо корректировать план погрузки.

Оценка основных причин превышения балансового наличия вагонов над нормальным наличием на дорогах следования и на станциях назначения (рисунок 3.6) должна выполняться как при анализе исполненной, так и при прогнозе предстоящей перевозочной работы. Здесь P_3 , $P_3^{доп}$ – парк вагонов в составах поездов, временно задержанных в продвижении – соответственно фактический на начало расчетного периода T и допустимый, при котором сохраняется уровень маневренности подразделения сети (см. главу 2); $M_{потр}$, M_3 – соответственно потребный и эксплуатируемый парк локомотивов грузового движения.

Опыт планирования и организации подвода грузопотоков к морским терминалам и крупным грузополучателям в логистических центрах (ДЛЦ) дирекций управления движением показывает, что протяженность полигона припортовой железной дороги недостаточна для своевременного принятия эффективных решений по регулированию продвижения поездов. Практика показывает, что продвижение и сдача поездов на припортовую дорогу без учета возможностей дальнейшего следования и выгрузки приводят к тому, что не только на припортовой, но и на соседних железных дорогах возрастают затраты

локомотиво-часов грузового движения, бригадо-часов локомотивных бригад на тот же объем поездной работы, растут в целом производственные расходы.

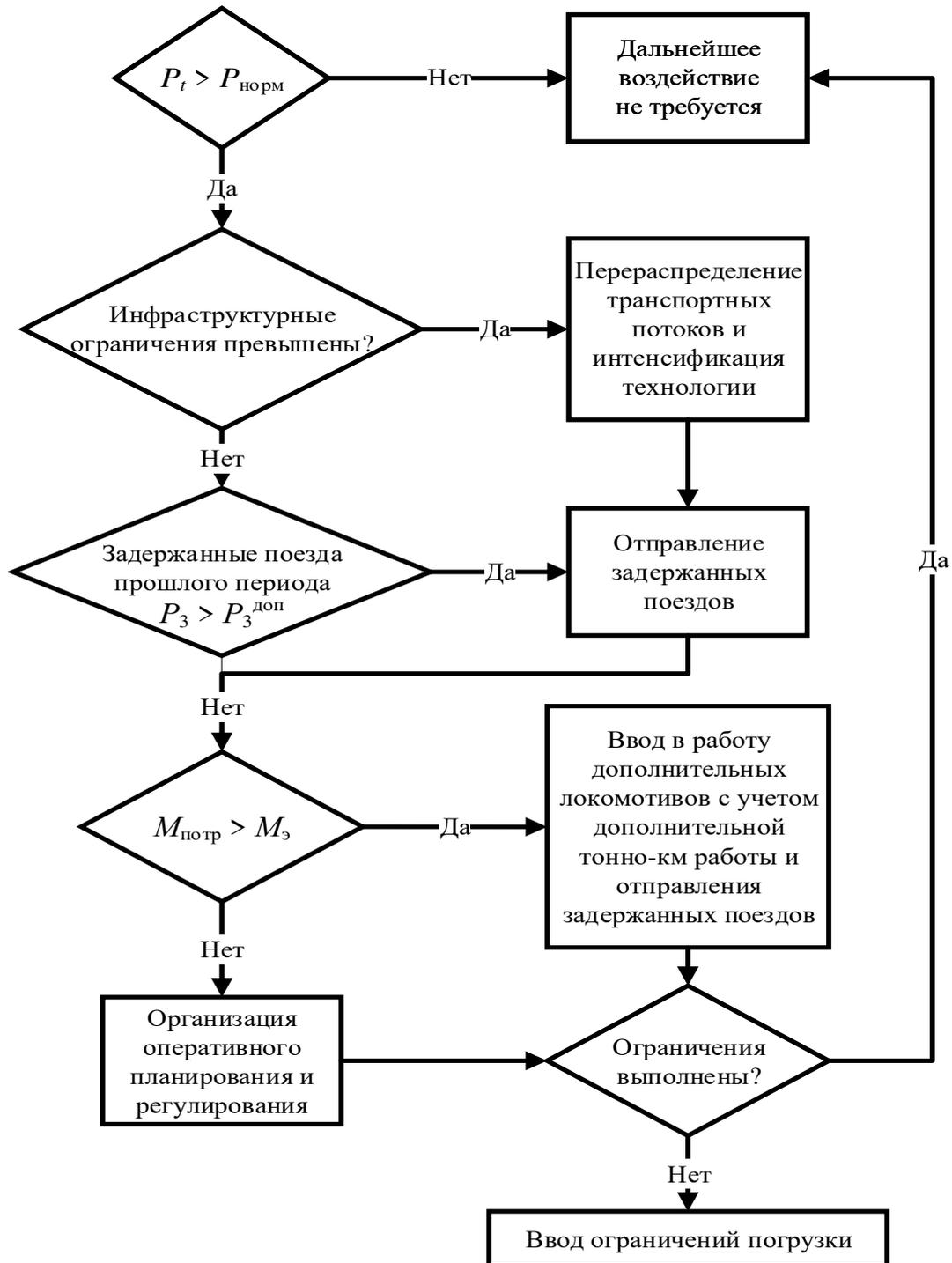


Рисунок 3.6 – Укрупненный алгоритм оценки соответствия балансового и нормативного наличия вагонов с выработкой управляющих воздействий

Продвижение поездов в адрес припортовой железной дороги следует регулировать, используя ресурсы полигона и равномерно заполняя емкости его

путевого развития. Это позволит высвободить тяговые средства и получить эффект для всех участвующих подразделений железнодорожной сети.

3.3 Регулирование организации и направления транзитных вагонопотоков

В практических условиях работы железных дорог, когда станции работают с избыточным вагонным парком, нередко имеет место перенос переработки поездов на предыдущие или пропуск разборочных поездов на впередилежащие сортировочные станции. Это делается как единовременной оперативной корректировкой, так и в нарушение плана формирования. При этом идут даже на то, что часть вагонов приходится возвращать на станцию назначения поезда со значительным перепробегом.

Выделение транзитных назначений позволяет заранее отделить транзитный (для района, испытывающего затруднения) поток от местного, при этом не требуется возврат местных вагонов. Такие оперативные изменения нормативного плана формирования поездов (рисунок 3.7, а), обеспечивают:

- «сброс» неподобранных вагонов с технической станции, испытывающей затруднения в работе, на впередилежащую станцию, на которой парк вагонов ниже нормы и не загружены маневровые средства (рисунок 3.7, б);

- разгрузку впередилежащей станции, испытывающей затруднения в работе, за счет накопления и формирования отдельных участковых или сквозных поездов на предшествующей станции, на которой парк вагонов ниже нормы и не загружены маневровые средства (рисунок 3.7, в).

На целесообразность установления подобных вариантов плана формирования указывал проф. А.П.Петров. В книге [48] им рекомендуется при разработке плана формирования поездов из примерно одинаковых по своим показателям вариантов выбирать тот, в котором назначения групп вагонов больше удовлетворяют принципу отделения транзитных вагонопотоков от местных. Если

местный груз следует в одних поездах, а транзитный - в других, это значительно облегчает решение ряда оперативных регулировочных задач, в том числе и при работе в затрудненных условиях.

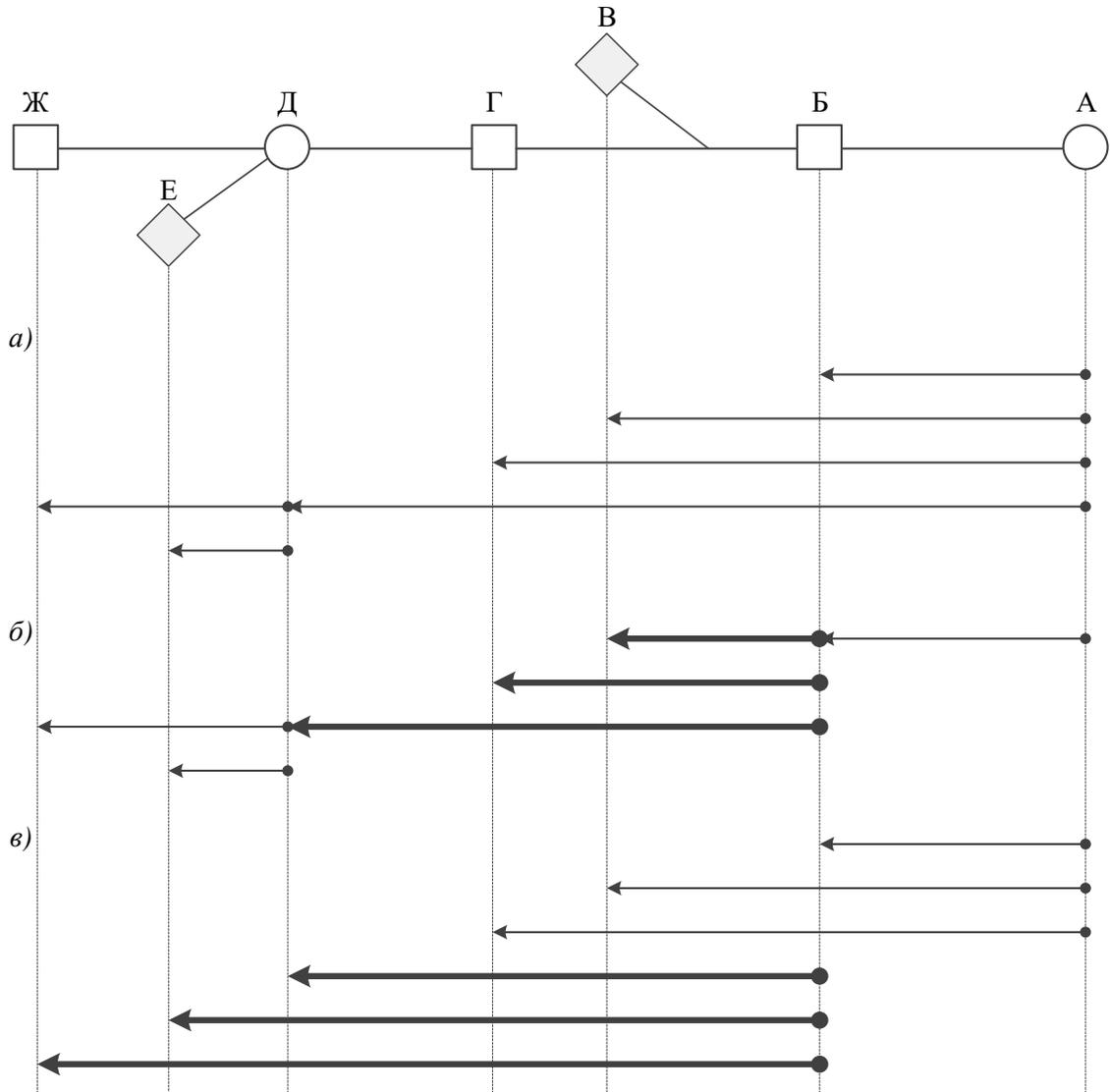


Рисунок 3.7 – Корректировка плана формирования в помощь станции, испытывающей затруднения: а) нормативный план формирования поездов; б) разгрузка сортировочной станции А от назначений формируемых поездов; в) разгрузка сортировочной станции Д от переработки вагонопотоков

Если позволяет конфигурация сети и эксплуатационная обстановка, оперативно назначенные транзитные поезда можно пропускать по обходам и соединительным линиям в узлах, выполнять их техническое обслуживание на вспомогательных станциях, а также при необходимости можно направлять такие

поезда на кружные направления.

Для решения такого класса задач в диссертации [54] предложена методика определения специальных расчётных нормативов плана формирования поездов в затруднённых условиях, которые учитывали изменённые условия работы станций, задержки поездов на подходах и повторную сортировку вагонов, способствовали повышению транзитности вагонопотоков через станции, испытывающие затруднения. При этом норма экономии от пропуска вагонопотока без переработки на станции, выражавшаяся в приведенных вагоно-часах, $T_{\text{ЭК}}$ заменялась нормативом $T_{\text{ЭК}}^{\varphi} > T_{\text{ЭК}}$. Величина этого норматива увеличивалась до 2 – 2,5 раз; соответственно снижалась пороговая мощность вагонопотоков для выделения транзитных назначений поездов через станции, испытывающие затруднения.

В современных условиях, когда Инструктивными указаниями по организации вагонопотоков [85, 99] не предусмотрено понятие «приведенные вагоно-часы», необходим непосредственный расчёт затрат, связанных с повторной сортировкой вагонов и в целом дополнительной маневровой работой, неприёмом поездов станциями, враждебностью поездных и маневровых передвижений, и рисками, связанными с замедлением доставки грузов и оборота груженых и порожних вагонов.

При этом расчеты по оперативному изменению плана формирования поездов следует выполнять по методикам [85], но ограничения на допустимое число формируемых назначений и допустимые размеры переработки по техническим станциям задавать с учетом потерь станционной мощности из-за избыточного вагонного парка (см. п. 2.4 диссертации).

Отклонение вагонопотоков на кружные направления следует оценивать расчетами по действующей методике ([85], п. 4.2.2), включающей в себя стоимостные оценки продвижения поездов по участкам и станциям; риск потери доходов в связи с уменьшением погрузочных ресурсов сети железных дорог ОАО «РЖД»; риск потери доходов в связи с выплатами за нарушения сроков доставки грузов. Однако в качестве исходных данных необходимо принимать

снижение участковых скоростей грузовых поездов и увеличение потребности в локомотивах и локомотивных бригадах грузового движения из-за избыточного вагонного парка (см. пп. 2.5 и 2.6 диссертации).

3.4 Регулирование размещения парков порожних вагонов

Исследованы возможные диапазоны снижения нагрузки на инфраструктуру и эксплуатационных расходов за счет включения парков универсальных вагонов, принадлежащих разным собственникам, в общий контур регулирования. Для этого по одной из железных дорог Европейской части сети ОАО «РЖД» проведены серии вариантных расчетов распределения потоков порожних вагонов с учетом плана формирования поездов и плана организации маршрутов и определением технико-экономических показателей.

В таблице 3.1 представлены фактические среднесуточные объемы выгрузки и погрузки полувагонов по дороге за три месяца максимальной работы. Из таблицы следует, что объемы грузовой работы составляли в ноябре 88% от объемов октября, а в декабре – 81%.

Оценка эффективности управления консолидированным парком полувагонов выполнена с помощью программного комплекса АС ОНПВ (Автоматизированная система «Организация направления порожних вагонопотоков»), разработанного в ОАО «НИИАС» [100].

АС ОНПВ [обеспечивает:

- взаимодействие с внешними автоматизированными системами;
- формирование вариантов исходных данных для оценки направления порожних вагонопотоков;
- расчет технико-экономических показателей продвижения порожних

Таблица 3.1 – Выгрузка и погрузка полувагонов на железной дороге по операторам подвижного состава

Показатели	месяц	Значения показателей, вагонов/сут, по операторам подвижного состава						
		1	2	3	4	5	Остальные	Всего
Выгрузка	октябрь	629	838	326	126	52	1129	3100
	ноябрь	559	638	336	127	63	1128	2851
	декабрь	432	548	301	132	51	924	2388
Погрузка	октябрь	205	185	405	1	36	508	1340
	ноябрь	174	399	5	2	1	474	1055
	декабрь	186	139	362	4	29	487	1207

вагонопотоков по сети железных дорог ОАО «РЖД»;

- учет плана формирования поездов и плана организации маршрутов при построении и оценке путей следования порожних вагонов;
- оценку вариантов направления порожних вагонопотоков с учетом заданных критериев (тарифное расстояние, эксплуатационные затраты);
- сравнение вариантов направления порожних вагонопотоков с позиции эксплуатационной работы;
- расчет надежности обеспечения заявок на перевозку грузов корпоративным парком частных вагонов;
- возможность автоматического решения задачи оптимального распределения потоков порожних вагонов либо диалоговой корректировки распределения технологом с автоматическим подсчетом показателей и проверкой соблюдения баланса порожних;
- расчет оценочных показателей управления вагонными парками, обеспечивающих безубыточность эксплуатации консолидированного парка частных вагонов.

В левой части диалогового окна АС ОНПВ (рисунок 3.8) отображаются станции, по которым имеются избытки порожних вагонов, а в правой части – станции, имеющие недостатки вагонов. В средней части – результат решения по привязке потоков порожних вагонов. Выведены также показатели найденного решения – затраты на продвижение вагонов в соответствии с действующей технологией организации вагонопотоков в поезда и расстояние следования.

Экспериментальные расчеты в АС ОНПВ выполнены:

- отдельно по каждому из 5 выделенных операторов подвижного состава и по группе оставшихся операторов;
- совместно по 5 операторам, которые грузят и выгружают вагоны на станциях данной железной дороги.

Получены следующие технико-экономические показатели.

Затраты ОАО «РЖД» (рисунок 3.9), в том числе связанные с простоями порожних вагонов, с их пробегами и переработками по плану формирования поездов, при управлении консолидированным парком пяти крупных операторов снижаются на 3,27 (октябрь), 2,47 (ноябрь) и 0,7 (декабрь) млн. руб/сут (соответственно на 27, 22 и 10%).

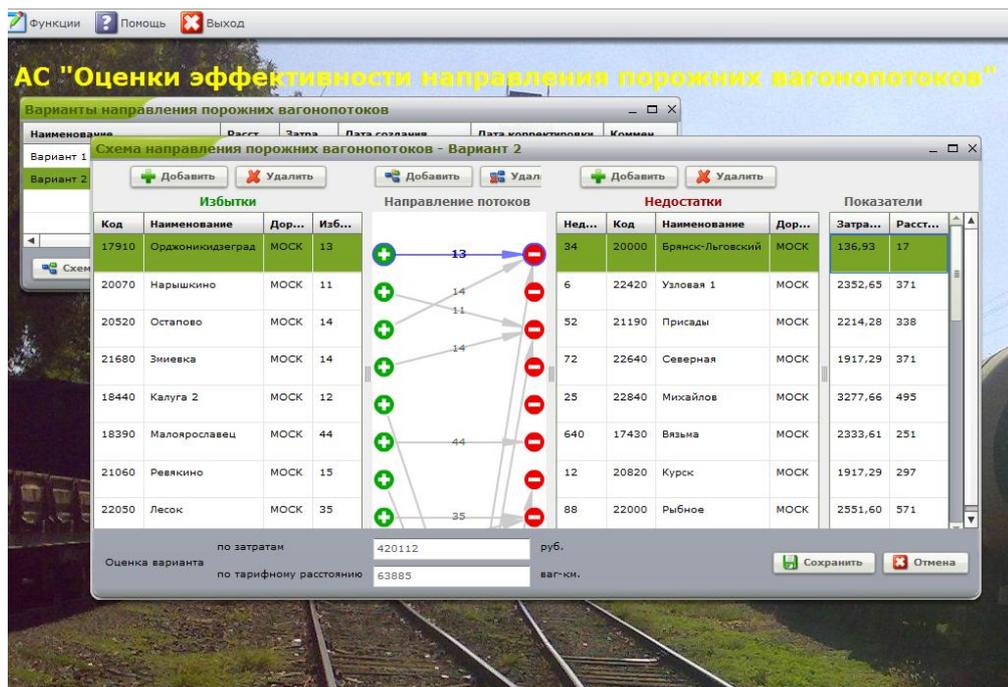


Рисунок 3.8 – Диалоговое окно АС ОНПВ

Рабочий парк порожних вагонов в границах рассматриваемой железной дороги (рисунок 3.10) при управлении консолидированным парком пяти крупных операторов снижается на 146 (октябрь), 95 (ноябрь) и 203 (декабрь) вагона (соответственно на 14, 12 и 25%).

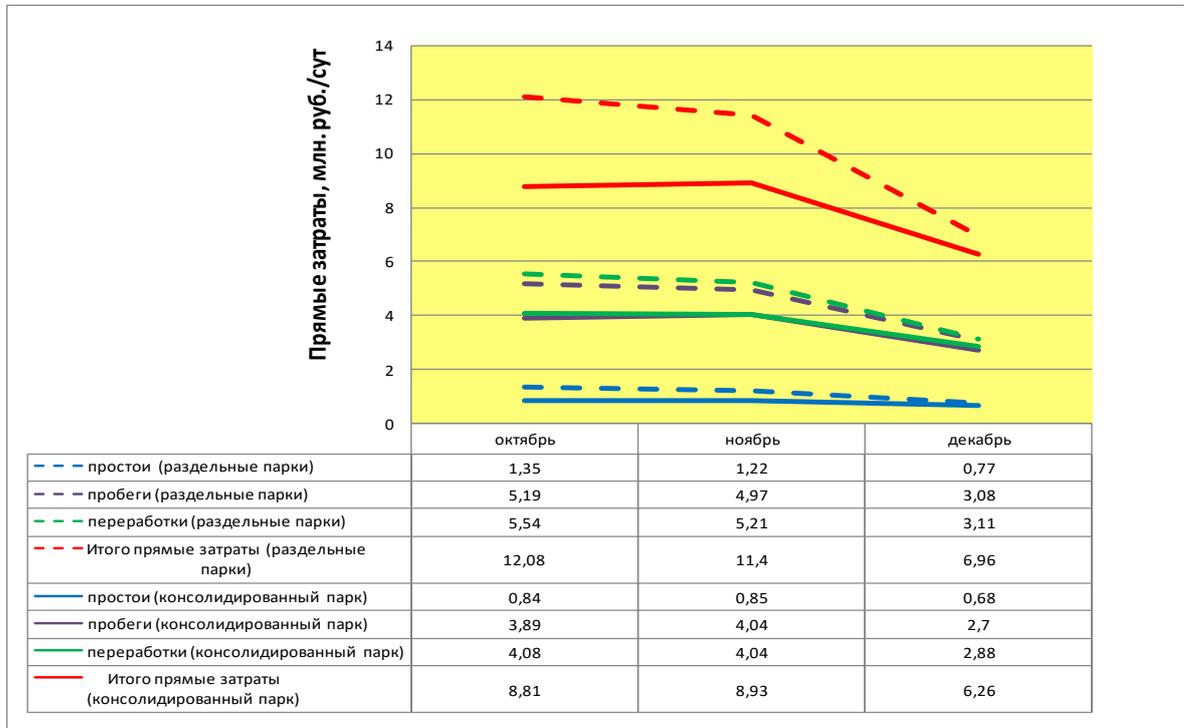


Рисунок 3.9 – Изменение расходов ОАО «РЖД»

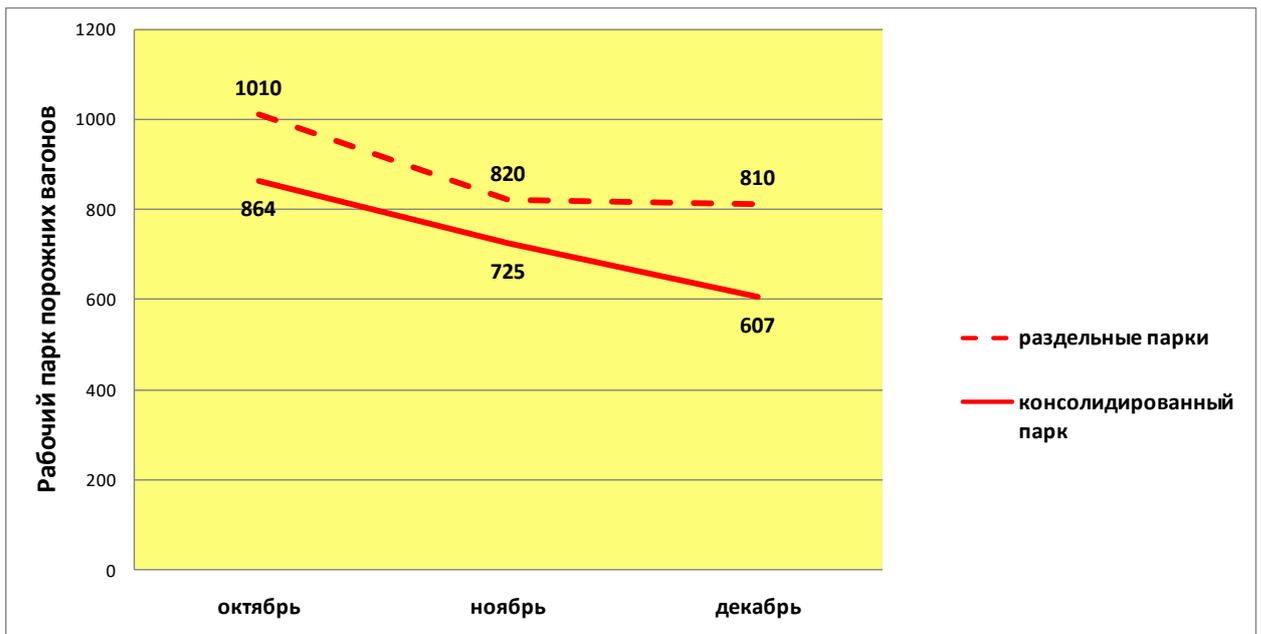


Рисунок 3.10 – Уменьшение парка порожних вагонов на железной дороге

Расчеты подтвердили также, что управление консолидированным парком, снижая распыленность вагонопотоков, позволяет повысить уровень их организованности. Число порожних полувагонов, включаемых в отправительские порожние маршруты на станциях выгрузки рассматриваемой железной дороги, возрастает в 3,2 (октябрь), 4,1 (ноябрь), 4.6 (декабрь) раза; включаемых в технические порожние маршруты на сортировочных станциях дороги – в 2,33 (октябрь), 1,58 (ноябрь) и 1,44 (декабрь) раза.

Таков теоретически возможный потенциал управления консолидированным парком полувагонов и его зависимость от объемов грузовой работы на полигоне железной дороги. При этом составляющие технологической эффективности непропорциональны объемам перевозок. Темпы роста высвобождения вагонного парка и надежности обеспечения погрузки за счет управления консолидированным парком более высокие, чем темпы снижения объемов грузовой работы. Однако в денежном выражении экономия средств при снижении объемов грузовой работы уменьшается, причем также более высокими темпами (рисунок 3.11).

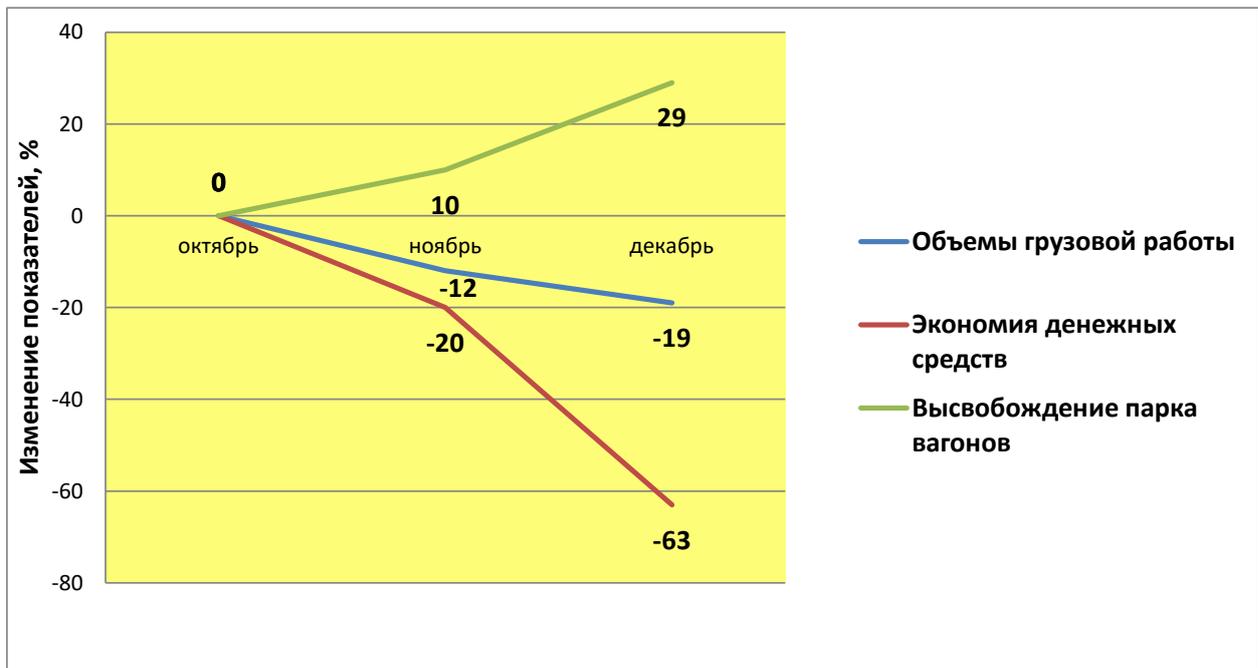


Рисунок 3.11 – Относительное изменение показателей управления консолидированным парком полувагонов

3.5 Выводы по главе 3

1. Предотвращение возможных и локализация возникших затруднений базируется либо на интенсификации использования внутренних ресурсов затрудненного подразделения сети, либо на помощи другого подразделения, имеющего резервы (повышения транзитности поездопотока, увеличения массы или длины поездов либо их подготовки для пропуска без перелома составов, упорядочения подвода и др.), либо на сочетании этих двух принципов.

2. Регулировочные меры четырех классов – ограничение поступления вагонов рабочего парка на полигон; интенсификация сдачи («сброс») вагонов рабочего парка с полигона; вывод порожних вагонов из участия в перевозочном процессе – в отстой на станции с незагруженной путевой емкостью или в нерабочий парк; вывод вагонов на железнодорожные пути необщего пользования – необходимо классифицировать на меры, проводимые ОАО «РЖД» самостоятельно, и меры, которые осуществимы только при взаимодействии:

- с отправителями и получателями грузов;
- с отправителями и получателями порожних вагонов;
- с владельцами железнодорожных путей необщего пользования.

3. Предложен порядок вычисления взаимного влияния параметров работы полигонов железнодорожной сети с учетом принимаемых мер устранения эксплуатационных затруднений с определением численных значений элементов трёх матриц – среднего времени нахождения вагонов на элементах инфраструктуры полигона (станциях, узлах, участках), рабочего парка вагонов на элементах инфраструктуры полигона в зависимости от среднего времени нахождения вагонов, допустимых размеров движения грузовых поездов на элементе инфраструктуры полигона в зависимости от рабочего парка вагонов.

4. Оценивать применение отдельных регулировочных решений либо их комплексов необходимо как по динамике восстановления нормального наличия вагонов рабочего парка, так и по их влиянию на финансовый результат. Для

оценки посуточной динамики финансового результата сформулировано уравнение перехода, которое учитывает риски потерь доходов (из-за необеспечения погрузки, снижения надежности доставки грузов, невыполнения иных договорных обязательств) и изменение прямых производственных расходов (дополнительные затраты на регулировочные мероприятия в связи с тягово-энергетических и инфраструктурных ресурсов, экономия от применения регулировочных мероприятий в связи с высвобождением ресурсов из-за снижения задержек продвижения транспортных потоков).

5. Для задач регулирования погрузки и подвода вагонов к пунктам назначения выведены расчетные формулы максимально возможной и плановой выгрузки морских терминалов (в общем случае – грузоперевалочных, грузопогашающих комплексов), нормативного и планового наличия на рейсе вагонов в их адрес. Предложен порядок вычисления ограничений по перерабатывающей способности пунктов назначения и по наличию на рейсе груженых вагонов в адрес пунктов назначения, которые должны соблюдаться при планировании погрузки на расчетный период. Разработан принципиальный алгоритм оценки соответствия балансового и нормативного наличия вагонов с выработкой управляющих воздействий.

6. Для задач регулирования организации и направления транзитных вагонопотоков следует применять существующие методики, но с использованием в качестве исходных данных значений потерь станционной мощности, снижения участковых скоростей грузовых поездов и увеличения потребности в локомотивах и локомотивных бригадах грузового движения из-за избыточного вагонного парка, рассчитываемых порядком, разработанным в диссертации.

7. Исследованы возможные диапазоны снижения нагрузки на инфраструктуру и эксплуатационных расходов за счет включения парков универсальных вагонов, принадлежащих разным собственникам, в общий пул. Затраты, связанные с простоями порожних вагонов, с их пробегами и переработками по плану формирования поездов, при управлении консолидированным парком пяти крупных операторов снижаются на 10 – 27%.

Рабочий парк порожних вагонов в границах рассматриваемой железной дороги снижается на 12 – 25%.

8. Управление консолидированным вагонным парком, снижая распыленность вагонопотоков, позволяет повысить уровень их организованности. Число порожних полувагонов, включаемых в отправительские порожние маршруты на станциях выгрузки рассматриваемой железной дороги, возрастает в 3,2 – 4.6 раза; включаемых в технические порожние маршруты на сортировочных станциях дороги – в 1,44 – 2,33 раза.

ГЛАВА 4. МЕТОДЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ, ИСПЫТЫВАЮЩИХ ЗАТРУДНЕНИЯ

4.1 Основные положения

В работе [87] показано, что эксплуатационные затруднения при возникновении дефицита ресурсов (инфраструктурных, графиковых, тяговых) развиваются циклично, усугубляя негативное влияние станций и участков друг на друга. Поэтому методы регулирования, устраняющие затруднения, должны предусматривать «расцикливание», механизм действия которого представлен на рисунке 4.1.

Меры по преодолению эксплуатационных затруднений и восстановлению рационального соотношения вместимости путевого развития и рабочего парка вагонов образуют двухконтурный циклический процесс: первый контур (левая часть рисунок 4.1) – восстановление взаимодействия в работе грузовых станций с сортировочными и участковыми станциями; второй контур (правая часть рисунок 4.1) – восстановление взаимодействия в работе сортировочных и участковых станций с участками железных дорог.

В результате должно обеспечиваться снижение избытка вагонного парка, характер которого был показан выше на рисунке 3.3, а.

Анализ взаимосвязей представленных на рисунке 4.1, показывает, что наиболее быстрые и экономичные способы устранения эксплуатационных затруднений требуют одновременного применения нескольких регулировочных мероприятий. Выбор комплексов регулировочных мероприятий, основанных на интенсификации работы полигонов сети железных дорог, требует соблюдения двух основополагающих принципов:

- 1) обеспечить интенсификацию работы тех элементов структуры и технологии, которые вызывают наибольшие задержки транспортного потока;

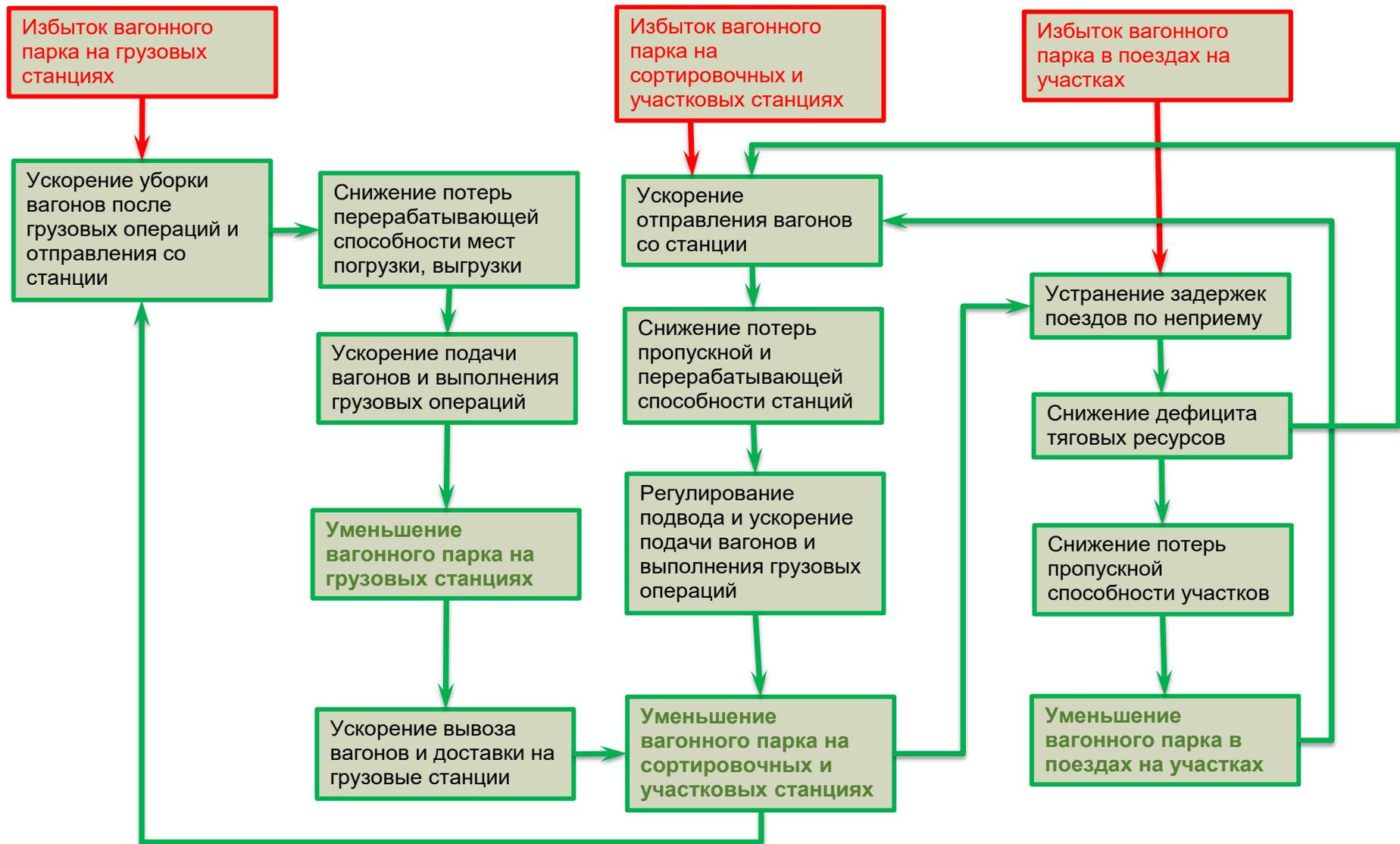


Рисунок 4.1 – Технологические взаимосвязи в процессах устранения эксплуатационных затруднений и восстановления рационального соотношения вместимости путевого развития и рабочего парка вагонов

2) обеспечить беспрепятственное продвижение той части транспортного потока, которой не касается возникшее затруднение, либо касается в минимальной степени.

Эксплуатационные возможности станций по выполнению сортировочной работы определяются зависимостью технически допустимых размеров вагонопотока, поступающего в переработку, от числа назначений формируемых поездов [85, 99] и от рабочего парка вагонов на станции

$$\begin{cases} N_T = f_1(k) \\ N_T = f_1(P_{\text{раб}}) \end{cases} \quad (4.1)$$

Эти зависимости имеют вид, показанный на рисунке 4.2. Здесь:

k_{max} – максимальное число назначений формируемых поездов;

N_T^* – наибольший поступающий в переработку расчетный вагонопоток, при котором станция (сортировочная система) обеспечивает беспрепятственный прием поездов, вагонов/сут;

$k_{\text{ф}}$ – фактическое число назначений поездов по действующему плану формирования;

$N_{\text{ф}}$ – фактические размеры переработки, вагонов/сут.

Зависимости $N_T = f_1(k)$ рассчитаны по методике [85, 99] в подсистеме «Компьютерный паспорт сортировочной станции» Автоматизированной системы организации вагонопотоков (АСОВ) для всех сортировочных, участковых и грузовых станций, формирующих сквозные и участковые поезда, с учетом их путевого развития и технического оснащения.

Нормативная зависимость $N_T = f_1(k)$ соблюдается при рабочем парке вагонов не больше технически допустимого, т. е. при $P_{\text{раб}} \leq P_{\text{техн.ст}}$. При $P_{\text{раб}} > P_{\text{техн.ст}}$ исключается из работы части путевого развития станции в связи с необходимостью размещения избыточного парка вагонов. В зимних условиях, кроме того, замедляется производство маневровых операций; увеличивается время занятия путей и горловин снегоуборочными работами.

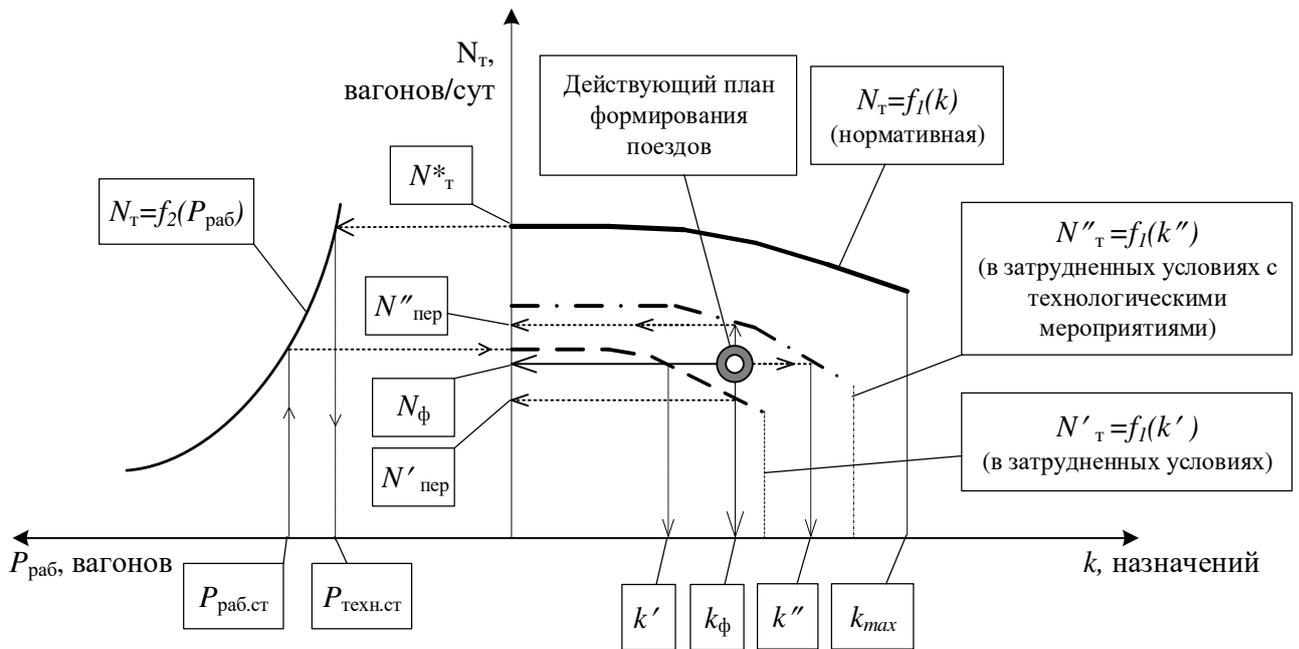


Рисунок 4.2 – Взаимосвязь технически допустимых размеров вагонопотока, поступающего в переработку, числа назначений формируемых поездов и рабочего парка вагонов

В результате этого изменяются значения величин, входящих в качестве исходных данных в определение зависимости $N_T = f_1(k)$: уменьшается пропускная способность парков приема и отправления, снижается перерабатывающая способность горок и вытяжных путей; сокращается количество сортировочных путей для формирования поездов. С использованием новых данных рассчитывается зависимость

$$N'_T = f_1(k'), \quad (4.2)$$

характеризующая условия работы станции в ситуации затруднения (на рисунок 4.2 показана штриховой линией). При этом, если вновь полученное число назначений

$$k' < k_\phi, \quad (4.3)$$

или размеры переработки

$$N'_\text{пер} < N_\phi. \quad (4.4)$$

(см. рисунок 4.2), возникает необходимость проведения технологических мероприятий на уровне станции (узла) либо изменения плана формирования на сетевом уровне.

Реализация технологических мероприятий увеличивает эксплуатационные возможности станции для работы по плану формирования поездов. С учетом этого рассчитывается зависимость

$$N''_T = f_1(k''), \quad (4.5)$$

для условий работы с технологическими мероприятиями (на рисунок 4.2 показана штрих-пунктирной линией). При этом, если число назначений

$$k'' \geq k_\phi, \quad (4.6)$$

и новые возможные размеры переработки

$$N''_{\text{пер}} \geq N_\phi, \quad (4.7)$$

(см. рисунок 4.2), необходимость корректировки сетевого плана формирования исключается.

Эксплуатационные возможности станции по пропуску потоков вагонов и поездов характеризуются технически допустимым числом транзитных поездов без переработки $n_{\text{т.тр}}$, поездов/сут, которое станция может осваивать без задержек по неприёму [85, 99].

Потери в использовании реализуемой пропускной и перерабатывающей способности станций определяют, рассчитывая значения $n_{\text{т.тр}}$ и зависимости (4.1, 4.2, 4.5) при исходном числе путей в парках станции, занятых в ее технологическом процессе, и при числе путей, уменьшенном в связи с размещением избыточного парка вагонов.

Авторами статьи [104] утверждается, что временная отстановка грузовых поездов от движения в реальных современных условиях (отсутствие крупных регулирующих емкостей путевого развития, несогласованное движение порожних

вагонов разных собственников и др.) должна рассматриваться не как чрезвычайная вынужденная мера, а как технологический элемент перевозочного процесса, требующий рациональной организации.

Наиболее важным результатом [104] является сформулированное условие: отставлять поезда на подходах к затрудненному элементу сети (участку, узлу, станции) следует таким образом, чтобы в результате пропускная способность подходов $N_{\text{пс } i}^*$ не упала ниже пропускной способности затруднённого элемента $N_{\text{пс}}^{\text{затр}^*}$, то есть

$$N_{\text{пс } i}^* \geq N_{\text{пс}}^{\text{затр}^*}. \quad (4.8)$$

При соблюдении данного условия не будут усугубляться последствия затруднений из-за удлинения периода подъёма поездов, отставленных от движения. Вместе с тем данное условие записано лишь для случая линейной конфигурации полигона. Кроме того, необходимо уточнить, что значения $N_{\text{пс}}^{\text{затр}^*}$ должны характеризовать результирующую мощность элементов инфраструктуры, выделенную для транспортных потоков, следующих через затруднённый элемент.

Рекомендации по рациональной последовательности размещения задержанных составов приведены в исследовании [78], где использован критерий минимума суммарных потерь графиковых и тяговых ресурсов в стоимостном выражении.

В настоящее время для предотвращения роста парка грузовых вагонов, находящихся на станционных путях инфраструктуры общего пользования сверх технологически необходимого на выполняемый объем работы, ОАО «РЖД» получило нормативно-правовые инструменты, реализующие принцип платности занятия станционной инфраструктуры и возможность самостоятельного перемещения перевозчиком вагонов, не участвующих в перевозочном процессе, в места отстоя или приписки за счет владельца вагонов в случаях, затрудняющих эксплуатационную работу и снижающих уровень безопасности движения. Однако последнее действует только в отношении ограниченного перечня припортовых

станций.

Поэтому в оперативной работе с порожними вагонами следует принимать во внимание все категории станций, где длительное нахождение порожних вагонов ограничивает их пропускную и перерабатывающую способность (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Станции, где отстой порожних вагонов ограничивает их пропускную и перерабатывающую способность

4.2 Интенсификация вывоза поездов с сортировочных и грузовых станций

Первоочередная задача интенсификации отправления поездов со станций – создать условия для приёма поездов с линии, предотвращение роста числа поездов, задерживаемых в продвижении без локомотивов на промежуточных станциях участков. Ускорение ввода поездов на станцию высвобождает тяговые ресурсы для дальнейшего ускорения вывоза поездов, отставление поездов от движения требует последующего привлечения дополнительных тяговых ресурсов для их подъёма.

Ускорение отправления вагонов со станций обеспечивается за счет следующих мер:

- 1) интенсификация технологической обработки составов и их подготовки к отправлению, в том числе за счет перераспределения штата работников и маневровых средств;
- 2) оперативная организация групповых поездов вместо однопутных, а также поездов повышенной транзитности (по назначениям плана формирования впередилежащей станции);
- 3) улучшение использования сортировочных (и прежде всего – сортировочно-отправочных) путей при их скользящей специализации и прекращением накопления на отдельных путях маломощных поездных и внутростанционных назначений;
- 4) увеличение массы и длины отправляемых поездов за счет прицепки групп вагонов к транзитным поездам, использования дифференцированных норм составов, соединения поездов и др.;
- 5) увеличение количества ниток графика движения, обеспеченных локомотивами (увеличение резерва поездных локомотивов для вывоза поездов);
- 6) использование обходов, частичное использование для грузового движения пассажирских устройств в узлах;
- 7) другие варианты решения.

В нормальных эксплуатационных условиях, чем больше вагонов находится в поездах на участках, чем больше размеры передачи по стыковым пунктам, тем меньше парк вагонов на станциях и выше манёвренность полигона. Но это справедливо только в случае, когда наличие поездов на участке не превышает установленного графиком движения, развязанным в узлах и обеспеченным тяговыми ресурсами. Если нитки грузовых поездов, проложенные по участку, не развязаны в узлах или должны быть сняты по окну – бесполезно привлекать к работе дополнительные локомотивы и бригады.

Укрупненный алгоритм оценки использования поездных локомотивов грузового движения на расчетном периоде T (рисунок 4.4) базируется на сопоставлении фактических значений работы вагонного парка U_T , тонно-километров брутто Pl_T и эксплуатируемого парка локомотивов M_T с соответствующими плановыми значениями $U_{пл}$, $Pl_{пл}$ и $M_{пл}$. При этом нормальное (плановое) значение работы вагонного парка на подразделении, приходящейся на один локомотив эксплуатируемого парка,

$$\beta_{\text{норм}} = U_{\text{пл}} / M_{\text{пл}}, \quad (4.9)$$

должно сопоставляться с отношением приращений $\Delta U / \Delta M$. Если данное приращение отличается от $\beta_{\text{норм}}$ не более чем на допустимую величину ε , то есть

$$\varepsilon^- \leq \Delta U / \Delta M - \beta_{\text{норм}} \leq \varepsilon^+, \quad (4.10)$$

то воздействие не требуется.

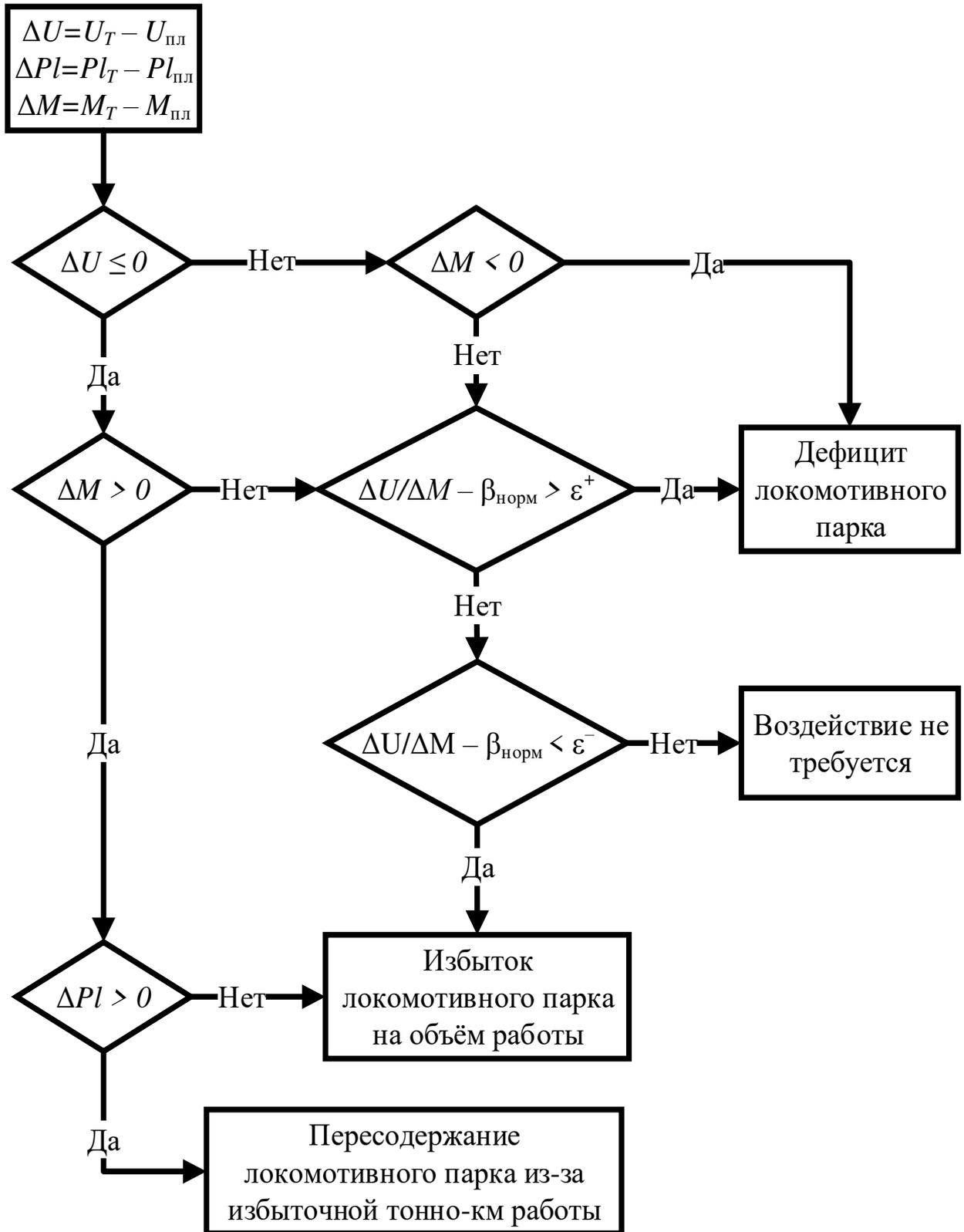


Рисунок 4.4 – Укрупненный алгоритм оценки использования поездных локомотивов грузового движения

4.3 Интенсификация выгрузки и развоза местного груза

Устранение сверхнормативных остатков местного груза следует обеспечивать не только за счет увеличения производительности грузовых фронтов, но прежде всего за счет устранения потерь их перерабатывающей способности, связанных:

- с несвоевременным освобождением мест погрузки, выгрузки после грузовых операций;
- с несвоевременным прибытием местных вагонов и подачей на места погрузки, выгрузки.

Поэтому к числу технологических мер, направленных на устранение и предотвращение нахождения избыточного парка вагонов на путевом развитии грузовых станций, относятся:

- 1) согласованный подвод поездов и поездных групп;
- 2) твердые и факультативные графические нитки;
- 3) увеличение количества маневровых локомотивов;
- 4) улучшение использования грузовых фронтов за счет ускорения выполнения грузовых операций и выбора рациональных мест выполнения приемо-сдаточных операций (на выставочных путях или на местах погрузки, выгрузки);
- 5) другие варианты решения.

Обоснование данных мер следует выполнять с использованием методического аппарата [105] и имитационных расчетов по методике [66].

4.4 Интенсификация маршрутных перевозок

Расчеты по методике [105] и имитационные расчеты по методике [66] показывают, что результирующая перерабатывающая способность станций примыкания и путей необщего пользования существенно зависит от уровня маршрутизации поступающего вагонопотока.

Данные расчеты показывают также, что увеличение доли вагонопотока, поступающего в маршрутах, улучшает использование перерабатывающей способности и путей станции назначения, если грузовые операции с маршрутом можно выполнить не более чем в две – три подачи. При этом технологические мероприятия по интенсификации маршрутных перевозок предусматривают:

- 1) сохраннный пропуск маршрутов до станций назначения;
- 2) унифицированные полигонные нормы массы и длины маршрутов [106], предотвращающие потери в использовании тяговых ресурсов и пропускной способности лимитирующих участков;
- 3) организацию маршрутов перевозчиком в технологических целях на станционных путях железнодорожной инфраструктуры общего пользования, в том числе с согласованным подводом групп вагонов к станциям формирования (см. п. 4.1 Инструктивных указаний по организации вагонопотоков [85]);
- 4) организация маршрутов во внутридорожном сообщении массой и длиной, кратной эффективной величине подачи на места погрузки, выгрузки, а также с обращением по кольцевым схемам.

4.5 Выводы по главе 4

1. Меры по преодолению эксплуатационных затруднений и восстановлению рационального соотношения вместимости путевого развития и рабочего парка вагонов образуют двухконтурный циклический процесс: первый контур –

восстановление взаимодействия в работе грузовых станций с сортировочными и участковыми станциями; второй контур – восстановление взаимодействия в работе сортировочных и участковых станций с участками железных дорог.

2. Выбор комплексов регулировочных мероприятий, основанных на интенсификации работы полигонов сети железных дорог, требует соблюдения двух основополагающих принципов:

1)обеспечить интенсификацию работы тех элементов структуры и технологии, которые вызывают наибольшие задержки транспортного потока;

2)обеспечить беспрепятственное продвижение той части транспортного потока, которой не касается возникшее затруднение, либо касается в минимальной степени.

3.Выполнена систематизация методов устранения затруднений в эксплуатационной работе полигонов железнодорожной сети, основанных на интенсификации работы полигонов сети железных дорог, и дана оценка применимости существующих методических разработок для обоснования их применения.

4. Разработан алгоритм качественной оценки использования поездных локомотивов грузового движения на заданном расчетном периоде, базирующийся на сопоставлениях фактических значений работы вагонного парка, тонно-километров брутто и эксплуатируемого парка локомотивов с соответствующими плановыми значениями.

Глава 5. ПРИМЕНЕНИЕ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАЗРАБОТАННЫХ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

5.1 Применение разработанных научно-методических решений в рамках полигонных принципов управления эксплуатационной работой

Осуществляемый в ОАО «РЖД» поэтапный переход к планированию и организации движения поездов на полигонах сети, объединяющих несколько железных дорог, предусматривает комплексное планирование ресурсного обеспечения перевозок. При этом должны быть ликвидированы «стыковые потери» во взаимодействии подразделений при организации перевозок на полигоне, обеспечен сквозной пропуск поездов экономически эффективной массы и длины за счет единых технологических требований к инфраструктуре.

Начальным этапом внедрения полигонных технологий стало создание в структуре вертикали ЦД Центров управления тяговыми ресурсами (ЦУТР), взявшим на себя координацию и диспетчерское руководство работой локомотивов и локомотивных бригад, техническим обслуживанием и ремонтом тягового подвижного состава в границах решающих полигонов, каждый из которых объединяет от 3 до 7 удлинённых участков обращения локомотивов.

Полигонные принципы отражаются в новых решениях по организации вагонопотоков, графику движения грузовых поездов, планированию поездной работы, размещению и регулированию парков грузовых вагонов различной принадлежности.

Переход от региональных принципов управления перевозочным процессом (в границах железных дорог) к планированию и организации движения поездов на полигонах сети – важнейший вектор развития вертикали управления движением, позволяющим на основе научно-технических достижений и информатизации добиться нового качества эксплуатационной работы [107, 108].

В этих целях Центральной дирекцией управления движением разработана

программа действий, которая предусматривает реализацию ряда направлений работы. В их числе:

- разработка и практическая проверка комплекса нормативных и технологических документов;
- унификация требований к инфраструктурному комплексу и тяговому обеспечению работы полигона;
- организационно-штатные решения;
- информационно-техническое обеспечение.

Одна из важнейших задач – актуализация Единого сетевого технологического процесса (ЕСТП) с учетом перехода на полигонные уровни управления [109]. Это обеспечивает координацию в рамках технологических процессов эксплуатационной работы полигона управления движением и тяговыми ресурсами, содержанием и ремонтом инфраструктуры. За счет внедрения инструментов и механизмов повышения внутренней и внешней клиентоориентированности необходимо добиться улучшения использования подвижного состава и финансовых результатов.

Единые технические и технологические требования к инфраструктуре должны обеспечивать полное использование ее пропускной и провозной способности за счет организации сквозного пропуска поездов унифицированной массы и длины на полигоне. На основе единых требований разрабатывается и выполняется программа поэтапного (среднесрочный, долгосрочный период) развития инфраструктуры полигонов.

Наиболее подготовленным для внедрения полигонной технологии стал Восточный полигон в границах Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной железных дорог. Протяженность участков полигона – 10997 км. В его составе - более 1000 железнодорожных станций, из них 8 сортировочных, 6 пограничных, 17 припортовых; 59 диспетчерских кругов; 35 локомотивных эксплуатационных депо.

В соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» «О пилотном проекте по переходу от региональных принципов управления перевозочным процессом к

планированию и организации движения поездов на Восточном полигоне» была поставлена задача организации центра управления перевозками на полигоне как единого центра ответственности, наделенного следующими основными функциями:

- организация разработки графика движения и плана формирования;
- организация перевозок на направлениях БАМа и Транссиба, включая сменно-суточное планирование работы полигона и регулирование тяговых ресурсов в границах четырех железных дорог;
- обеспечение логистики перевозок, включая взаимодействие с подразделениями ЦФТО, морских портов и терминалов по регулированию погрузки экспортных грузов, определению очередности подвода поездов к припортовым станциям, организации выгрузки вагонов;
- планирование, разработка и предоставление «окон» для сбалансированного пропуска вагонопотоков на всем Восточном полигоне.

Организационно-штатная структура нового подразделения формируется исключительно за счет существующих штатных единиц с учетом совершенствования процессов управления и оптимизации численности. Центр начал работу в 2016 г. и в настоящее время входит в структуру Дирекции управления движением на Восточном полигоне.

Внедрение технологии управления поездной работой полигона проводилось в комплексе с разработкой и вводом в эксплуатацию новых информационно-управляющих систем. Предусмотрено информационное взаимодействие интегрированной системы управления поездной работой на объединенном полигоне (ИСУПР) с автоматизированными системами прогноза ресурсов сети (АС ПРОГРЕСС), управления тяговыми ресурсами (АС ЦУТР) и аппаратно-программным комплексом «Эльбрус». На этой основе ведется поэтапное развитие информационно-аналитических и прогнозно-планирующих задач Единой интеллектуальной системы управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ).

В основу технологии поездной работы полигона положен нормативный

график движения. Обеспечен переход на разработку нормативного графика движения грузовых поездов в границах всего полигона на основе сквозных ниток, увязки участков обращения локомотивов и работы локомотивных бригад и поездопотоков, поступающих на полигон со смежных направлений.

Это не означает строгую специализацию сквозных ниток под каждое назначение сквозных поездов и маршрутов. Такая специализация при реальной неравномерности движения привела бы к потере эффективности и утрате реальной организующей роли графика. График движения грузовых поездов для полигона сети содержит большинство сквозных ниток с возможностью их вариантного использования в оперативной обстановке. Таким образом, обеспечен минимум поездо-часов ожидания нитки в условиях неравномерности поездопотоков по назначениям.

Значительные объемы реконструкции и ремонта инфраструктуры Восточного полигона должны выполняться в условиях высокой интенсивности грузового движения, большой дальности следования поездов, ограниченных тяговых ресурсов и емкостей путевого развития, отсутствия рокадных направлений для отклонения вагонопотоков. Сложение этих факторов требует гарантированного пропуска всего наличного вагонопотока без сокращения погрузки при постоянном увеличении объемов ремонта инфраструктуры.

Длительные простои поездов на технических станциях, вынужденное оставление составов без локомотивов на промежуточных станциях, невозможность соблюдения нормативного времени непрерывной работы локомотивных бригад на участках, длина которых на Восточном полигоне достигает 380–400 км, снижение скорости и надежности доставки грузов, уменьшение выработки путевых машинных станций – составляющие невосполнимых ресурсных и финансовых потерь.

Как показано в работе [110], в среднем на сети, в том числе и на восточном полигоне, в периоды массового предоставления «окон» участковая скорость уменьшается примерно на величину более 2 км/ч.

В этих условиях практически безальтернативной становится технология

организации движения в условиях реконструкции и ремонта инфраструктуры с круглосуточными закрытиями одного главного пути перегона и предоставлением единого технологического створа для проведения «окон» на участках нескольких дорог (рисунок 5.1).

Увеличение провозных способностей без сокращения погрузки достигается за счет устранения инфраструктурных ограничений (ликвидация защитных блок-участков, сокращение интервала попутного следования за счет устранения ограничений в энергоснабжении, повышение скоростей движения по стрелочным переводам и оставшемуся для движения пути ремонтируемого перегона). Предоставление единого створа сокращает задержки поездов на подходах к техническим станциям (прежде всего в грузовом направлении), но требует выполнения работ на участках разных железных дорог в разное время суток, в том числе и в ночные периоды.

С использованием методических решений, разработанных в предыдущих главах диссертации, были определены нормативы технически рационального наличия вагонов на станциях и участках Восточного полигона, при превышении которого будут иметь место задержки поездов станциями. Используя эти нормативы, продвижение поездов в адрес припортовой Дальневосточной железной дороги регулируют, используя ресурсы полигона и равномерно заполняя емкости его путевого развития. Это позволяет высвободить тяговые средства и получить эффект для всех участвующих подразделений железнодорожной сети.

Технологические решения, отработанные на Восточном полигоне, адаптируются к другим составляющим сети железных дорог.

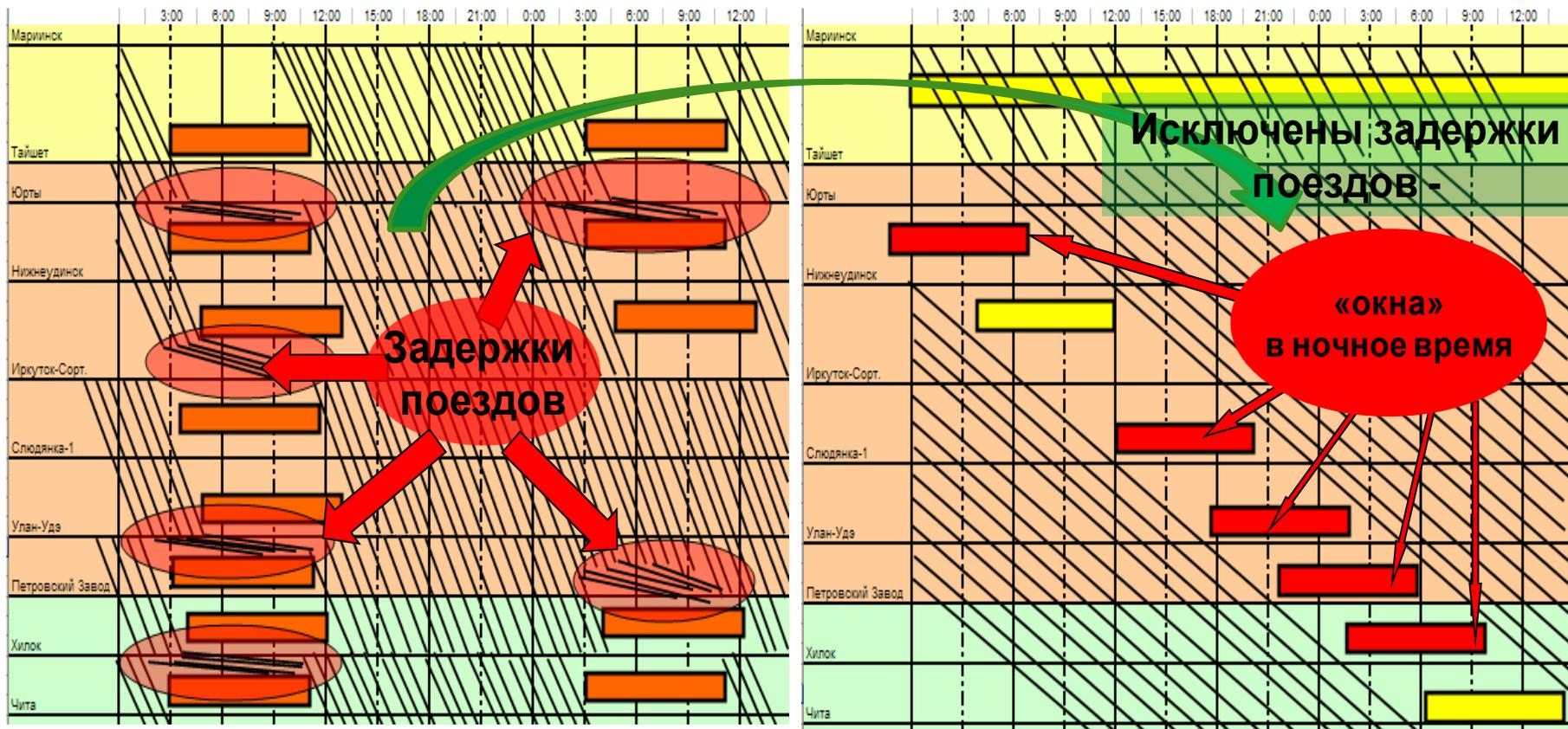


Рисунок 5.1 – Организация работ по ремонту и реконструкции инфраструктуры Восточного полигона в единые технологические створы

В ОАО «РЖД» разработаны «Концепция развития и модернизации диспетчерских центров управления перевозками» и «Программа технического и технологического развития диспетчерских центров управления перевозками». Помимо традиционных функций диспетчерских центров, связанных с руководством движением поездов на участках и в узлах, выполнением решений ЦУТР по управлению тяговыми ресурсами, управлением местной работой и специальными перевозками, оперативным управлением движением поездов при плановых окнах и неплановых сбойных ситуациях, на оперативно-диспетчерский персонал возлагаются новые функции:

- 1) эффективная организация подвода под суточный план погрузки частных порожних вагонов в соответствии с их заадресовкой;
- 2) управление выполнением договорных перевозок с особыми и оплаченными требованиями грузоотправителей (подача вагонов точно в срок и (или) по определенным периодам, управление продвижением грузовых поездов по специализированным ниткам графика и с повышенной скоростью);
- 3) взаимодействие с подразделениями коммерческой диспетчеризации ЦФТО по вопросам приоритетности продвижения поездов и вагонов с учетом влияния на финансовые результаты работы ОАО «РЖД»;
- 4) действия по минимизации расходов по уплате штрафов за невыполнение юридических (нормативных и договорных) сроков доставки грузов;
- 5) взаимодействие с внешними системами (морскими и речными портами, логистическими центрами, мультимодальными терминалами, железнодорожными путями необщего пользования крупных промышленных предприятий, операторами подвижного состава, зарубежными железнодорожными администрациями).

Новые функции диспетчерских центров – важные инструменты повышения клиентоориентированности холдинга РЖД.

В структуре трех припортовых дирекций управления движением оперативное планирование перевозок грузов в интермодальном сообщении обеспечивают логистические центры (ДЛЦ). Обмен данными о прогнозных

инфраструктурных ограничениях с учетом наличия грузов в портах с разложением по грузополучателям и номенклатуре строится на основе Технологии информационного взаимодействия Интегрированной системы управления поездной работой на объединенном полигоне железных дорог ИСУПР, Автоматизированной системы прогноза ресурсов сети АС ПРОГРЕСС и Автоматизированной системы централизованной подготовки и оформления перевозочных документов АС ЭТРАН.

Технология регламентирует решение задач:

- согласование заявок на перевозку массовых грузов в адрес пунктов перевалки (пограничных переходов и портов) с учетом сложившейся эксплуатационной обстановки на сети, наличия временных инфраструктурных ограничений (проведение «окон» по ремонту и модернизации инфраструктуры участков и станций), плановых регламентных работ по ремонту перегрузочного оборудования в портах, наличия грузов в портах, подхода судов, а также с учетом емкости станционных путей технических станций на подходах к пограничным переходам и портам;

- оперативное регулирование поездной работы на подходах к припортовым станциям, призванное обеспечить равномерность подвода поездов, а также нормализовать функционирование полигона в период сложной метеорологической обстановки (сложная ледовая обстановка, затяжные шторма, исключая причаливание и погрузку судов), задержки поездов на подходах к портам при неисправности перегрузочного оборудования.

В 2019-2020 гг. разработаны «Технико-технологическая модель управления перевозочным процессом в направлении портов Северо-Запада на перспективу до 2025 года» [111] и «Технико-технологическая модель управления перевозочным процессом в направлении портов Азово-Черноморского бассейна на перспективу до 2025 года» [112] (рисунок 5.2). В состав указанных документов входят расчеты нормативов содержания вагонов под выгрузку и погрузку на подходах к портам (с разбивкой по родам грузов), включающие:

- технически допустимое и нормальное наличие вагонов на станциях и

участках в границах регионов железных дорог;

- расчеты наличия вагонов по станциям и участкам полигона;
- нормативы содержания вагонов под выгрузку на подходах к портам (с разбивкой по родам грузов) в границах регионов железных дорог;
- схемы следования расчетных корреспонденций вагонопотоков до припортовых станций назначения (рисунок 5.3).

5.2 Применение и эффективность методики расчета показателей работы вагонных парков

С использованием результатов данного исследования в ОАО «РЖД» разработана и утверждена Методика расчета показателей работы вагонных парков, позволяющих осуществлять мониторинг, анализ и оценку влияния избыточности парков на эффективность и результативность работы сети [83].

В рамках указанной Методики эффективность работы сети ОАО «РЖД» выражается в оценке влияния избыточности вагонных парков на показатели использования перевозочных ресурсов – скорости движения поездов, производительность локомотива, оборот грузового вагона, а результативность работы сети – в оценке влияния избыточности вагонных парков на объем выполняемых перевозок через возможности инфраструктуры в пунктах погрузки, выгрузки и в пути следования.

Расчеты по данной методике автоматизированы в составе АС ПРОГРЕСС (подсистема моделирования работы вагонных парков на инфраструктуре ОАО «РЖД») [113]. Производится ежемесячное (и нарастающим итогом с начала года) проведение анализа влияния избыточного парка на эффективность работы ОАО «РЖД» и рост транспортных затрат грузовладельцев.

Результаты расчетов по железным дорогам и в целом по сети ОАО «РЖД» представлены в приложении Б в динамике по месяцам 2014 года (с начала

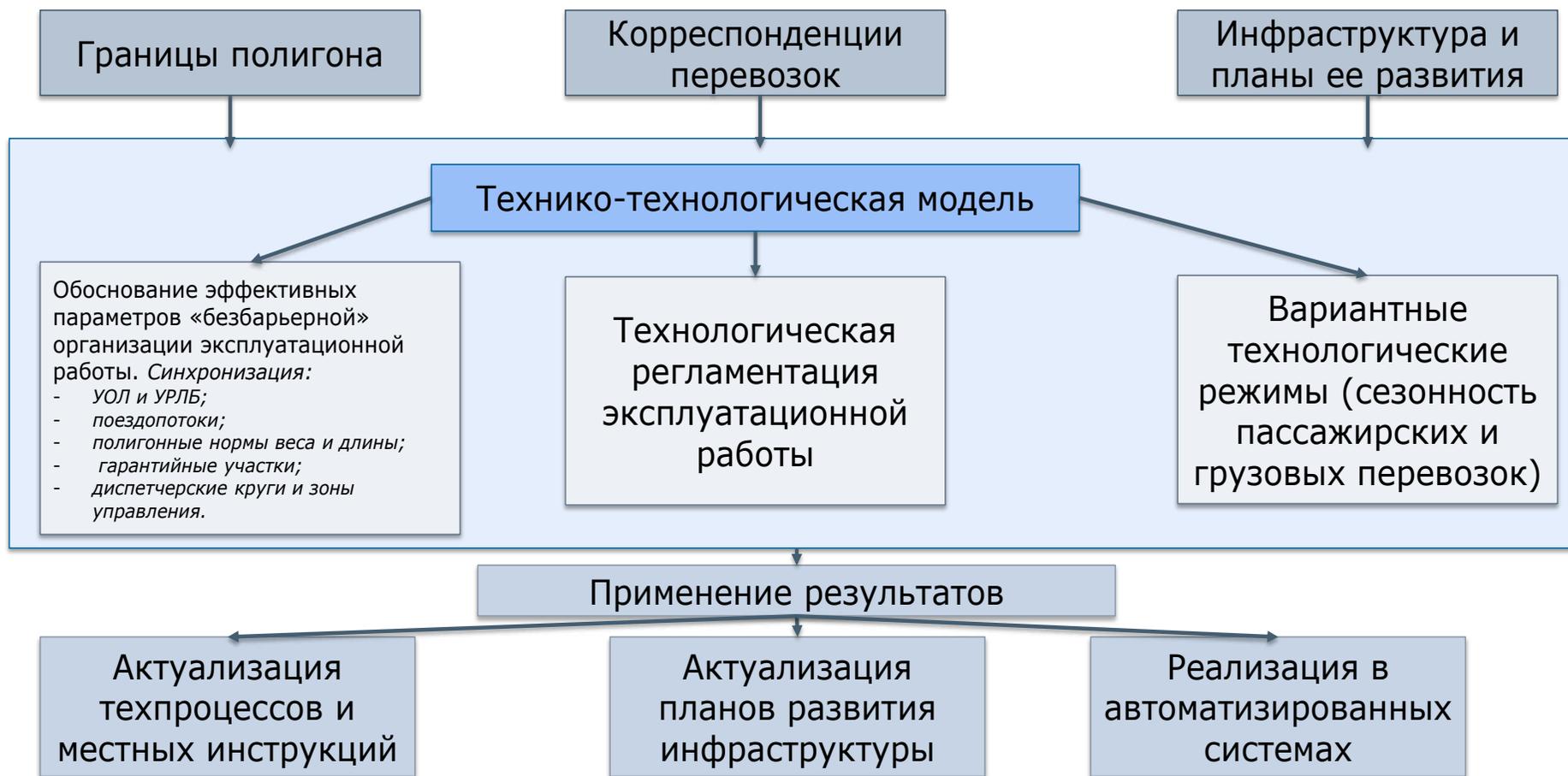


Рисунок 5.2 – Развитие технико-технологических моделей работы полигонов [111, 112]

выполнения расчетов и внедрения комплекса мероприятий по повышению эффективности организации работы вагонных парков) и по годам с 2014 по 2019 гг.

С января по декабрь 2014 г. рабочий парк грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» снизился на 43077 вагонов (рисунок 5.4).

В соответствии с методикой, изложенной в п. 2.3, в АС ПРОГРЕСС выполнены расчеты технически допустимой величины рабочего парка грузовых вагонов на станционных путях общего пользования и на железнодорожных путях необщего пользования. Технически допустимая величина рабочего парка вагонов определяется из условия сохранения маневренности подразделений железнодорожной сети, то есть обеспечения станциями беспрепятственного приема поездов с линии и ритмичного обмена вагонами с железнодорожными путями необщего пользования.

В соответствии с данными рисунок 5.5 наблюдается избыточный (+ к технически допустимому) рабочий парк вагонов на инфраструктурах общего и необщего пользования. На технических станциях и путях общего пользования станций выполнения грузовых операций за 12 месяцев указанный избыток рабочего парка был снижен на 49971 вагон, при этом на железнодорожных путях необщего пользования данный избыток рабочего парка увеличился на 12768 вагонов. Перераспределение вагонного парка связано с изменением подходов к управлению парком, а также внесением поправок и дополнений в нормативно-правовую базу, регулиующую железнодорожные грузовые перевозки.

Динамику рабочего парка вагонов в задержанных в продвижении порожних поездах и в ожидании уборки с путей необщего пользования в 2014 г. характеризует рисунок 5.6. В декабре 2014 г. в связи с подъемом большего количества поездов на сети находилось в составах порожних поездов, задержанных в продвижении, в среднем на 53744 вагонов меньше, чем в январе 2014 г. При этом на железнодорожных путях необщего пользования в ожидании приема и вывода вагонов перевозчиком в связи с занятостью станционной инфраструктуры в декабре по сравнению с январём 2014 г. находилось в среднем

на 2789 вагонов меньше.

Вследствие уменьшения (см. рисунок 5.5) избыточного рабочего парка вагонов на путях общего и необщего пользования снизилось количество случаев несвоевременного приема поездов станциями, что уменьшило необходимость дополнительного содержания локомотивов рабочего парка на 115 единиц в декабре относительно января 2014 г. (рисунок 5.7) и явочного контингента – на 500 локомотивных бригад за тот же период (рисунок 5.8).

При этом осуществление подъема задержанных в продвижении порожних поездов в количестве большем на 1109 за месяц в декабре относительно января 2014 г. (рисунок 5.9) вызвало необходимость дополнительно содержать 13 локомотивов рабочего парка (см. рисунок 5.7) и 61 локомотивную бригаду явочного контингента (см. рисунок 5.8). Кроме технически допустимого (из условия сохранения маневренности) рассчитан технологически необходимый (потребный) рабочий парк грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе, исходя из прогнозируемых величин перевозочной работы, изменений груженого рейса вагона, коэффициента порожнего пробега, коэффициента транзитности вагонопотоков по техническим станциям, коэффициента сдвоенных грузовых операций (см. раздел 5.1 методики [83]).

При этом за анализируемый период (с января по декабрь 2014 г.) обеспечено снижение избытка фактического вагонного парка сверх технологически необходимого (потребного) парка по сети на 109114 вагонов (рисунок 5.10).

Динамику качественных показателей использования подвижного состава на сети ОАО «РЖД» характеризуют данные рисунок 5.11 – 5.13. В течение года рассматриваемые потери в использовании локомотивов и вагонов изменяются неравномерно в связи с рядом факторов, основные из которых – сезонность пассажирских и грузовых перевозок и выполнения работ по ремонту и реконструкции инфраструктуры. Тем не менее в целом за анализируемый период потери в участковой скорости грузовых поездов из-за избыточного парка грузовых вагонов были уменьшены на 1,78 км/ч (рисунок 5.11).

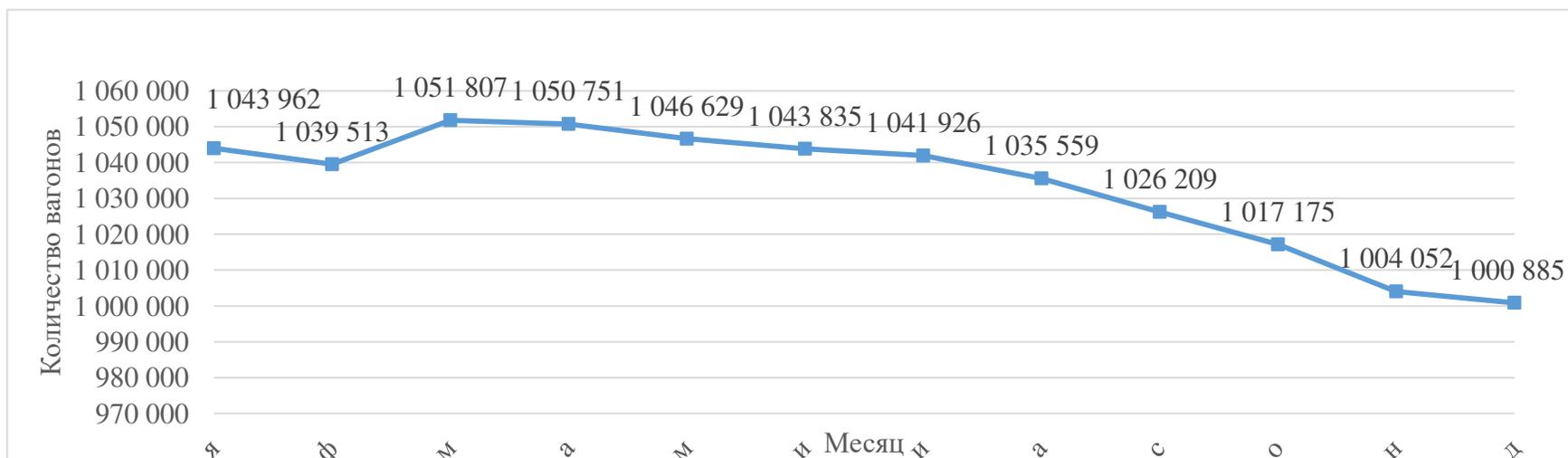


Рисунок 5.4 – Динамика рабочего парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за 2014 г.

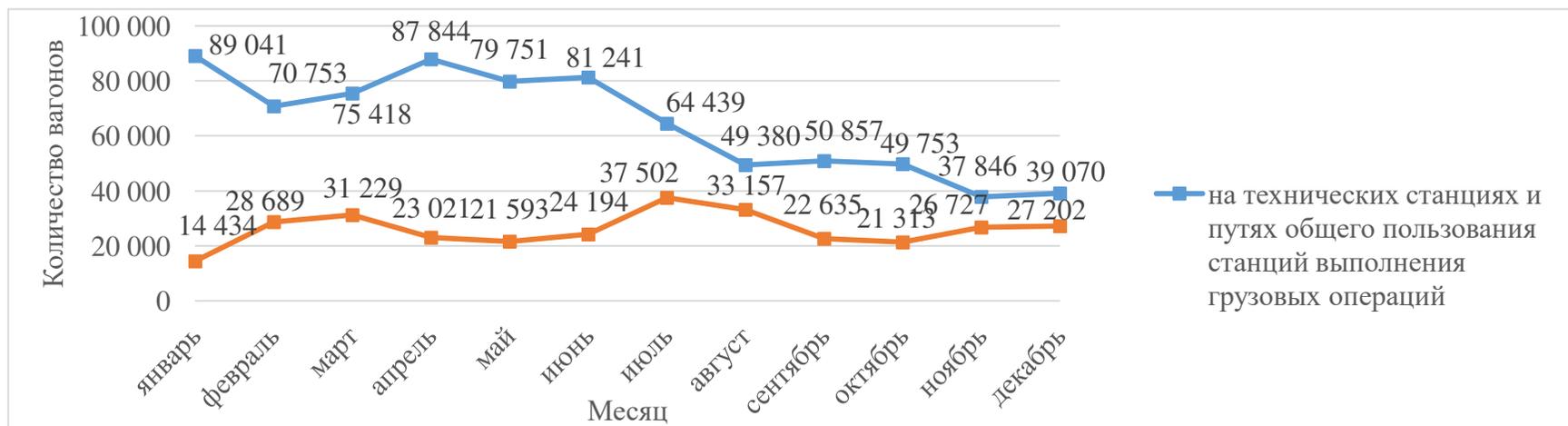


Рисунок 5.5 – Избыточный рабочий парк вагонов (среднечасовой) за 2014 г.

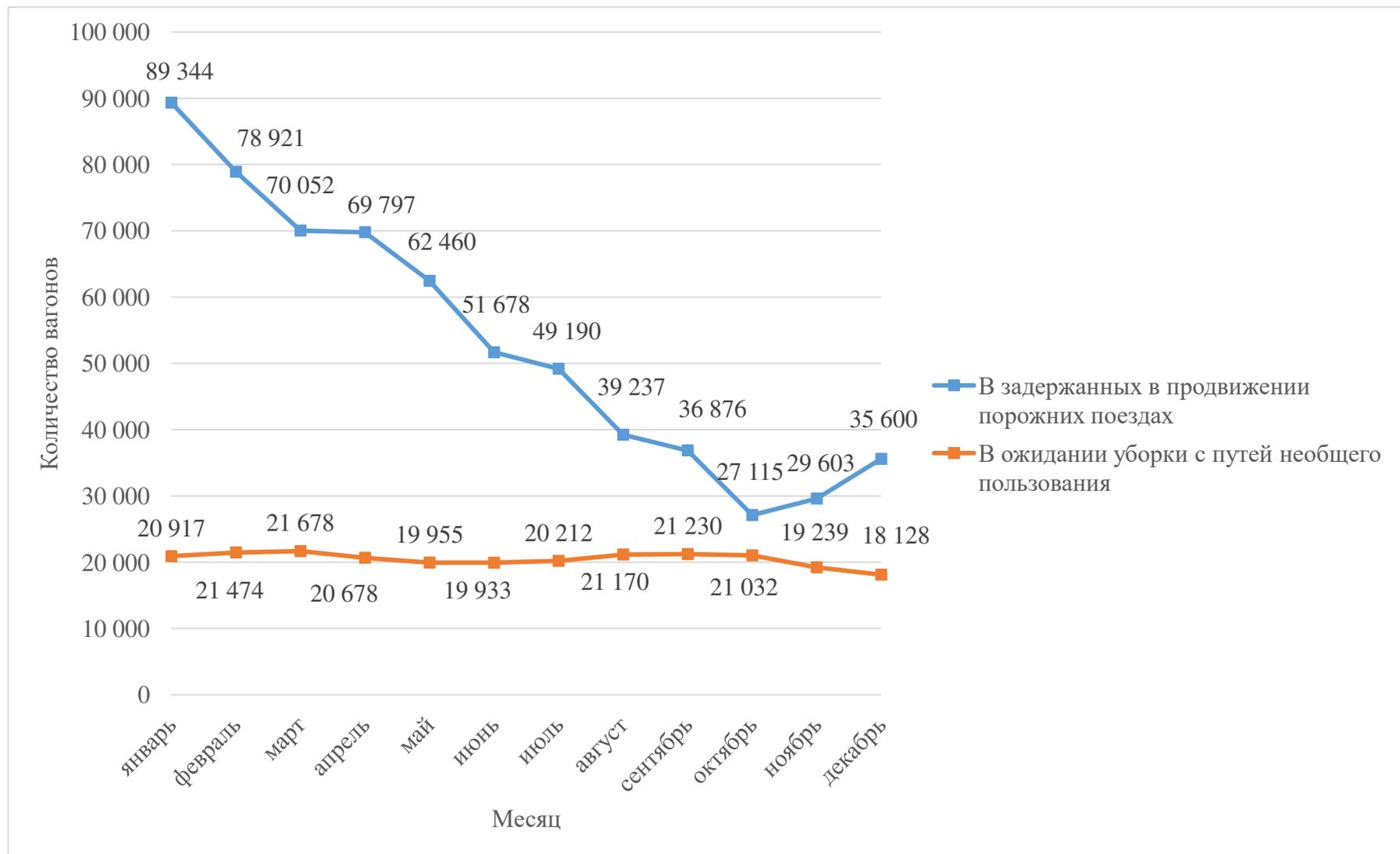


Рисунок 5.6 – Рабочий парк вагонов в задержанных в движении порожних поездах и в ожидании уборки с путей необщего пользования за 2014 г.

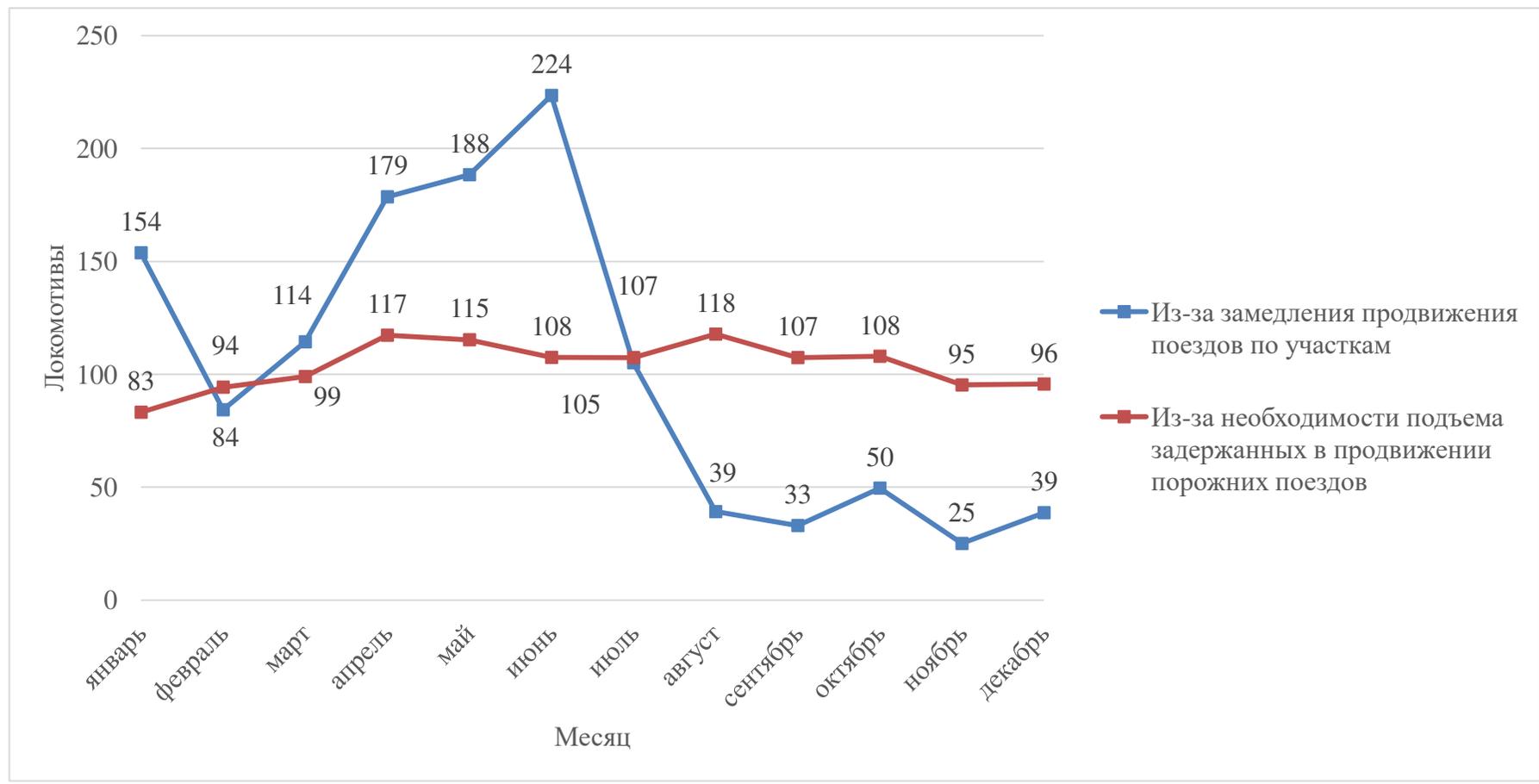


Рисунок 5.7 – Потери в рабочем парке локомотивов за 2014 г.

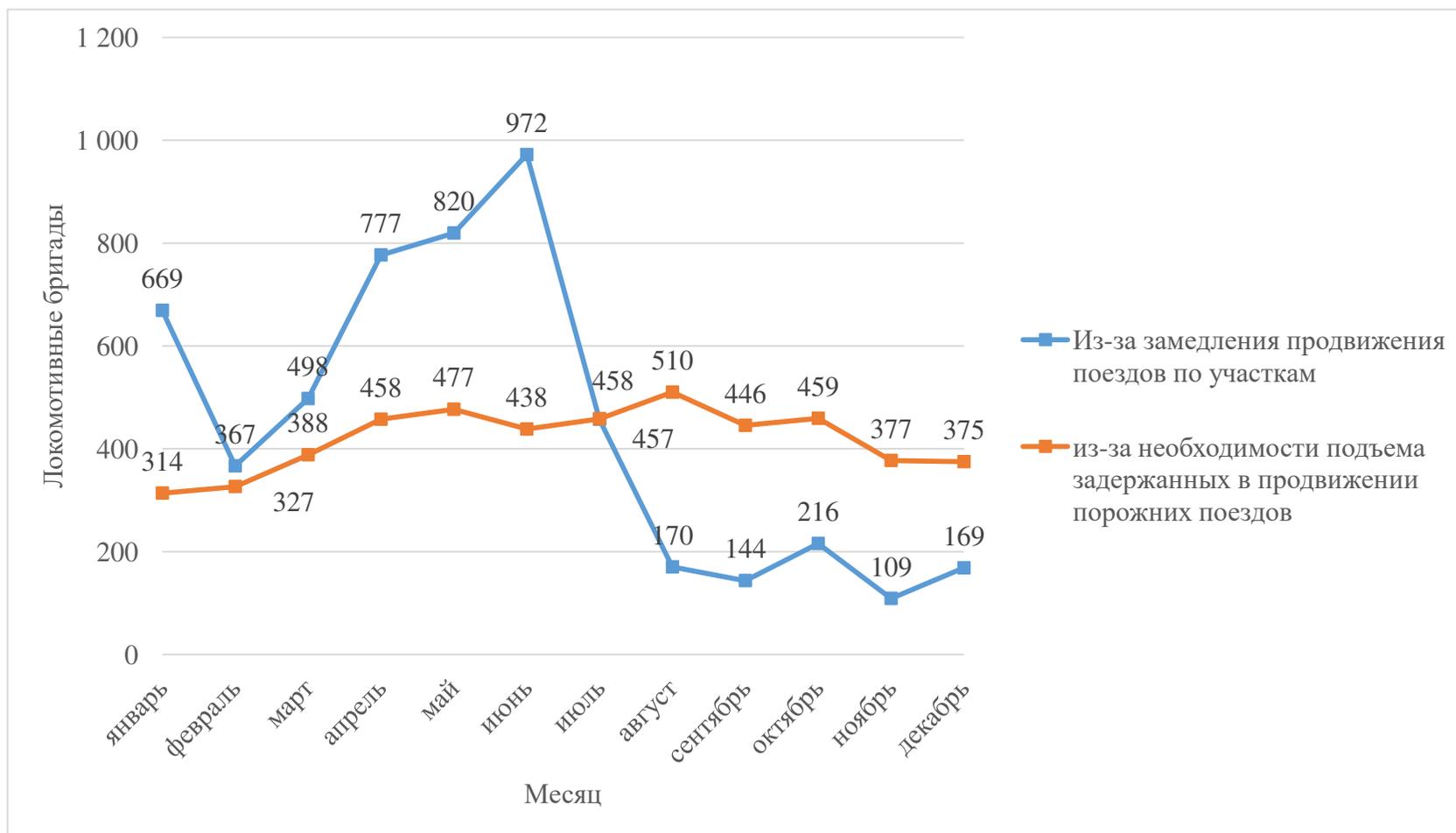


Рисунок 5.8 – Потери в явочном штате локомотивных бригад за 2014 г.

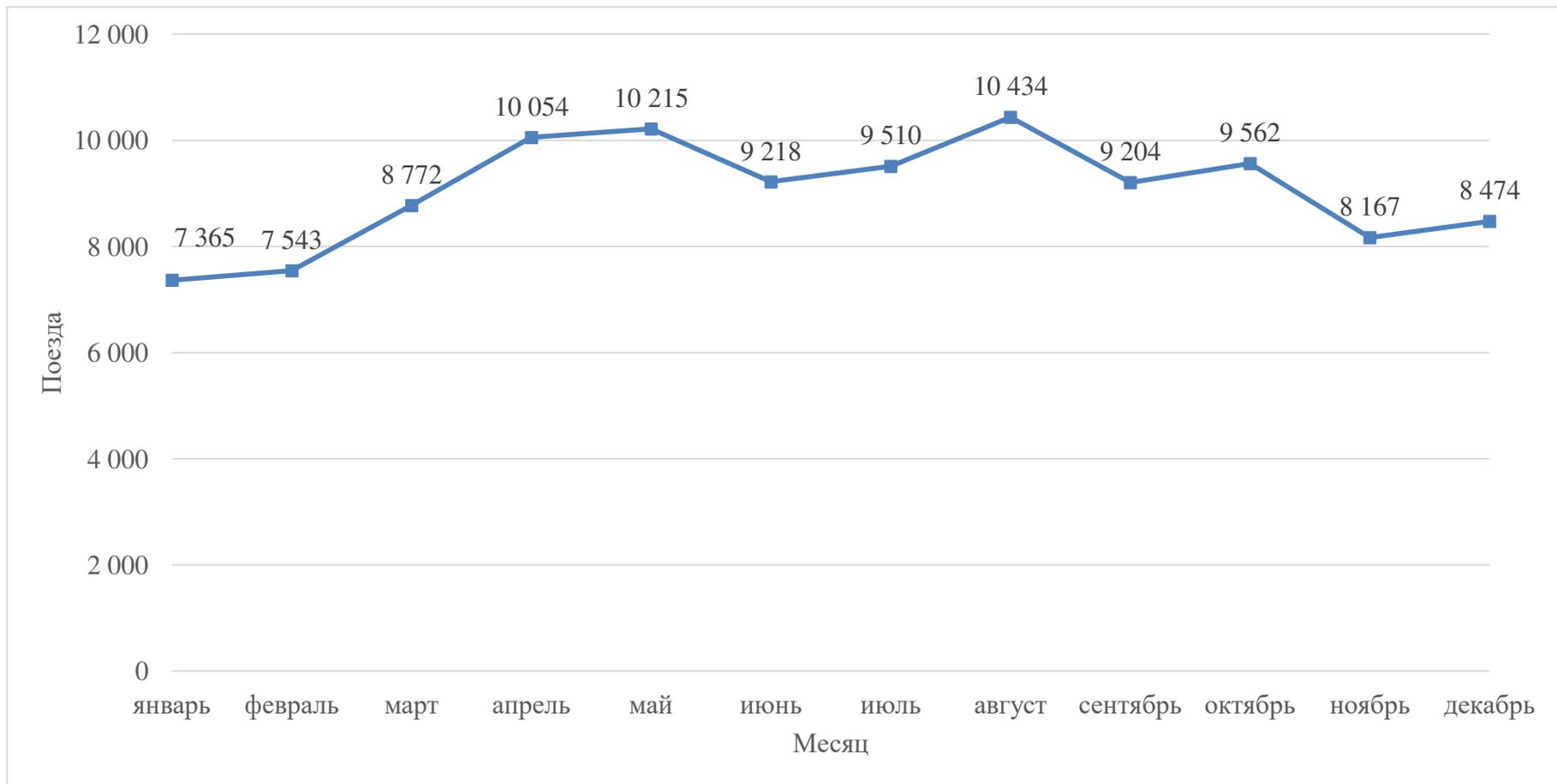


Рисунок 5.9 – Количество поднятых порожних поездов за месяц в 2014 г.

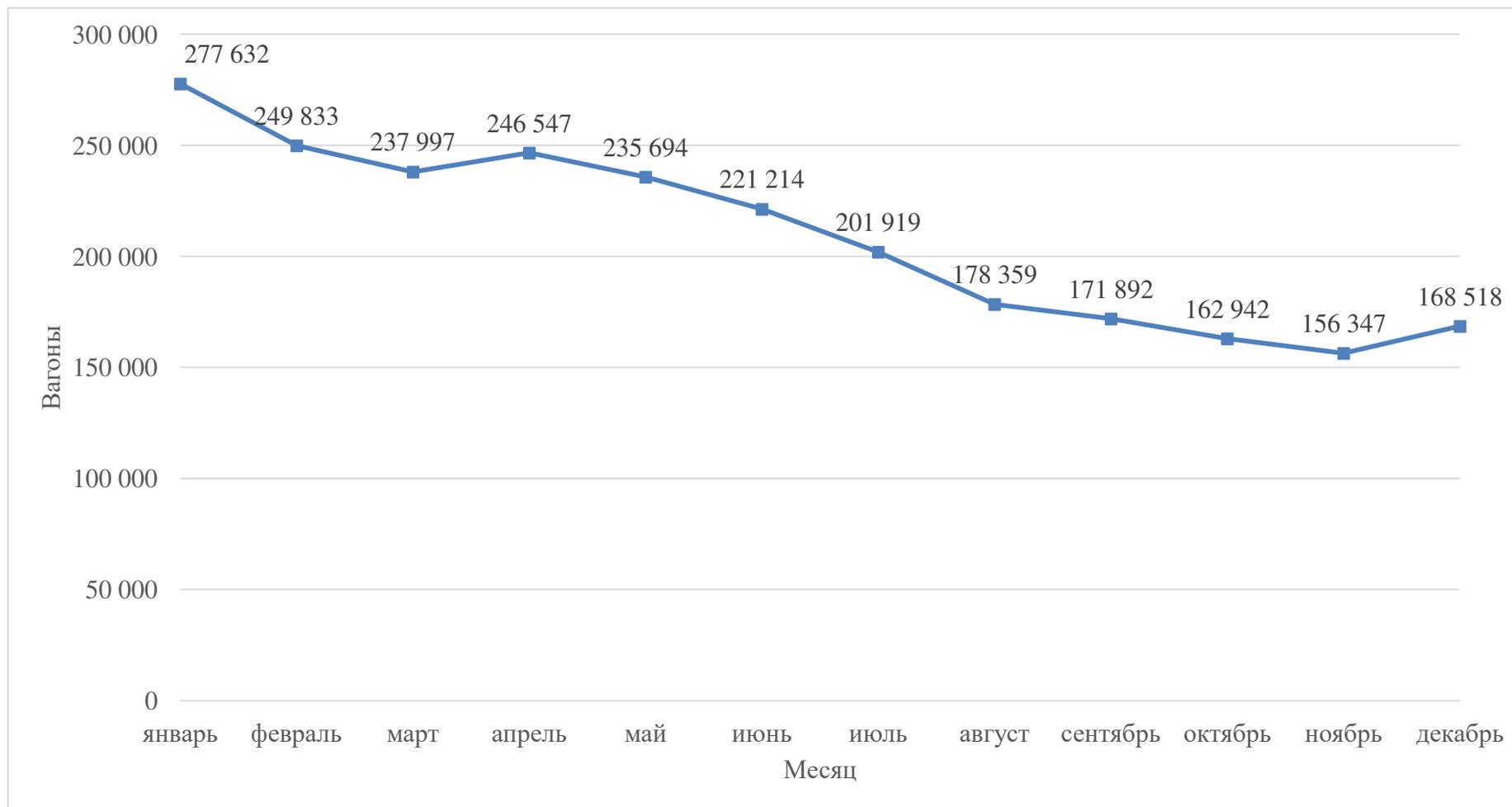


Рисунок 5.10 – Избыток фактического вагонного парка сверх технологически необходимого (потребного) парка (среднечасовой) в 2014 г.

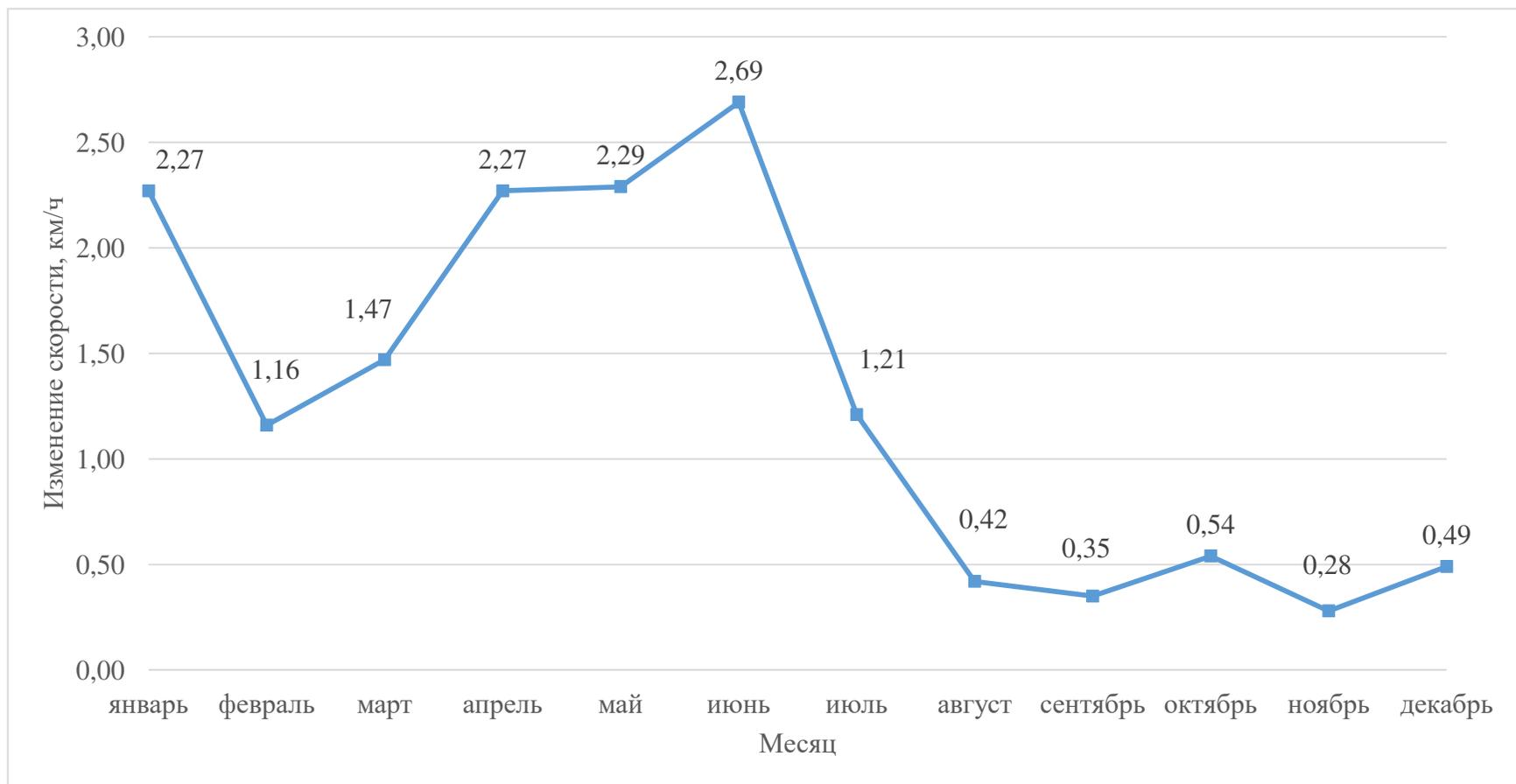


Рисунок 5.11 – Снижение участковой скорости грузовых поездов из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» в 2014 г.

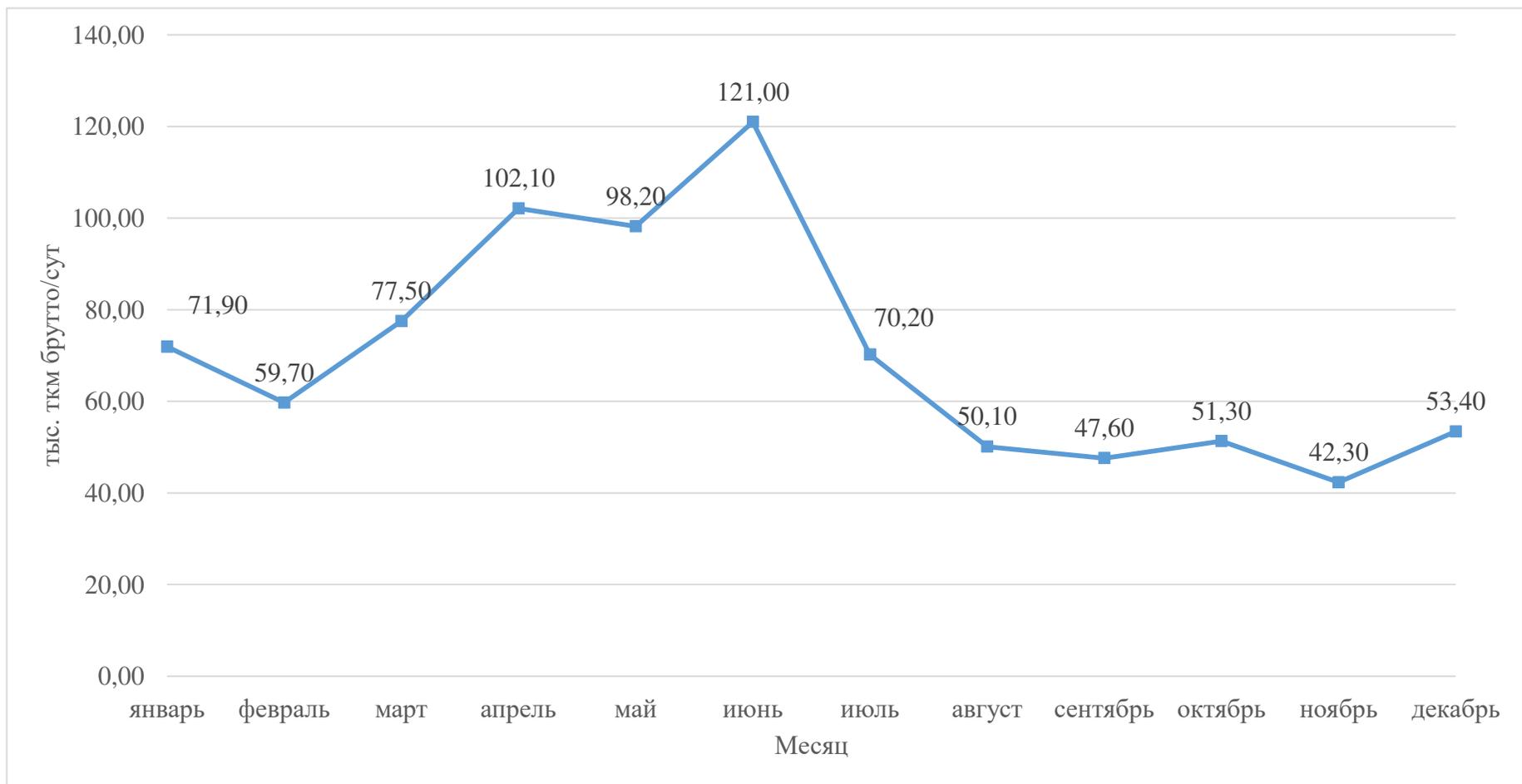


Рисунок 5.12 – Снижение производительности локомотива рабочего парка в грузовом движении из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» в 2014 г.

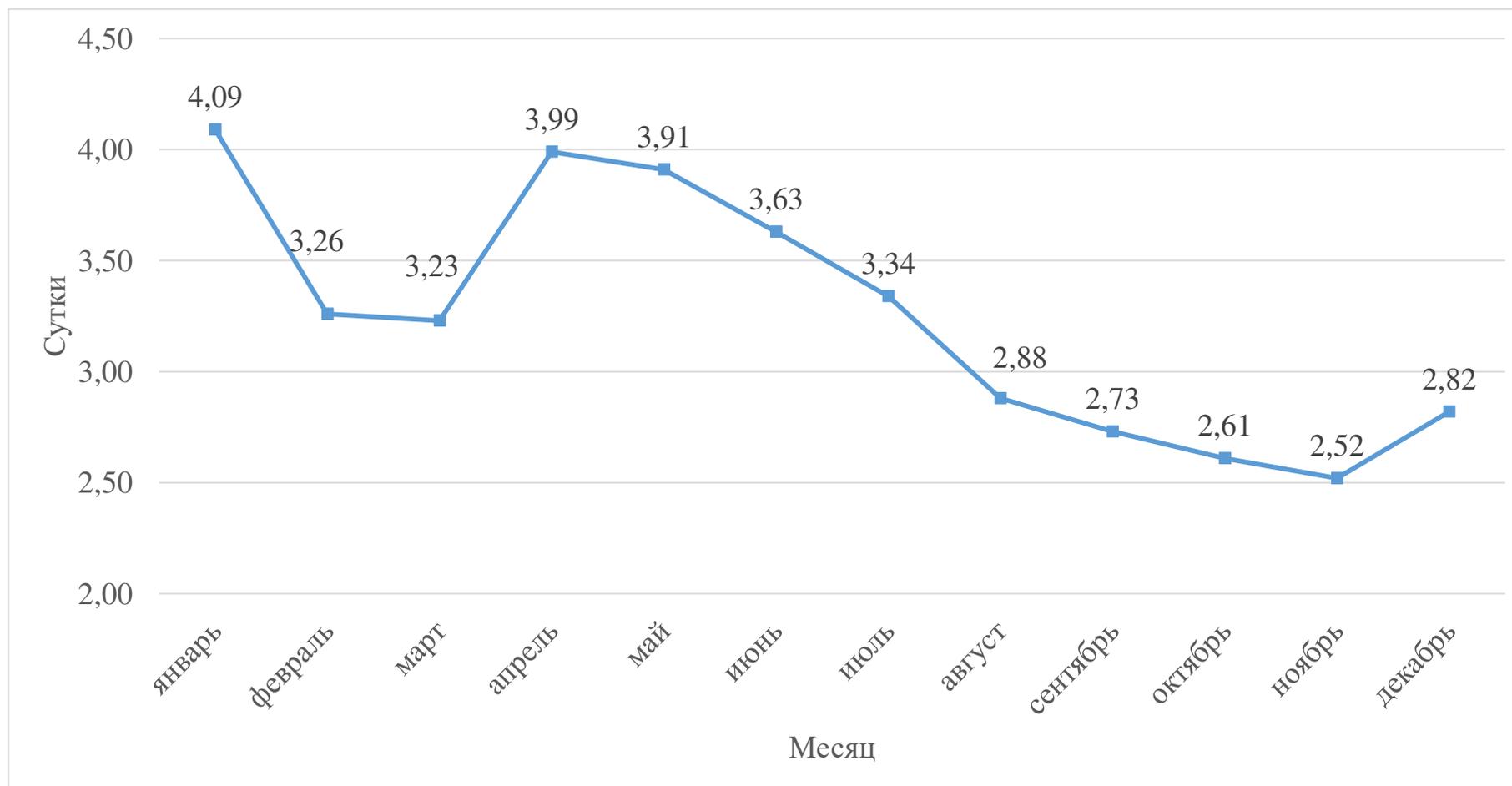


Рисунок 5.13 – Увеличение оборота грузового вагона из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» в 2014 г.

Потери производительности локомотива рабочего парка в грузовом движении снижены на 18,5 тыс. ткм брутто/сут (рисунок 5.12). Потери во времени оборота грузового вагона из-за излишнего вагонного парка уменьшены на 1,27 сут (рисунок 5.13).

Стоимостное влияние излишнего парка грузовых вагонов определяется экономическими оценками, представленными на рисунок 5.14. За анализируемый период отрицательное влияние на прямые эксплуатационные расходы ОАО «РЖД» было уменьшено с 1744,98 млн. руб./месяц в январе до 794,16 млн. руб./месяц в декабре 2014 г. Суммарная величина снижения непроизводительных потерь в стоимостном выражении составила 7752,44 млн. руб./год.

Работа по приведению в соответствие вагонных парков технологии управления ими и эксплуатационными возможностями инфраструктуры продолжается и в последующие годы. Количественные характеристики за 2014 – 2019 гг. представлены на рисунок 5.15 – 5.27. Наименьшие технологические и экономические потери были достигнуты в 2016 – 2017 гг.

На рисунок 5.15 представлена динамика погрузки сети ОАО «РЖД», груженого рейса вагона и эксплуатационного грузооборота (с учётом порожнего пробега). В 2018-2019 гг. изменение распределения грузопотоков с дальнейшей концентрацией погрузки в направлениях морских портов России с наиболее значительным ростом перевозок на восточном направлении сети происходило в условиях работ по развитию пропускных и провозных способностей, темпы которых были замедлены относительно первоначально установленных. Это сказалось на снижении эффекта от рассматриваемых мероприятий.

Тем не менее за 2019 год в сравнении с 2014 годом улучшены значения следующих показателей.

Рабочий парк грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» уменьшен на 77304 вагона, нерабочий парк – на 60875 вагонов (рисунок 5.16).

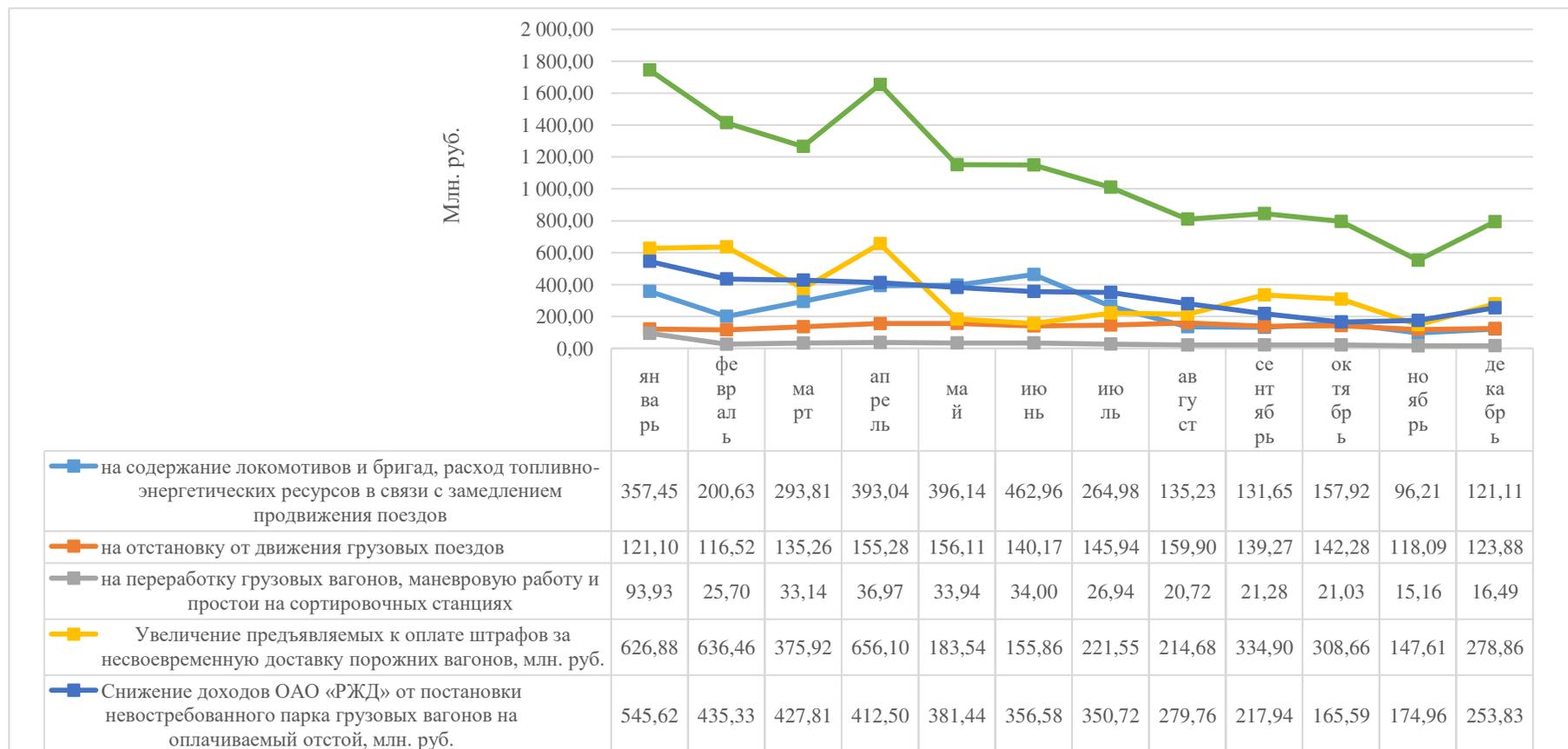


Рисунок 5.14 – Увеличение прямых эксплуатационных расходов из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» в 2014 г.

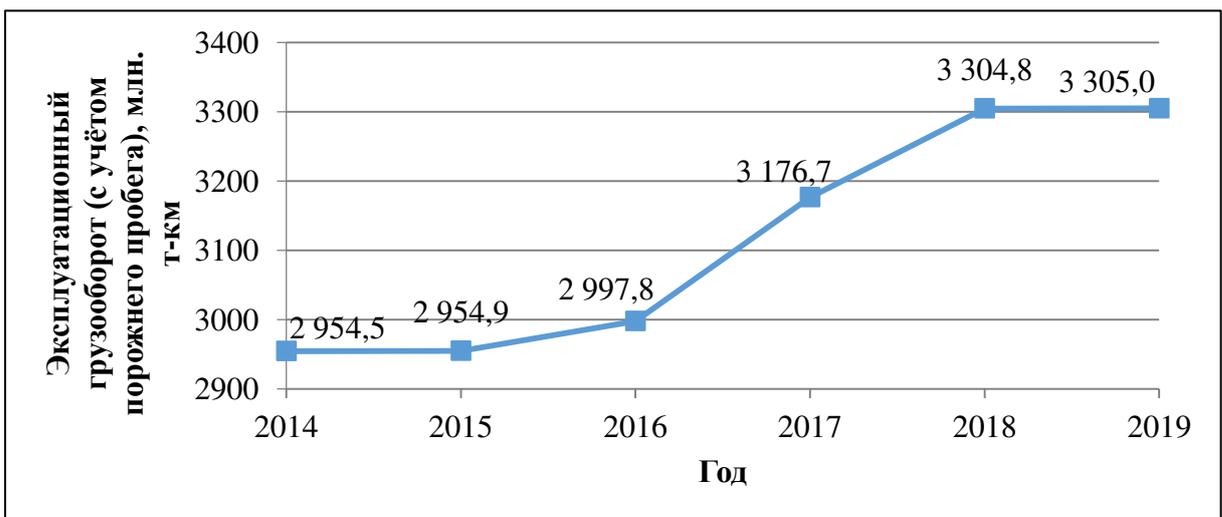
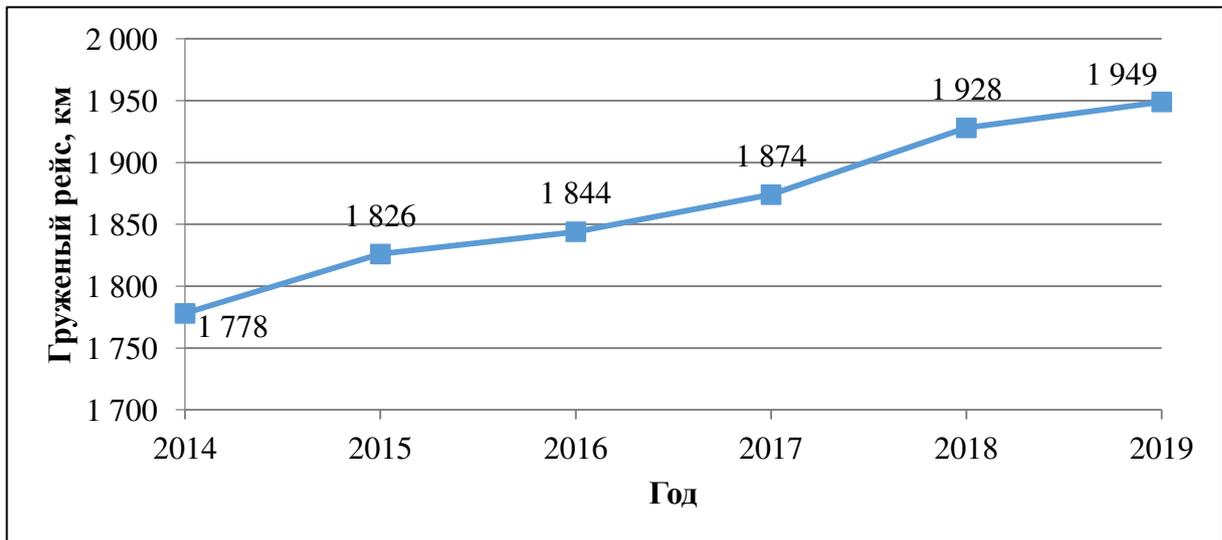
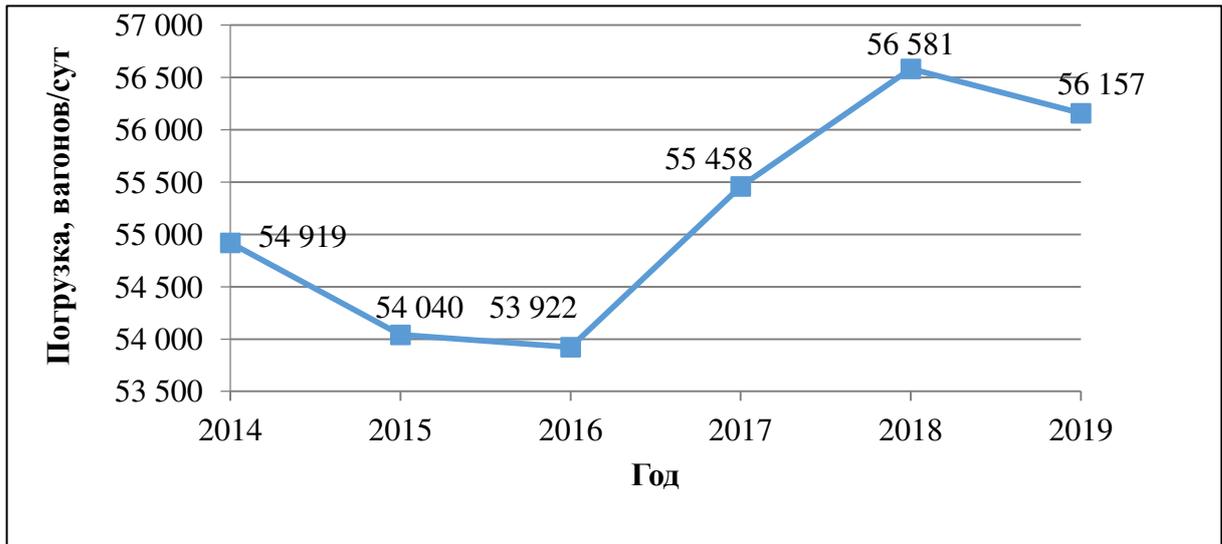


Рисунок 5.15 – Динамика погрузки сети ОАО «РЖД», груженого рейса вагона и эксплуатационного грузооборота (с учётом порожнего пробега)

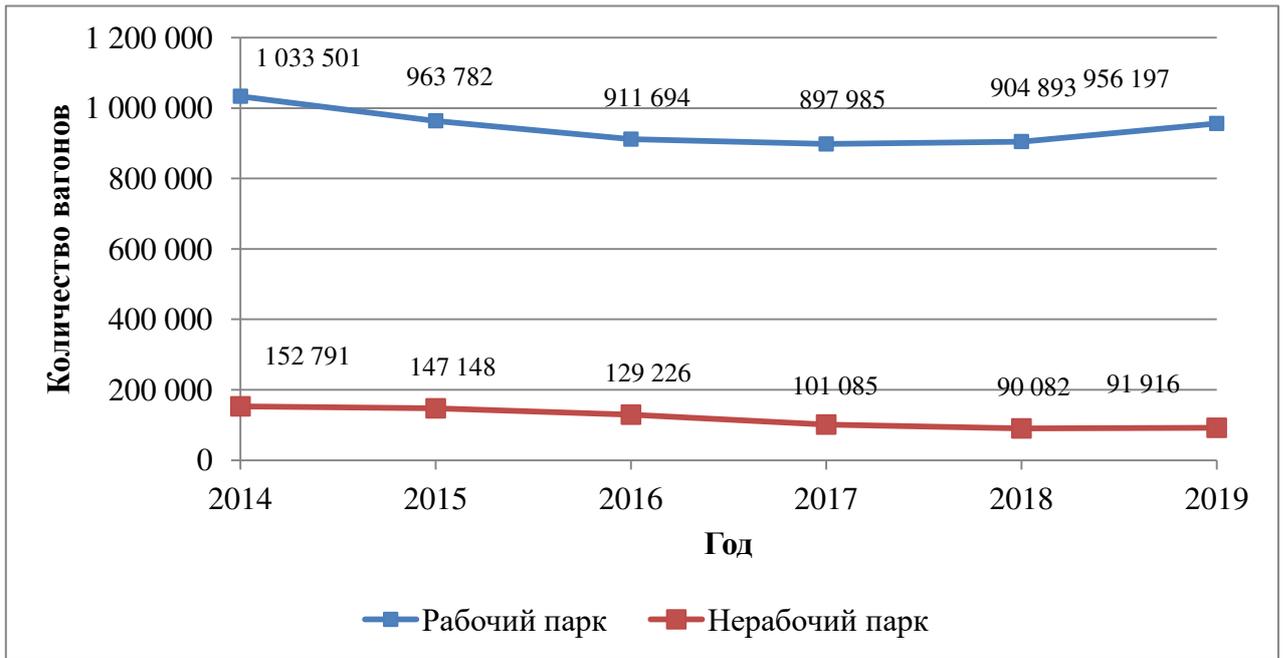


Рисунок 5.16 – Распределение парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за 2014 – 2019 гг.

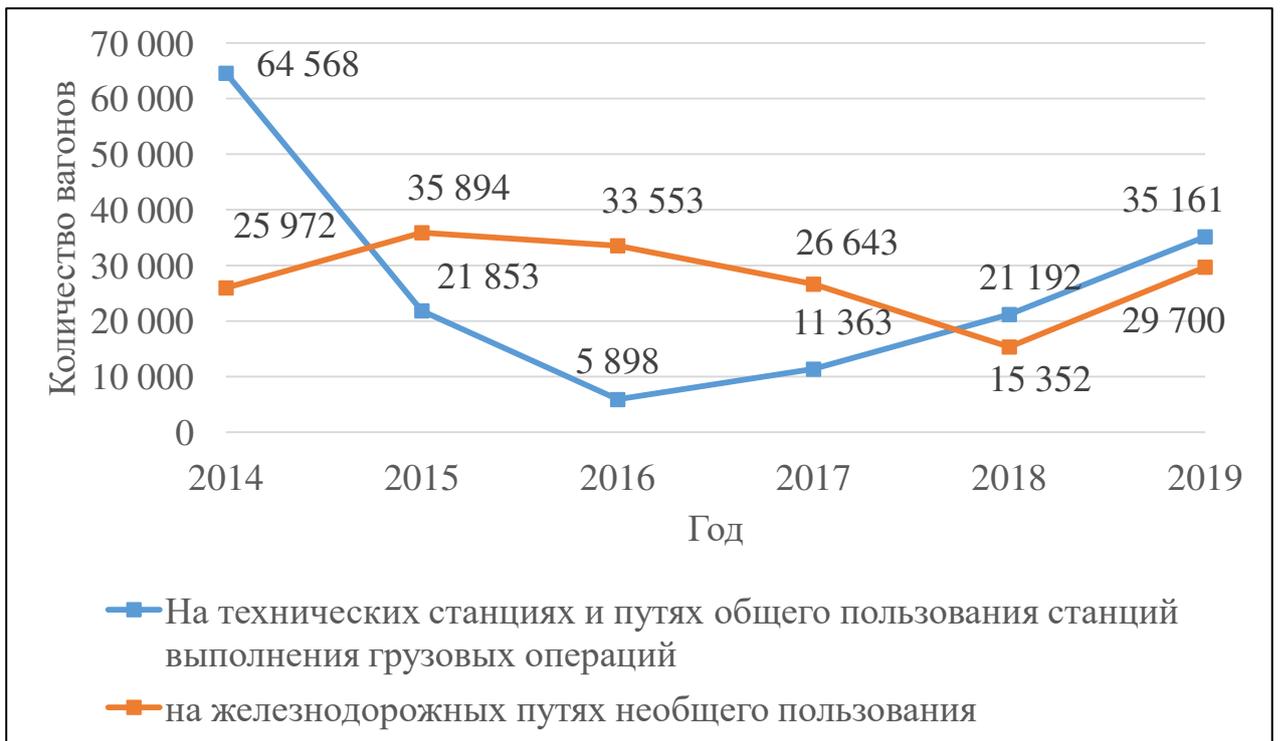


Рисунок 5.17 – Сводные данные о превышении технически допустимого парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за 2014 – 2019 гг.



Рисунок 5.18 – Рабочий парк вагонов в задержанных в движении порожних поездах и в ожидании уборки с путей необщего пользования на сети ОАО «РЖД» за 2014 – 2019 гг.

Превышение рабочего парка грузовых вагонов над технически допустимой величиной на технических станциях и путях общего пользования станций выполнения грузовых операций уменьшено на 29497 вагонов при увеличении указанного превышения на железнодорожных путях необщего пользования на 3728 вагонов (рисунок 5.17).

Рабочий парк вагонов в задержанных в движении порожних поездах снижен на 37769 вагонов, а наличие вагонов на железнодорожных путях необщего пользования в ожидании приема и вывода вагонов перевозчиком в связи с занятостью станционной инфраструктуры уменьшено на 9007 вагонов (рисунок 5.18).

Потери в рабочем парке локомотивов из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» снижены на 30 тяговых единиц (рисунок 5.19), в явочном штате локомотивных бригад – на 180 бригад (рисунок 5.20). При этом в среднем за месяц уменьшилось на 4635 число случаев оставления поездов из порожних вагонов на промежуточных станциях без локомотивов за месяц (рисунок 5.21). Однако потери в качественных показателях использования

тягового подвижного состава из-за избыточного парка грузовых вагонов в 2019 году превысили уровень 2014 года: по участковой скорости грузовых поездов на 0,37 км/ч (рисунок 5.22), по производительности локомотива рабочего парка в грузовом движении – на 3,03 тыс. ткм брутто/сут (рисунок 5.23).

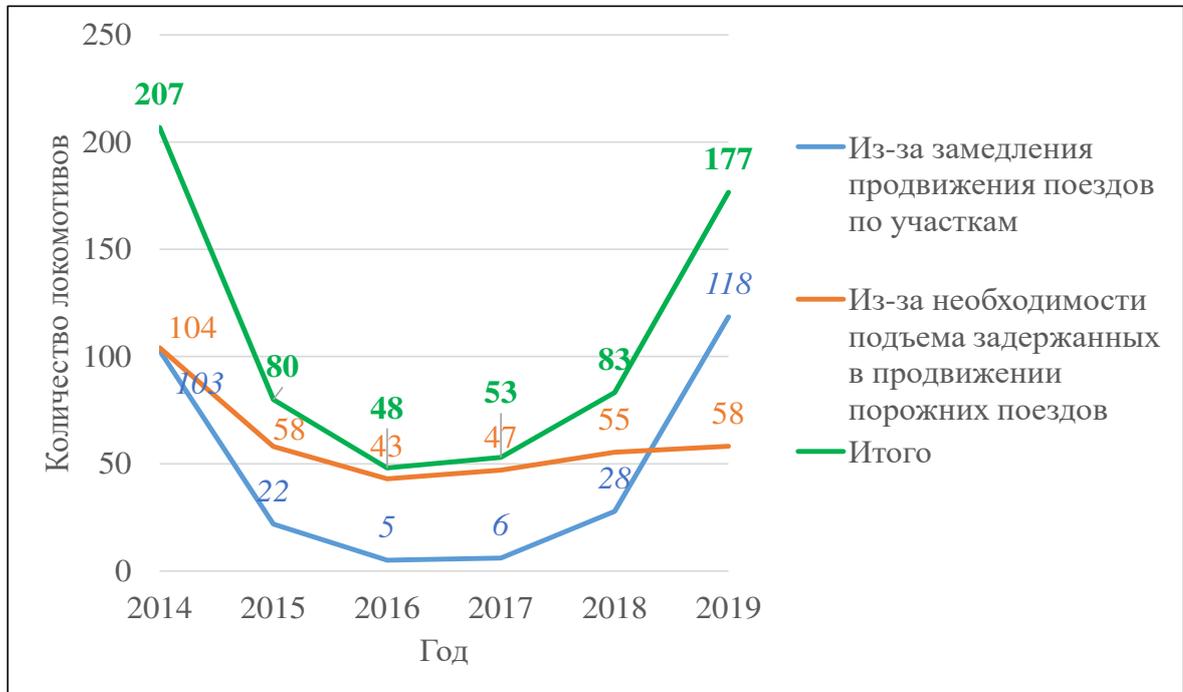


Рисунок 5.19 – Потери в рабочем парке локомотивов из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за 2014 – 2019 гг.

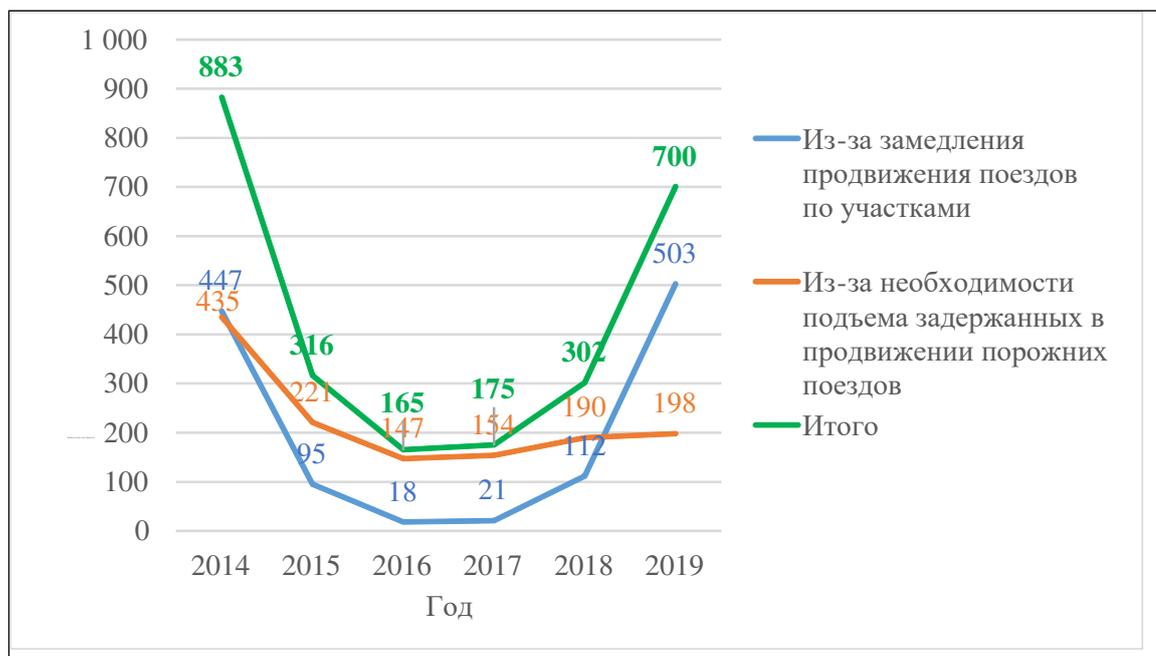


Рисунок 5.20 – Потери в явочном штате локомотивных бригад из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за 2014 – 2019 гг.

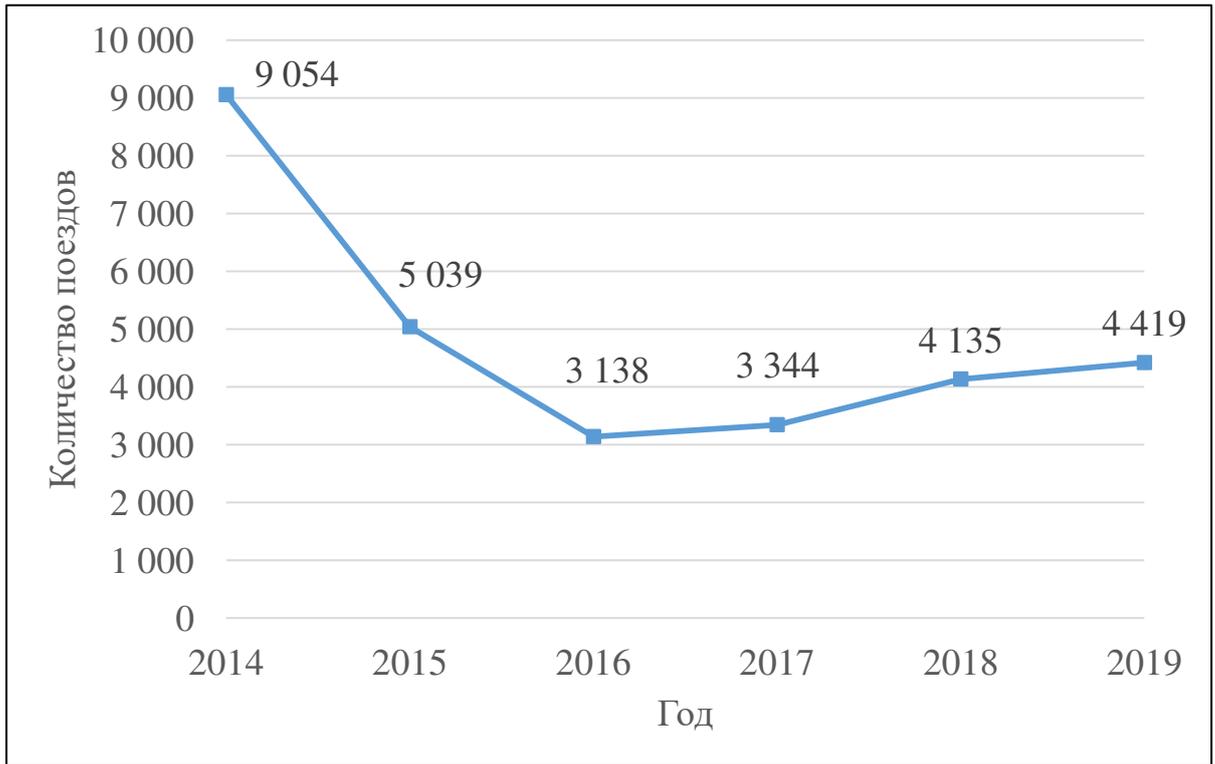


Рисунок 5.21 – Количество случаев оставления поездов из порожних вагонов на промежуточных станциях без локомотивов за месяц на сети ОАО «РЖД» в 2014 – 2019 гг.

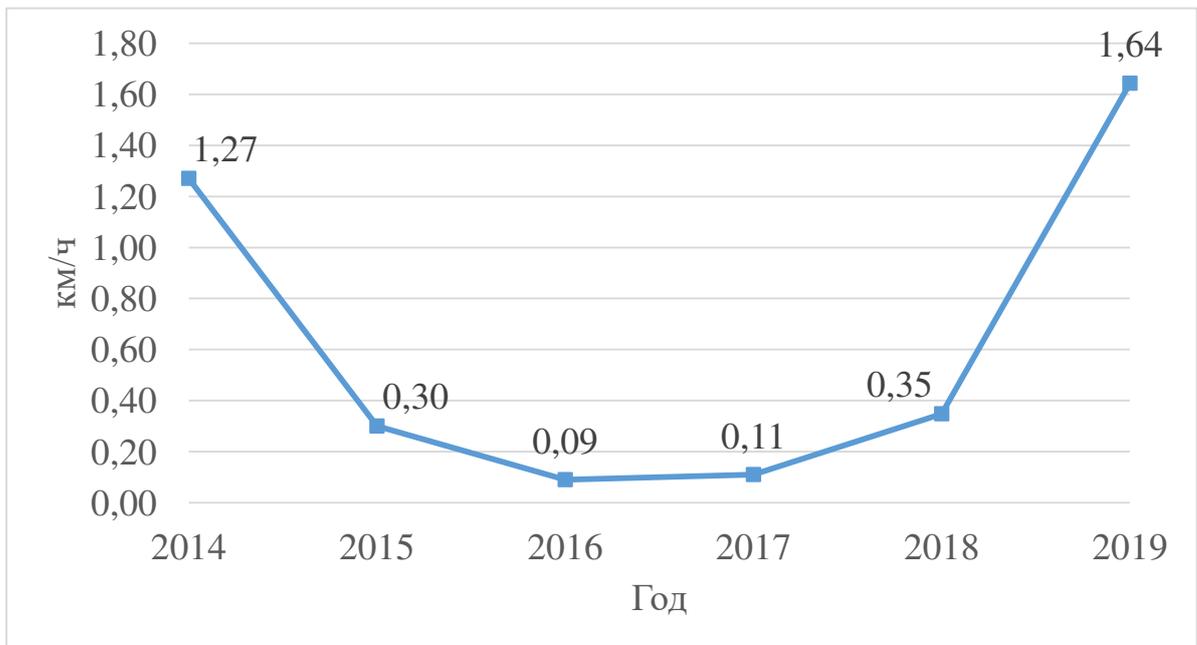


Рисунок 5.22 – Снижение участковой скорости грузовых поездов из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» в 2014 – 2019 гг.

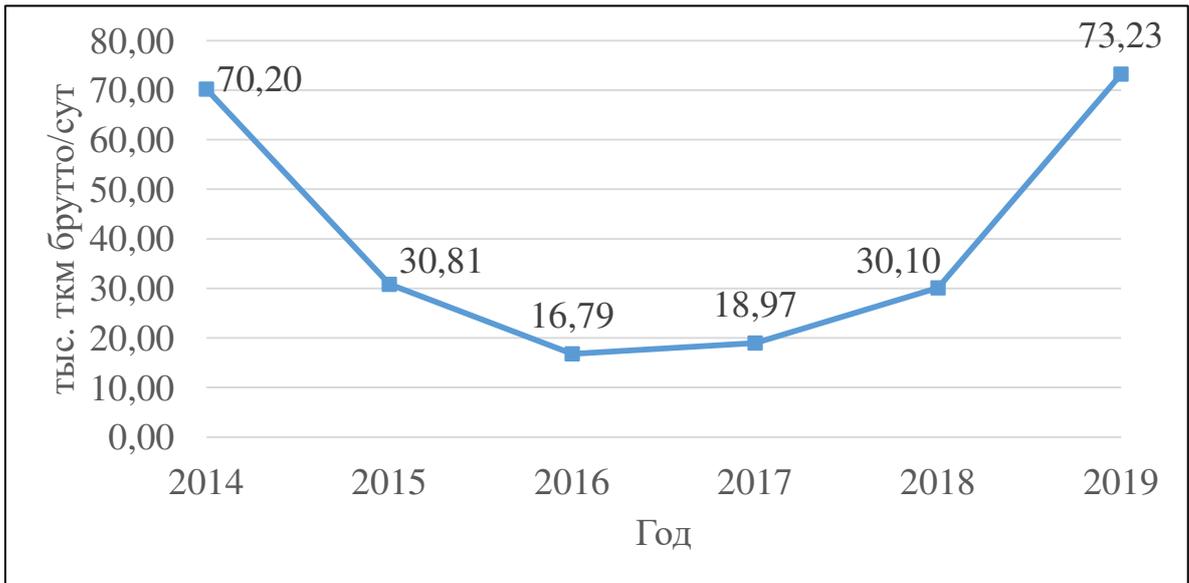


Рисунок 5.23 – Снижение производительности локомотива рабочего парка в грузовом движении поездов из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» в 2014 – 2019 гг.

Избыток фактического наличия вагонов сверх вагонного парка, технологически необходимого (потребного) на выполняемый объем перевозок, снижен в среднем на 123197 вагонов (рисунок 5.24). При этом потери в обороте вагона снижены на 1,95 сут (рисунок 5.25).

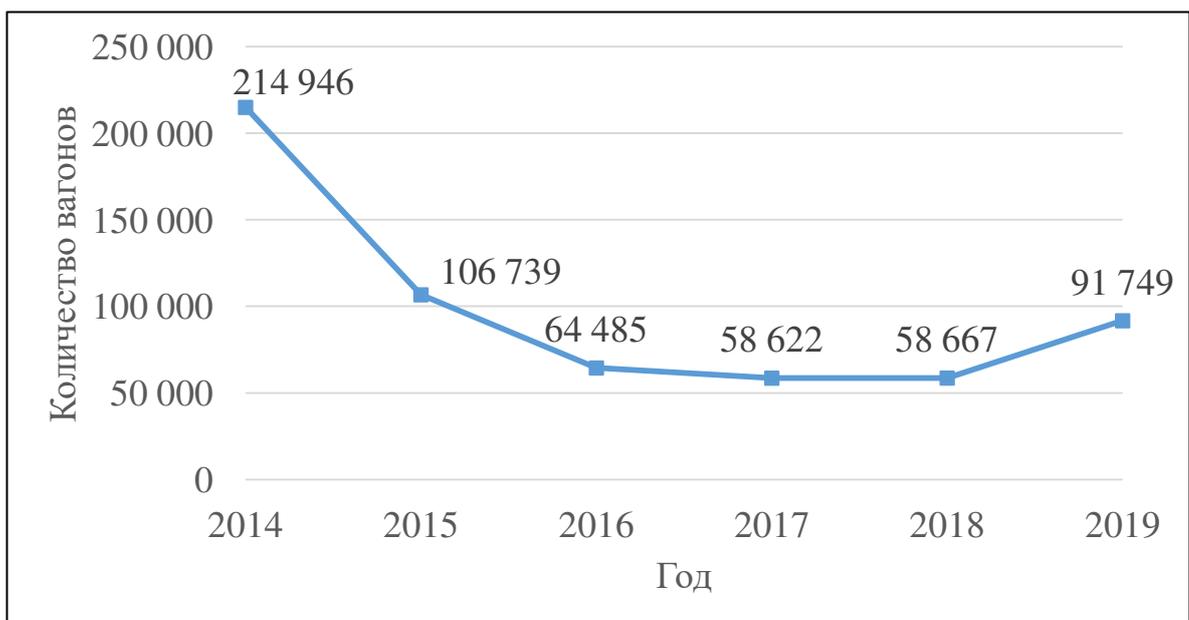


Рисунок 5.24 – Избыток фактического вагонного парка сверх технологически необходимого (потребного) парка на сети ОАО «РЖД» в 2014 – 2019 гг.

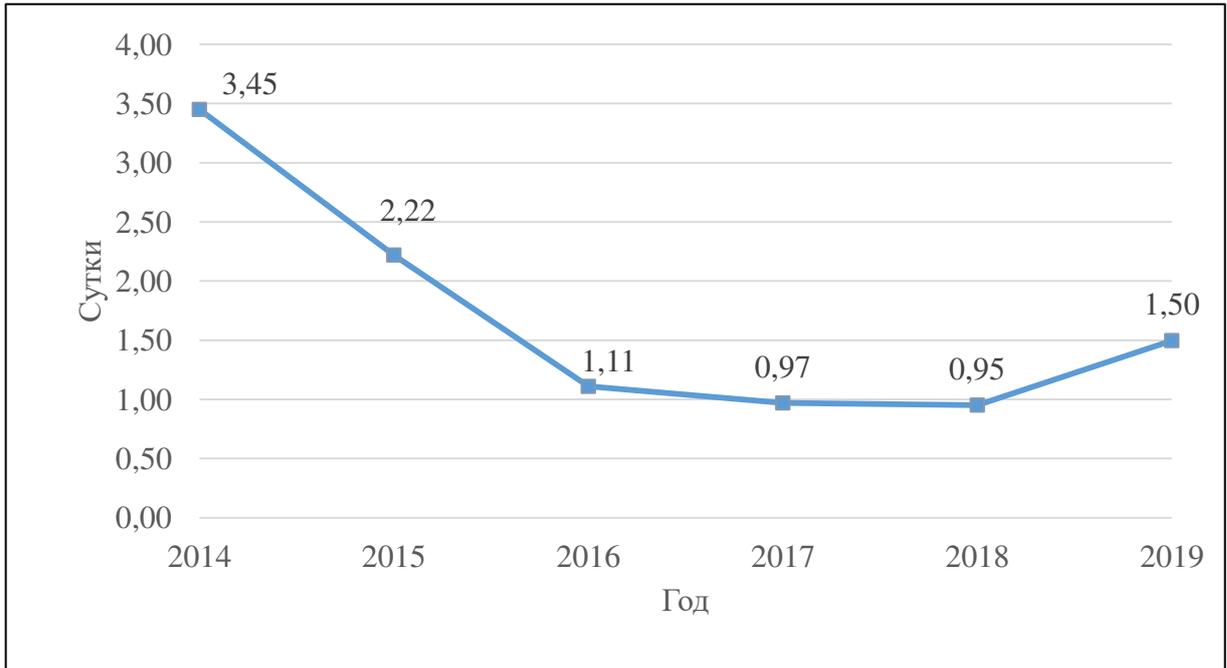


Рисунок 5.25 – Увеличение оборота грузового вагона из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» в 2014 – 2019 гг.

Отрицательное стоимостное влияние избыточного парка вагонов на экономику ОАО «РЖД» снижено с 13262,49 млн. руб./год в 2014 году до 9498,82 млн. руб./год в 2019 году (рисунок 5.26). Суммарная величина снижения непроизводительных потерь ОАО «РЖД» в стоимостном выражении составила 43860,04 млн. руб. за 6 лет.

Непроизводительные потери грузовладельцев, связанные с замедлением оборота грузового вагона, доставки грузов и оборачиваемости оборотных средств, в стоимостном выражении снизились с 58154,69 млн. руб./год в 2014 году до 24099,18 млн. руб./год в 2019 году (рисунок 5.27). Расчетная суммарная величина снижения непроизводительных потерь в стоимостном выражении составила 211910,25 млн. руб. за 6 лет.

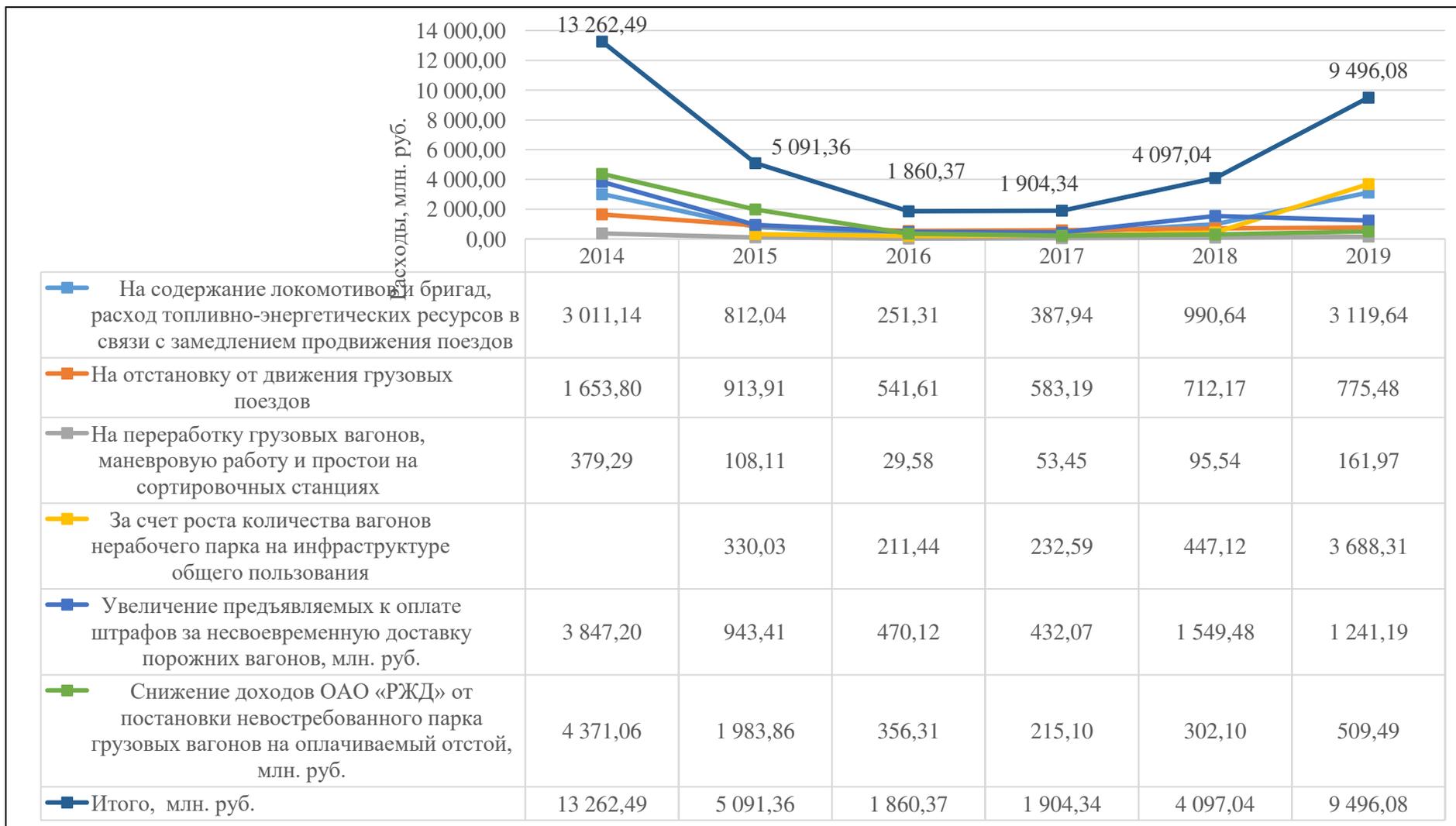


Рисунок 5.26 – Увеличение прямых эксплуатационных расходов из-за избыточного парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» в 2014 – 2019 гг

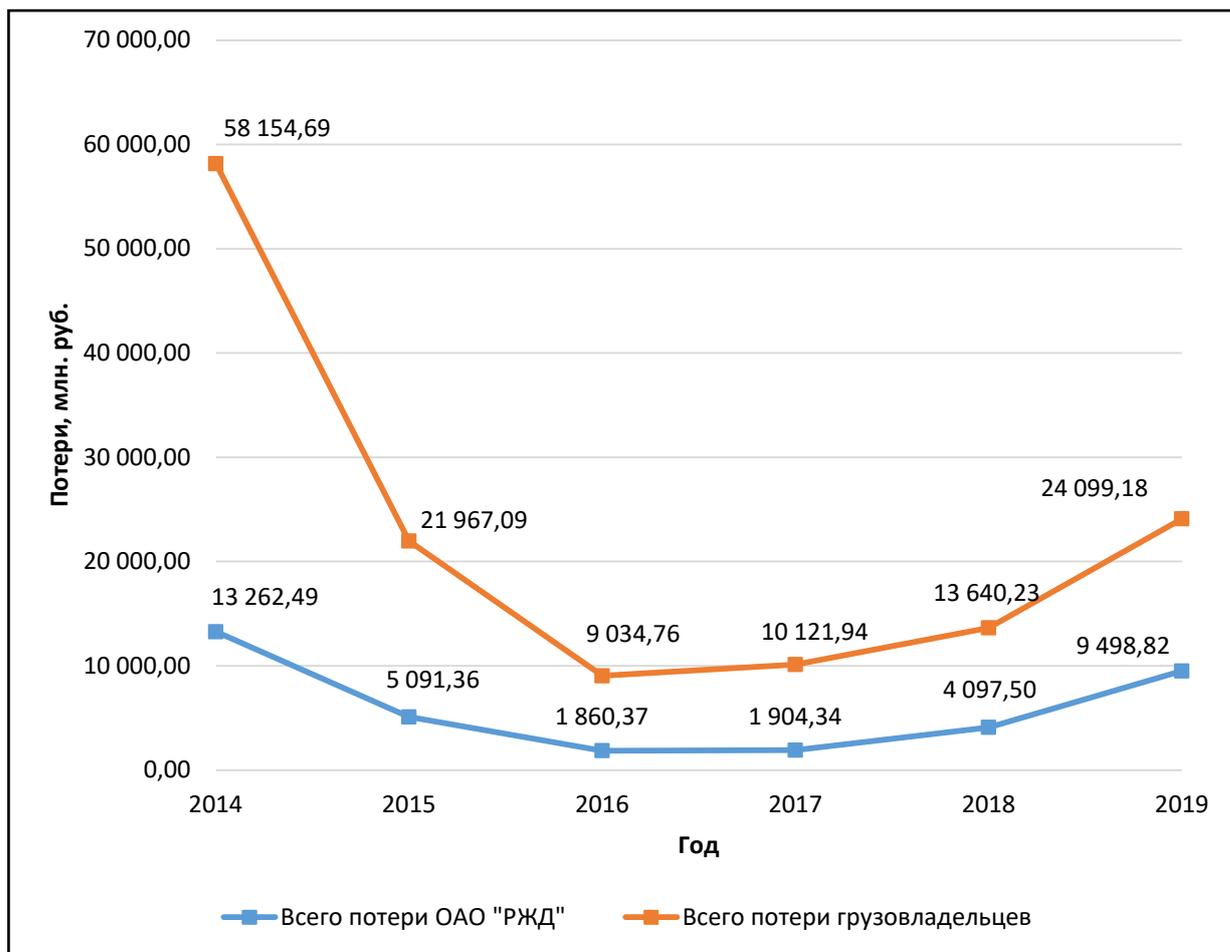


Рисунок 5.27 – Рост транспортных затрат ОАО «РЖД» и грузовладельцев

5.3 Перспективы развития разработанных научно-методических решений. Вариантные технологические режимы работы полигонов железнодорожной сети

Меры по локализации и преодолению потерь манёвренности железнодорожных полигонов, исследованные в главах 3 и 4, базируются на систематизации причин возникновения эксплуатационных затруднений, из которых только часть носит стихийный непрогнозируемый характер.

Значительная часть возможных затруднений может быть смоделирована заблаговременно – в связи с плановыми работами по ремонту и реконструкции

инфраструктуры, сезонными пиками перевозок пассажиров или определённых грузов и др.

Сегодня в ходе планирования ремонтных работ и перевозочного процесса от причастных руководителей и специалистов требуется совершение неформализованных действий и экспертно принимаемых решений, вызываемых:

1) выявляемой несбалансированностью предъявляемых вагонопотоков и доступной мощностью инфраструктуры в периоды производства ремонтных и строительно-монтажных работ;

2) необходимостью определения приоритетности работ по ремонту и реконструкции инфраструктуры внутри годового периода, в том числе при использовании метода сплошного закрытия главных путей на перегонах;

3) необходимостью учета вариантов пропуска и отклонения поездопотоков, принимаемых на период работ по ремонту и реконструкции инфраструктуры, в бюджетных показателях дирекций производственного блока ОАО «РЖД».

Внедряемый в ОАО «РЖД» комплексный подход к ремонту и текущему содержанию инфраструктуры [116] (определение сетевых полигонов единой технологии производства работ, рациональная длительность и периодичность закрытия перегонов и путей, рациональная цикличность и совмещение видов работ на пассажиро- и грузонапряженных направлениях) предусматривает меры по обеспечению манёвренности полигонов и направлений железнодорожной сети.

Организация движения в периоды производства ремонтных и строительно-монтажных работ должна предусматривать не только варианты графики движения (основанные на форсированном использовании мощности ограничивающих элементов и увязке окон в створах сетевых направлений), но и наличие в нормативных графиках движения числа ниток, достаточных для пропуска поездов, отклоняемых с ремонтируемых направлений. Отклонение поездов с минимальными эксплуатационными потерями должно предусматриваться планом их формирования, с одновременной проверкой достаточности (а при необходимости – перераспределением) тяговых ресурсов.

Следовательно, взаимоувязанное планирование перевозочного процесса,

ремонтных работ и бюджетных показателей требует полноценного перехода от вариантных графиков движения поездов на участках и направлениях к вариантным технологическим режимам работы полигонов железнодорожной сети. Эффективность такого планирования зависит от полноты учёта факторов манёвренности полигонов железнодорожной сети на базе методических принципов, представленных в диссертации.

На вариантных технологических режимах строится современная идеология организации грузового движения по расписанию. Для достижения синергетического эффекта технология управления движением грузовых поездов по расписанию должна «встраиваться» и в процессы взаимодействия с крупными грузообразующими, грузопогашающими и грузопереваляющими комплексами и в логистические схемы операторов подвижного состава.

Так, консолидировать парки универсальных вагонов сегодня теоретически могут несколько крупных частных операторов подвижного состава. Но только холдинг РЖД имеет реальные рычаги управления продвижением вагонопотоков и может объединить две идеи – консолидацию вагонных парков под управлением перевозчика и организацию грузового движения по расписанию (что применительно к грузу означает его перевозку с согласованным временем отправления и прибытия). Указанная перевозка требует соблюдения времени подачи вагонов под погрузку с высокой надежностью, которую легче обеспечить тому, кто консолидировал достаточные вагонные ресурсы.

Таким образом, дальнейшее развитие полученных в диссертации результатов предлагается в рамках научно-методической проработки вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети, увязывающих во времени и пространстве директивный план работ по ремонту и реконструкции инфраструктуры, периодичность пассажирского движения, периодические изменения реализуемых мощностей погрузочных и особенно выгрузочных комплексов. Такие режимы должны вводить изменения в направление вагонопотоков и их организацию поезда, в использование норм веса и длины поездов, в тяговое обеспечение поездной и маневрово-вывозной работы,

в распределение персонала и сменность его работы.

5.4 Выводы по главе 5

1. Действенность разработанных научно-методических положений подтверждена в ходе внедрения полигонных принципов управления эксплуатационной работой. В рамках пилотного проекта в Дирекции управления движением Восточного полигона разработанные решения применяются при организации движения в условиях реконструкции и ремонта инфраструктуры с круглосуточными закрытиями одного главного пути перегона и предоставлением единого технологического створа для проведения «окон» на участках нескольких дорог, а также при регулировании продвижения груженых и порожних поездопотоков.

2. Технологические решения, отработанные на Восточном полигоне, адаптируются к другим составляющим сети железных дорог. В рамках Технико-технологических моделей управления перевозочным процессом в направлении портов Северо-Запада и Азово-Черноморского бассейна на перспективу до 2025 года рассчитаны значения допустимого и нормативного наличия вагонов под выгрузку и погрузку назначением в морские порты.

3. С использованием результатов данного исследования в ОАО «РЖД» утверждена общесетевая методика, расчеты по которой автоматизированы в составе АС ПРОГРЕСС (подсистема моделирования работы вагонных парков на инфраструктуре ОАО «РЖД») и выполняются ежемесячно (и нарастающим итогом с начала года) с целью анализа влияния избыточного парка вагонов на эффективность работы ОАО «РЖД» и рост транспортных затрат грузовладельцев.

4. Общесетевые технологические решения по снижению влияния избыточности вагонных парков на эффективность и результативность работы сети позволили за период с 2014 г. по 2019 г.:

– снизить избыточный рабочий парк грузовых вагонов (сверх технической допустимой величины по условию сохранения маневренности подразделений сети) на технических станциях и путях общего пользования станций выполнения грузовых операций на 29497 вагонов (при увеличении указанного избытка на железнодорожных путях необщего пользования на 3728 вагонов);

– снизить потери тяговых ресурсов на 31 поездной локомотив и 181 локомотивных бригад;

– уменьшить на 4635 число случаев оставления поездов из порожних вагонов на промежуточных станциях без локомотивов за месяц;

– снизить потери в участковой скорости грузовых поездов на 2,08 км/ч, в обороте вагона на 1,95 сут, финансовые потери ОАО «РЖД» на 3764 млн. руб./год, в том числе предъявляемых к оплате штрафов за несвоевременную доставку порожних вагонов – на 2606 млн. руб. /год.

5. Взаимоувязанное планирование перевозочного процесса, ремонтных работ и бюджетных показателей требует полноценного перехода от вариантных графиков движения поездов на участках и направлениях к вариантным технологическим режимам работы полигонов железнодорожной сети.

6. Дальнейшее развитие полученных в диссертации результатов предлагается в рамках научно-методической проработки вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети, увязывающих во времени и пространстве директивный план работ по ремонту и реконструкции инфраструктуры, периодичность пассажирского движения, периодические изменения реализуемых мощностей погрузочных и особенно выгрузочных комплексов. Такие режимы должны вводить изменения в направление вагонопотоков и их организацию поезда, в использование норм веса и длины поездов, в тяговое обеспечение поездной и маневрово-вывозной работы, в распределение персонала и сменность его работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В диссертации сформулированы основные признаки затруднений в эксплуатационной работе железных дорог. Такими признаками являются нарушения условий взаимодействия:

- станций и участков (задержки поездов по неприему станциями);
- станций и железнодорожных путей необщего пользования (взаимные отказы приема вагонов по установленным интервалам и (или) срокам);
- полигонов железнодорожной сети (отставление поездов от движения на промежуточных станциях и длительные задержки вагонов в узлах из-за неприема другими полигонами сети, в том числе железными дорогами других государств);
- смежных видов транспорта (отставление поездов от движения на промежуточных станциях и длительные задержки вагонов в узлах из-за невыгрузки в пунктах перевалки).

2. Затруднений в эксплуатационной работе не возникает, если рабочий парк грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе, не превышает технически допустимых (рациональных) значений.

Разработана методика оценки возможностей размещения на заданном путевом развитии вагонных парков, участвующих и не участвующих в перевозочном процессе, а также оценки влияния избыточного вагонного парка на уровни и качество использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов.

3. Разработана методика расчетов по устранению затруднений в эксплуатационной работе полигонов сети железных дорог на основе моделирования динамики рабочих парков вагонов и технико-экономического сопоставления показателей. Комплекс мер по устранению затруднений в эксплуатационной работе полигонов железнодорожной сети принципиально делится на две группы:

- меры, основанные на интенсификации работы полигонов,

испытывающих затруднения (интенсификация выгрузки и развоза местного груза, вывоза поездов с сортировочных и грузовых станций, интенсификация маршрутных перевозок и др.);

– меры, основанные на изменении внешних условий эксплуатационной работы полигонов, испытывающих затруднения (регулирование погрузки по назначениям, размещения парков порожних вагонов, направления транзитных вагонопотоков, подвода поездов).

4. Определены сетевые регулировочные меры, которые классифицируются на меры, проводимые ОАО «РЖД» самостоятельно, и меры, которые осуществимы только при взаимодействии с отправителями и получателями грузов, с отправителями и получателями порожних вагонов, с владельцами железнодорожных путей необщего пользования, и предусматривают интенсификацию сдачи вагонов с полигона; вывод порожних вагонов, не участвующих в перевозочном процессе, в отстой на станции с незагруженной путевой емкостью или на пути необщего пользования; ограничение поступления вагонов на полигон.

5. Проведена оценка показателей консолидации управления парками универсальных грузовых вагонов с применением взаимосвязанных сетевых потоковых моделей железнодорожной сети и сети назначений плана формирования поездов, которая показала возможность снижения парка порожних вагонов в границах железной дороги до 25% с уменьшением прямых зависящих расходов ОАО «РЖД» по их организации и продвижению до 27%.

6. Общесетевые технологические решения по снижению влияния избыточности вагонных парков на эффективность работы сети, включающие в себя применение научно-методических решений, разработанных в диссертации, обеспечили снижение технологических потерь, связанных с использованием инфраструктуры и перевозочных ресурсов, и финансовых потерь ОАО «РЖД» на 3764 млн. руб./год (за период с 2014 г. по 2019 г.).

7. Дальнейшим развитием полученных в диссертации результатов должны стать научно-методическая проработка вариантных технологических режимов

работы полигонов железнодорожной сети, развитие методов сбалансированного планирования погрузки с возможностями сети и её регулирования по направлениям, а также эффективная эксплуатация вагонов с повышенной грузоподъемностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества "Российские железные дороги" до 2025 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 19.03.2019 г. № 466-р (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_320741/).
2. Доклад генерального директора – председателя Правления открытого акционерного общества «Российские железные дороги» О.В. Белозёрова на расширенном итоговом заседании Правления ОАО «РЖД». – Железнодорожный транспорт, 2019. – № 1. – С. 4 – 11.
3. Краснощёк А.А. Приоритеты в работе производственного блока компании. – Железнодорожный транспорт, 2019. – № 2. – С. 4 – 10.
4. Иванов П.А. Осваивая возрастающие объемы перевозок. – Железнодорожный транспорт, 2019. – № 2. – С. 52 – 55.
5. Доклад президента открытого акционерного общества «Российские железные дороги» О.В. Белозёрова на расширенном итоговом заседании Правления ОАО «РЖД». – Железнодорожный транспорт, 2017. – № 1. – С. 4 – 11.
6. Краснощёк А.А. Повышать эффективность, гибко реагировать на потребности клиентов. – Железнодорожный транспорт, 2017. – № 2. – С. 5 – 9.
7. Иванов П.А. Организация перевозочного процесса. – Железнодорожный транспорт, 2017. – № 2. – С. 37 – 40.
8. Васильев И.И. Графики и расчеты по организации железнодорожных перевозок. – М.: Трансжелдориздат, 1941. – 575 с.
9. Никифоров Б.Д., Сотников Е.А. Проблема емкости железных дорог и регулирования вагонных парков. – Вестник ВНИИЖТ, 1981. - № 4. – С. 7 – 13.
10. Кудрявцев М.Н. Движение поездов и работа станций. – Челябинск: изд. Сам.-Злат. ж. д., 1927. – 100 с.
11. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. – ОАО «РЖД», утв.10.11.2010 г. №128. – 289 с.

12. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог. – МПС СССР, утв. 24.04.1989 г. – М., Транспорт, 1991. – 304 с.
13. Цеглинский К.Ю. Курс железных дорог. – Том 1. – М.: типолитография т-ва В. Чичерин, 1913. – 263 с.
14. О'Рурк А.Н. Использование линий, перегонов и подвижного состава. – Ленинград: Прибой, 1931. – 232 с.
15. Кочнев Ф.П., Сотников И.Б. Управление эксплуатационной работой железных дорог. – М.: Транспорт, 1990. – 424 с.
16. Методика определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования. – утв. приказом Минтранса России от 18 июля 2018 г. № 266. – 40 с.
17. Фролов А.Н. К вопросу о взаимодействии сортировочных станций. – Техника и экономика путей сообщения, 1921. - № 8.
18. Гибшман А.Е., Фельдман Э.Д. Еще об определении стоимости вагоно-часа и локомотиво-часа. – Железнодорожный транспорт, 1973. - № 8. – С. 67–70.
19. Тихонов К.К. определение стоимости вагоно-часа и локомотиво-часа. – Железнодорожный транспорт, 1972. - № 10. – С. 73 - 76
20. Нестеров Е.П. Некоторые вопросы регулировки движения. – Дисс.... канд. техн. наук. – М.: 1949. – 197 с.
21. Парфенов В.П. Исследование вопросов развития железнодорожных станций. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Ленинград, 1967. – 31 с.
22. Бартенев П.В. Железнодорожные станции и узлы. – М.: Трансжелдориздат, 1953. – 504 с.
23. Седов В.И. Установление ёмкости станций, участков и отдельных дорог. – Техника железных дорог, 1946. - № 10-11. – С. 18 - 19.
24. Аксенов И.Я. Теоретические основы расчета емкости железных дорог. – Вестник ЦНИИ МПС, 1957. - № 8. – С. 36 – 41.
25. Аксенов В.И. Емкость путевого развития железных дорог и ее резервы в условиях тепловозной и электрической тяги. – Ташкент, 1960. – 73 с. (труды

ТашИИТ, вып. 13).

26. Сотников И.Б., Выгнанов А.А., Шарипова Р.И. Оптимальное соотношение емкости станционных путей и рабочего парка вагонов. – Железнодорожный транспорт, 1982. – № 6. – С. 29 – 31.

27. Техничко-экономические расчеты в эксплуатации железных дорог (в примерах и задачах) / И.Б. Сотников, А.А. Выгнанов, Ф.С. Гоманков и др.; под ред. И.Б. Сотникова. – М.: Транспорт, 1983. – 254 с.

28. Бахадиров Ф. В. Рациональное соотношение емкости путевого развития и размеров вагонного парка на сортировочных и участковых станциях : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.08. - Москва, 1982. - 173 с. : ил.

29. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – МПС России, утв. 28.07.2000 г. – ЦД-858. – М.: Техинформ, 256 С.

30. СП 225.1326000.2014 Свод правил «Станционные здания, сооружения и устройства». – Утв. приказом Минтранса России № 331 от 2 декабря 2014 г.

31. Сотников Е.А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы). – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.

32. Сотников Е.А., Бахадиров Ф.В., Мильман Р.С. О соотношении потребной емкости путевого развития и размеров вагонного парка для сортировочных систем. – Вестник ВНИИЖТ, 1981. - № 1. – С. 8 – 12.

33. Сотников Е.А., Левин Д.Ю., Бебчук Б.Ц., Газиев Г.М. определение рационального соотношения вместимости путей и размеров вагонного парка для грузовых станций. – Вестник ВНИИЖТ, 1982. - № 4. – С. 1 – 6.

34. Бородин А.Ф. Эффективно использовать станционные мощности. – Железнодорожный транспорт, 2006. - № 6. – С. 37 – 43.

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

36. Инструкция по составлению технико-распорядительных актов железнодорожных станций. Приложение № 10 к Правилам технической

эксплуатации железных дорог Российской Федерации. Утв. приказом Минтранса России от 21.12.2010 № 286 (ред. от 25.12.2018).

37. Новая технология ведения технико-распорядительных актов станций / И.Н. Розенберг, С.В. Духин, А.М. Замышляев, Д.В. Цуцков; под ред. И.Н. Розенберга. – М.: Маршрут, 2005. – 304 с.

38. Тишкин Е.М. Автоматизация управления вагонным парком. – М.: Интекст, 2000. – 224 с.

39. Тишкин Е.М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка. (Труды ВНИИАС, вып. 4). – М.: ЗАО «БизнесПроект», 2005 – 188 с.

40. Левин Д.Ю. Витте С.Ю. – выдающийся железнодорожник: монография. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 418 с.

41. Воскресенский Б.Д. Наибольшее уплотнение работ путем применения параллельных и последовательных работ, как основной метод эксплуатации железных дорог. – Харьков: т-во «Печатня С.П. Яковлева», 1915. – 19 с.

42. Казовский И.Г., Освятинский В.Н. Комплексное регулирование вагонных парков. - М.: Трансжелдориздат, 1959. - 184 с.

43. Васильев И.И. Принципы оперативного планирования перевозочного процесса на базе прогноза предстоящей работы. – Труды ВНИИЖТ (ЦНИИ МПС), вып. 1. – М.: Трансжелдориздат, 1946. – С. 56 – 68.

44. График движения поездов в военных условиях / Ахрамович Л.К., Петров А.П., Длугач Б.А., Суязов И.Г. – М.: Трансжелдориздат, 1942. – 52 с.

45. График движения и план формирования поездов / Ахрамович Л.К., Петров А.П., Длугач Б.А., Суязов И.Г. – М.: Трансжелдориздат, 1946. – 108 с.

46. Балч В., Костенко И. Главное – регулировать погрузку по направлениям и назначениям. – Железнодорожный транспорт, 1949. - № 2. – С. 48 – 53.

47. Петров А. О выборе рационального направления вагонопотоков. – Железнодорожный транспорт, 1949. – №2. – С. 55 – 60.

48. Петров А.П. План формирования поездов. Опыт, теория, методика

расчетов. – М.: Трансжелдориздат, 1950. – 484 с.

49. Бородин А.Ф. Емкость железных дорог и управление вагонными парками. – РЖД-партнер, 2011. - № 3. – С. 26 – 28.

50. Регулирование грузовых перевозок на железных дорогах / Балч В.И., Казовский И.Г., Кудрявцев В.А., Гречанюк В.Ф.; Под ред. В.А. Кудрявцева. – М.: Транспорт, 1984. – 248 с.

51. Тишкин Е.М., Климанов В.С. Закономерности насыщения устройств сортировочных станций вагонами. – Вестник ВНИИЖТ, 1980. - № 2. – С. 6 – 9.

52. Климанов В.С. Об эффективности регулировочных мероприятий в условиях насыщения дорог поездопотоком. – Вестник ВНИИЖТ, 1984. - № 4. – С. 5 – 8.

53. Климанов В.С. Оперативное регулирование поездопотоков на направлении. – Железнодорожный транспорт, 1984. - № 2. – С. 21 – 24.

54. Лолуа Р.В. Методы организации взаимодействия станций при различных уровнях использования емкостей их путевого развития: Дис.... канд.техн.наук : 05.22.08 / ВНИИЖТ - М.,1986. - 159с.

55. Сотников Е.А., Лолуа Р.В. Определение эффективности сооружения резервных станций на загруженных линиях. – Вестник ВНИИЖТ, 1983. - № 6. – С. 4 – 9.

56. Федеральный закон Российской Федерации от 31 декабря 2014 года № 503-ФЗ «О внесении изменений в федеральный закон "Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации" и статью 2 федерального закона "О железнодорожном транспорте в Российской Федерации"».

57. Приказ Минтранса России от 03.10.2011 № 258 "О внесении изменений в некоторые акты Министерства путей сообщения Российской Федерации". – 16 с.

58. Правила перемещения порожних грузовых вагонов на железнодорожном транспорте. – Утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2015 года № 1180. – Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 09.11.2015, № 0001201511090018.

59. Кочешнов А.С. Принципы нормирования и регулирования порожних вагонопотоков. – Железнодорожный транспорт. 2017. № 5. С. 28-30.

60. Бородин А.Ф., Москалев А.А., Прилепин Е.В. Автоматизированные центры управления местной работой. – Железнодорожный транспорт, 2004. - № 6. – С. 35 – 40.

61. Козлов П.А., Александров А.Э. Автоматизированный программный комплекс расчета, регистрации и отображения работы сортировочной станции. – Железнодорожный транспорт, 2003. – № 9. С. 65-67.

62. Козлов П.А., Козлова В.П. Расчет параметров проектируемых транспортных узлов. – Железнодорожный транспорт, 2008. – №7. – С. 36-38.

63. Козлов П.А., Тушин Н.А., Пермикин В.Ю., Слободянюк И.Г. Макромоделирование транспортных узлов. – Железнодорожный транспорт, 2015. - № 10. – С. 38 – 40.

64. Козлов П.А., Набойченко И.О., Пермикин В.Ю. От Кузбасса до Усть-Луги – единая модель. – Железнодорожный транспорт, 2016. - № 3. – С. 26 – 29.

65. Козлов П.А., Осокин О.В., Колокольников В.С. Исследование проектов развития железнодорожных станций и полигонов с помощью имитационного моделирования. – Железнодорожный транспорт, 2018. - № 6. – С. 12–16.

66. Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций и линий с определением «узких мест», влияния на пропускные и перерабатывающие способности, рациональной технологии и прогнозируемых эксплуатационных показателей с использованием аппарата математического моделирования. – Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» № 2/р от 09.01.2018 г.

67. Кащеева Н.В. Интерактивное исследование железнодорожных станций. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук./ 05.22.08. – Екатеринбург, УрГУПС, 2014. – 140 с.

68. Кащеева Н.В., Мишарин А.С. Интерактивное исследование проектируемых железнодорожных станций/ Н.В. Кащеева, А.С. Мишарин //

Транспорт Урала. – 2014. – №2. – С.3–6.

69. Левин Д.Ю. Оптимизация потоков поездов. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.

70. Левин Д.Ю. Теория оперативного управления перевозочным процессом. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2008. – 625 с.

71. P. Ireland, R. Case, J. Fallis, C. Van Dyke, J. Kuehn, M. Meketon The Canadian Pacific Railway Transforms Operations by Using Models to Develop Its Operating Plans. – Interfaces Magazine, Vol. 34, No. 1, January–February 2004, pp. 5–14.

72. Report on a Very Successful Rail Planning Conference. Электронный ресурс: <http://blogs.oliverwyman.com/rail/2012/11/02/report-on-a-very-successful-rail-planning-conference/>

73. J. Hage. Track Occupancy Analysis: What is Your Yard Doing ... and Can It Do More?/ Oliver Wyman. Электронный ресурс: <http://blogs1.oliverwyman.com/rail/wp-content/uploads/sites/4/2012/10/NYC-ORE93001-006-NA-Conf-agenda-23Oct2012-final.pdf>.

74. Бородин А.Ф., Васин М.Ф. Улучшение использования путевого развития сортировочных станций / ВНТО железнодорожников и транспортных строителей. – М.: Транспорт, 1991. – 48 с.

75. Распоряжение ОАО «РЖД» № 611р от 12 марта 2013 г. «О внесении изменений в распоряжение ОАО «РЖД» от 2 апреля 2012 г. № 632р об установлении решающих полигонов сети ОАО «РЖД». – 2 с.

76. Типовой технологический процесс работы полигона. – Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» № 2700р от 26.12.2016 г. – 182 с.

77. Техничко-технологическая модель управления перевозочным процессом, в условиях перспективы роста объёмов перевозок грузов, на полигоне в направлении портов Северо-Западного бассейна. – Утв. ОАО «РЖД» 23.12.2019 г. - № 2138. – 111 с.

78. Бородин А.Ф. Эксплуатационная работа железнодорожных

направлений (Труды ВНИИАС, вып. 6). – М.: ВНИИАС, 2008. – 320 с.

79. Шпаков В.В. Дефицит инфраструктуры и как с ним бороться. – РЖД-партнер, 2019. - № 22. – С. 24 – 27.

80. Солнцев А. Северо-Запад увяз в дефиците инфраструктуры. – РЖД-партнер, 2019. - № 21. – С. 12 – 13.

81. Иванкин П. Когда риск – неблагородное дело. – РЖД-партнер, 2019. - № 21. – С. 14 – 15.

82. Анализ влияния соотношения между емкостями путевого развития и размерами вагонного парка на эксплуатационную работу отдельных полигонов сети ОАО «РЖД»: Отчет о НИР: 1.9.002.Р ЦД. – ОАО «НИИАС», рук. работы А.Ф. Бородин. – 2009 г. – 139 с.

83. Методика расчета показателей работы вагонных парков, позволяющих осуществлять мониторинг, анализ и оценку влияния избыточности парков на эффективность и результативность работы сети. – утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 12.11.2015 г. № 2668р. – 55 с.

84. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции. – МПС России, утв. 27.05.2003 г. – М.: Техниформ, 2003. – 274 с.

85. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД». – Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 29 декабря 2018 г. № 2872/р. – 548 с.

86. Дмитриев Е.О., Петров А.С. Расчётные параметры инструктивных указаний по организации вагонопотоков: [Электронный ресурс] // Дмитриев Е.О., Петров А.С. Расчётные параметры инструктивных указаний по организации вагонопотоков. / Современные технологии управления транспортным комплексом России: инновации, эффективность, результативность. Сборник материалов II-й Национальной научно-практической конференции. Редколлегия: В.А. Козырев, Г.В. Черняева. М: РУТ (МИИТ) – 2019. С.68-75. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41763464>. (Дата обращения 01.04.2020).

87. Бородин А.Ф., Панин В.В. Автоматизированная система прогноза ресурсов сети. – Железнодорожный транспорт, 2017. - № 4. – С. 18 – 27.

88. Новиков П.О. Разработка технологии временного отставления от движения и подъема грузовых поездов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.22.08 / Новиков Павел Олегович; [Место защиты: Московский государственный университет путей сообщения].- Москва, 2015.- 133 с.

89. Осьминин А. Т. Увеличение пропускных и провозных способностей за счет повышения эффективности перевозочного процесса и транспортного обслуживания // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2018. № 2. С. 14–31.

90. Лapidус Б. М., Мачерет Д. А. Модель и методика макроэкономической оценки товарной массы, находящейся в процессе перевозки // Вестник ВНИИЖТ. 2011. № 2. С. 3–7.

91. Панин В.В., Лаханкин Е.А., Пояркова М.А. Развитие задач «Имитационной ресурсной модели использования инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС)» в рамках сквозного производственного планирования. – в сб.: «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2019): Восьмая научно-техническая конференция (21 ноября 2019 г., Москва, Россия). – Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». Дочернее общество ОАО «РЖД» (АО «НИИАС»), 2019 г. – С. 87 – 90.

92. Порядок сквозного планирования объемов работ и потребности в ресурсах филиалов ОАО «РЖД» на год, квартал, месяц (Приложение № 10). – Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 16 октября 2020 г. № 2264/р. – 38 с.

93. Изменения в Порядок сквозного производственного планирования объемов работ и потребности в ресурсах филиалов ОАО «РЖД» на год, квартал, месяц (приложение № 10 к Регламенту формирования и контроля исполнения консолидированных бюджетов холдинга «Российские железные дороги» от 2 декабря 2013 г. №2684р). – Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 30 июня 2020 г. № 1382/р. – 42 с.

94. Бородин А.Ф., Панин В.В., Лаханкин Е.А., Панин Е.В., Сайбаталов Р.Ф. О предиктивной бизнес-модели железнодорожных перевозок ОАО «РЖД». – Бюллетень учёного совета АО «ИЭРТ» за 2019 год. – М.: ИЭРТ, 2020. – Вып. 5. – С. 5 – 14.

95. Щепанов С.Л., Щепанов А.Л., Рубцов Д.В., Пояркова М.А. Подсистема «Разработка и ведение Плана формирования грузовых поездов и маршрутов» (АСОВ-ПФ) – ядро Автоматизированной системы организации вагонопотоков. – в сб.: «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2016): Пятая научно-техническая конференция (17-18 ноября 2016 г., Москва, Россия). – Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». Дочернее общество ОАО «РЖД» (АО «НИИАС»), 2016 г. – С. 192 – 194.

96. Сотников Е.А. О подготовке специалистов в области управления перевозочным процессом. – Железнодорожный транспорт, 2019. - № 6. – С. 22 – 26.

97. Сотников Е.А., Холодняк П.С. Преодоление временных затруднений в ходе перевозочного процесса. – Железнодорожный транспорт, 2019. - № 9. – С. 18 – 22.

98. Методические указания по определению числа сортировочных путей для расчетов плана формирования поездов. – ЦД МПС СССР. – М.: Транспорт, 1989. – 64 с.

99. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД». – Утв. ОАО «РЖД» 16.10.2006 г. – М.: Техниформ, 2007. – 528 с.

100. Сайбаталов Р.Ф., Бородин А.Ф. Вагонный парк, инфраструктура и управление движением: к общему знаменателю. – Железнодорожный транспорт, 2014. № 11. – С. 26 – 34.

101. Методика экономической оценки размещения на инфраструктуре

ОАО «РЖД» грузовых поездов, временно отставленных от движения (утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 12.11.2015 г. №2682р).

102. Холодняк П.С. Расчет дополнительных расходов на выполнение перевозочного процесса при возникновении затруднений в эксплуатационной работе с учетом потерь пропускной и перерабатывающей способности. / В кн.: Актуальные вопросы развития железнодорожного транспорта: материалы Всероссийской научно-практической конференции к 75летию аспирантуры Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта / под ред. А.Б. Косарева, Г.В. Гогричиани. – М.: РАС, 2019. – 272 с.

103. Система управления вагонопотоками парков вагонов различных собственников (очередь 2011г.). Автоматизированная система оценки эффективности направления порожних вагонопотоков (АС ОНПВ). Руководство пользователя (82462078.17100.040.ИЗ). – ОАО «НИИАС», 2011. – 16 с.

104. Сотников Е.А., Холодняк П.С. Рациональная технология временной отстановки поездов от движения. – Вестник ВНИИЖТ, 2019. - № 1. – С. 3 – 9.

105. Методика расчета перерабатывающей способности станции, во взаимосвязке с перерабатывающими возможностями грузовых фронтов, мест общего и необщего пользования, на которых осуществляется грузовая работа. – Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 18 марта 2019 г. № 503/р. – 59 с.

106. Технология автоматизированного планирования и управления маршрутными перевозками / Бородин А.Ф., Панин В.В., Щепанов С.Л., Щепанов А.Л., Рубцов Д.В., Лазарева Е.Н. – Железнодорожный транспорт, 2018. – № 3. – С. 8–15.

107. Иванов П.А. Программа развития вертикали управления движением. – Железнодорожный транспорт, 2015. – № 6. – С. 10–16.

108. Набойченко И.О. Полигонные технологии тяжеловесного движения. . – Железнодорожный транспорт, 2015. – № 6. – С. 17–22.

109. Единый сетевой технологический процесс железнодорожных грузовых перевозок. – В редакции распоряжения ОАО «РЖД» от 09.01 2020 г. № 4/р. – 73 с.

110. Зобнин В.Л., Осьминин А.Т., Сотников Е.А., Осьминин М.А. Технологический процесс работы центра управления перевозками восточного полигона (ЦУП ВП) / Вестник ВНИИЖТ. 2017. Т. 76. № 3. С. 146 – 152.

111. Техничко-технологическая модель управления перевозочным процессом в направлении портов Азово-Черноморского бассейна на перспективу до 2025 года. – Утв. ОАО «РЖД 27.12.2019. – №2235. – 384 с.

112. Техничко-технологическая модель управления перевозочным процессом в направлении портов Северо-Запада на перспективу до 2025 года. – Утв. ОАО «РЖД 27.12.2019. – №2238. – 469 с.

113. Бородин А.Ф., Залуцкий М.И., Панин Е.В., Кондальцев И.С. Автоматизация мониторинга и анализа влияния избыточных вагонных парков на эффективность и результативность работы сети ОАО «РЖД». – в сб.: «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2016): Пятая научно-техническая конференция (17-18 ноября 2016 г., Москва, Россия). – Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте». Дочернее общество ОАО «РЖД» (АО «НИИАС»), 2016 г. – С. 188 – 191.

114. Сайбаталов Р.Ф. Системная оценка регламента переговоров. – Железнодорожный транспорт, 2010. № 5. – С. 33 – 35.

115. Сайбаталов Р.Ф. Методы устранения затруднений в работе полигонов железнодорожной сети, связанных с избыточным парком грузовых вагонов. – Транспорт Урала, – 2013. – № 4 – С. 32 – 37.

116. Сайбаталов Р.Ф. Необходим комплексный подход к ремонту и текущему содержанию инфраструктуры. – Железнодорожный транспорт, 2013. – №6. – С. 38– 41.

117. Сайбаталов Р.Ф. Ключевые задачи перехода к планированию и организации движения на полигонах. – Железнодорожный транспорт, 2016. № 6. – С. 32 – 37.

118. Бородин А.Ф., Сайбаталов Р.Ф. Методы устранения эксплуатационных затруднений на основе оценки манёвренности и вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети. – Труды третьей научно-технической конференции с международным участием «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование» (ИСУЖТ-2014) Москва, Россия, 18 ноября 2014 г. – С. 20 – 23.

119. Сайбаталов Р. Ф., Бородин А. Ф., Бородина Е. В. О предотвращении затруднений в эксплуатационной работе полигонов сети железных дорог. – Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт, 2015. - № 2. – С. 50 – 52.

120. Бородин А.Ф., Панин В.В., Прокофьева Е.С., Сайбаталов Р.Ф. Алгоритмические решения задач эффективного использования и развития железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов. – Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». - 2019. - № 3. - С. 28 - 39.

121. Бородин А.Ф., Панин В.В., Сайбаталов Р.Ф. Алгоритмические решения задач использования и развития ресурсов железнодорожной сети. – в кн.: Управление товарными потоками и перевозочным процессом на железнодорожном транспорте на основе клиентоориентированности и логистических технологий: коллективная монография членов и научных партнеров Объединенного ученого совета ОАО «РЖД»./ под ред. Б.М. Лapidуса, А.Т. Осьминина. – СПб: ЛЕМА, 2019. – С. 160 – 170.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Технологический дефицит вагонного парка и пути его преодоления

Технологическим дефицитом вагонного парка в 2011-12 годах названа эксплуатационная обстановка на полигонах железнодорожной сети, при которой в условиях роста инвентарного парка вагонов падает надежность обеспечения заявок грузоотправителей погрузочными ресурсами и нарастают затруднения с отправлением грузов.

Для раскрытия природы технологического дефицита вагонного парка следует рассмотреть ряд зависимостей.

Полный оборот грузового вагона в действующей системе учета вагонного парка практически не отражает качество использования подвижного состава. Введем понятие технологического времени оборота грузового вагона, за которое будем принимать сумму времени нахождения грузового вагона за полный оборот:

– на железнодорожной инфраструктуре общего пользования – за вычетом времени нахождения порожних грузовых вагонов на станциях в отстое, в том числе по договорам с операторами подвижного состава, и в отставленных от движения поездах;

– на железнодорожных путях необщего пользования – за вычетом времени нахождения сверх установленных нормативов (более 24 часов по истечении установленного договором технологического срока оборота вагонов либо более 36 часов с момента подачи вагонов под погрузку, выгрузку локомотивами перевозчика).

Таким образом, ***технологическое время оборота грузового вагона меньше времени его полного оборота на время неучастия вагона в перевозочном процессе.***

Если рабочий парк вагонов $P_{\text{раб}}$ неизменен, то с ростом погрузки железнодорожной сети $U_{\text{п}}$ время полного оборота вагона θ снижается, а технологическое время оборота вагона $\theta_{\text{техн}}$ возрастает по причине увеличения

длительности элементов ожидания операций на станциях и увеличения числа и длительности обгонов и скрещений при следовании грузовых поездов по участкам (рисунок А1, а). Соответственно увеличивается технологически необходимый (потребный) для выполнения заданных объемов перевозок рабочий парк грузовых вагонов, участвующих в перевозочном процессе, $P_{\text{раб.техн}} = U_{\text{п}} \theta_{\text{техн}}$, и снижается резерв вагонного парка $\Delta P = P_{\text{раб}} - P_{\text{раб.техн}}$ (рисунок А1, б). Резерв ΔP не предусмотрен действующей системой учета вагонного парка, но он существует физически. При исчерпании резерва ($\Delta P = 0$) и в целом рабочего парка вагонов ($P_{\text{раб}} = P_{\text{раб.техн}}$) имеет место предельная величина погрузки сети U' .

Подобные зависимости удовлетворительно работают до тех пор, пока есть большой запас емкости станционного путевого развития, и можно пренебречь ее ограничениями. Но сегодня ряд полигонов отечественной железнодорожной сети хронически либо эпизодически работают с дефицитом емкости путевого развития как станций, так и железнодорожных путей необщего пользования. С ростом $P_{\text{раб.техн}}$ возрастает технологически необходимая емкость станционного путевого развития $E_{\text{техн}}$ и уменьшается емкость путевого развития, занятая вагонами, не участвующими в перевозочном процессе, $E_{\text{отст}}$ (рисунок А1, в). Но $E_{\text{отст}}$ практически равна парку вагонов, не участвующих в перевозочном процессе, а $E_{\text{техн}}$ должна быть в 3 – 5 раз больше находящегося на станциях парка вагонов, участвующих в перевозочном процессе (см. подраздел 2.3 настоящей диссертации). Поэтому потребная емкость станционного путевого развития $E_{\text{потр}} = E_{\text{техн}} + E_{\text{отст}}$ является возрастающей функцией от $U_{\text{п}}$. E^* – точка, в которой $E_{\text{потр}}$ достигает технически допустимой емкости станционного путевого развития. В отличие от суммарной вместимости станционных путей, указанной в техническо-распорядительных актах станций, емкость E^* – это граничная величина, до которой станции полигона могут обеспечивать беспрепятственный прием поездов и беспрепятственный обмен вагонами с железнодорожными путями необщего пользования.

В диапазоне избыточного заполнения емкости станционного путевого развития $E_{\text{потр}} > E^*$ (объемов погрузки $U_{\text{п}} > U''$) происходит исключение части

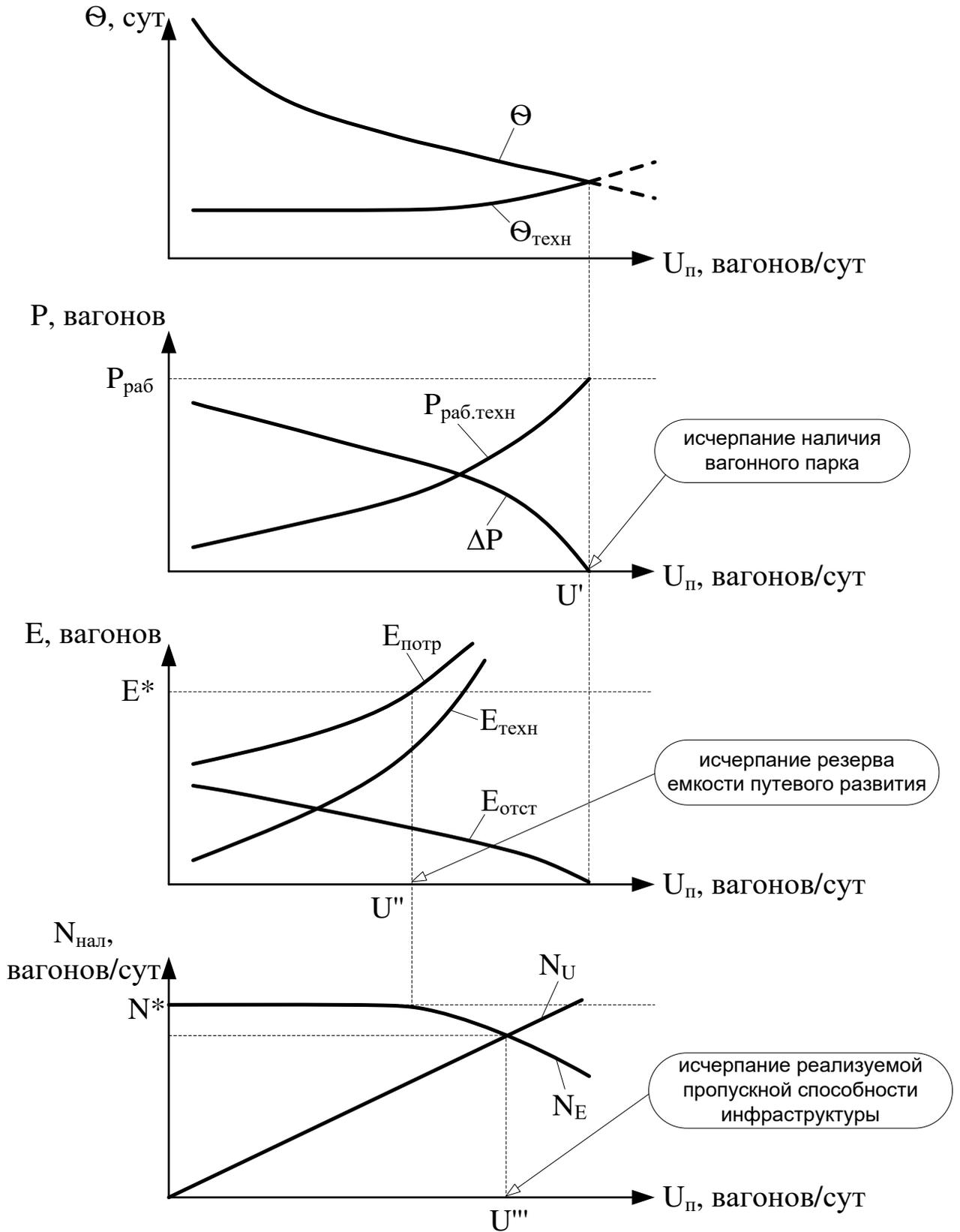


Рисунок А1 – Образование технологического дефицита вагонного парка

станционных путей из работы по пропуску и переработке потоков поездов и вагонов. При этом результирующая пропускная способность станций снижается относительно паспортных значений, рассчитанных согласно Инструкции по расчету наличной пропускной способности железных дорог.

Избыточное насыщение участков поездами приводит к необходимости оставлять часть составов без локомотивов на путях промежуточных станций, где в результате уменьшается число путей для скрещения и обгона поездов. Это ведет к снижению реализуемых размеров грузового движения по участкам.

Таким образом, результирующая наличная пропускная способность инфраструктуры используется с существенными потерями, и ее реализуемое заполнение характеризуется функцией $N_E(U_{\Pi})$, которая убывает в диапазоне объемов погрузки $U_{\Pi} > U''$ (рисунок А1, г). Функция полезного заполнения результирующей пропускной способности N_U , возрастающая с увеличением U_{Π} , пересекает кривую N_E в точке U''' , характеризующей исчерпание реализуемой пропускной способности инфраструктуры.

Следовательно, $U''' < U'$. Рост вагонного парка не решает проблемы обеспечения перевозок, когда на рейсе находится вагонов больше, чем требует рациональная технология перевозочного процесса, а станции и участки оказываются не в состоянии вовремя пропустить к пунктам погрузки вагоны, оказавшиеся заблокированными в местах дислокации.

Рост вагонного парка сам по себе – не единственная причина описанного положения. Численность вагонов на сети нельзя рассматривать в отрыве от методов управления ими и в целом от технологии регулирования перевозок. Сказываются также неупорядоченное размещение вагонов, не участвующих в перевозках, непропорциональная загрузка инфраструктуры, наложение «пиков» ремонтных работ, пассажирских перевозок и речной навигации. Поэтому зависимости, представленные на рисунок А1, важны не только для объяснения природы технологического дефицита вагонного парка, но и для отыскания мер воздействия, повышающих надежность и эффективность управления движением.

При этом подлежат оценке последствия разных стратегий – либо

наращивать инвестиции в развитие инфраструктуры (расширять ограничения $E_{\text{нал}}$ и $N_{\text{нал}}$), либо ограничивать рост вагонного парка (фиксируя границу U' и закрывая возможности будущего роста перевозочной работы), либо улучшать технологию управления движением и регулирования порожними вагонами (снижать долю непроизводительного использования мощности инфраструктуры, характеризуемую функцией N_E).

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Результаты расчетов по оценке влияния избыточного вагонного парка на работу сети ОАО «РЖД»

Б1. Влияние избыточного вагонного парка на работу сети ОАО «РЖД» за 2014 г.

Показатели по железным дорогам ОАО «РЖД», характеризующие влияние избыточного вагонного парка на работу сети ОАО «РЖД» ежемесячно за 2014 год, приведены:

- в натуральном выражении – в таблице Б1.1 – Б1.14;
- в стоимостном выражении – в в таблице Б1.15 – Б1.20.

Таблица Б1.1 – Распределение рабочего парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за 2014 г.

Дислокация вагонных парков	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Рабочий парк вагонов												
На станциях и путях необщего пользования	837 734	843 938	851 974	850 092	837 304	835 916	834 003	828 713	811 038	805 953	792 046	799 012
В поездах и на участках	206 228	195 575	199 833	200 659	209 325	207 919	207 923	206 846	215 171	211 222	212 006	201 873
Итого рабочий парк	1043962	1039513	1051807	1050751	1046629	1043835	1041926	1035559	1026209	1017175	1004052	1000885

Таблица Б1.2 – Избыточный (+ к технически допустимому) рабочий парк вагонов (среднечасовой) на технических станциях и путях общего пользования станций выполнения грузовых операций за 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	12 119	8 986	14 412	17 236	8 499	9 306	9 233	6 633	7 481	5 528	2 790	3 977
КЛГ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
МОСК	84	149	1 526	14	0	0	892	0	219	0	0	0
ГОРЬК	3 785	4 815	3 924	4 943	4 288	5 379	1 584	1 356	1 599	828	757	0
СЕВ	3 259	2 194	134	611	0	0	0	0	0	0	0	0
С-КАВ	7 981	2 619	2 256	5 211	0	0	0	4 212	6 565	8 563	7 355	6 620
Ю-ВОС	0	0	0	0	0	0	0	4 785	3 825	0	809	0
ПРИВ	1 268	0	2 077	927	0	0	0	0	0	0	0	1 802
КБШ	4 969	7 139	6 757	8 027	13 325	9 788	7 534	10 251	5 159	3 775	6 026	5 698
СВЕРД	12 956	11 665	9 847	12 783	12 175	12 263	6 882	4 772	6 877	9 853	4 931	3 798
Ю-УР	6 936	5 042	5 490	7 879	12 662	12 030	10 023	2 106	7 231	7 858	851	0
З-СИБ	8 607	9 069	6 970	10 615	12 478	12 125	10 936	4 605	4 299	9 090	8 273	5 921
КРАС	8 780	6 433	6 682	6 063	4 593	2 339	547	0	0	0	0	0
В-СИБ	5 829	3 045	2 650	2 323	1 127	2 318	3 580	0	0	0	0	0
ЗАБ	0	0	977	0	249	82	1 704	1 648	0	0	0	0
ДВОСТ	12 468	9 599	11 714	11 214	10 355	15 610	11 524	9 013	7 602	4 257	6 053	11 254
СЕТЬ	89 041	70 753	75 418	87 844	79 751	81 241	64 439	49 380	50 857	49 753	37 846	39 070

Таблица Б1.3 – Избыточный (+ к технически допустимому) рабочий парк вагонов (среднечасовой) на железнодорожных путях необщего пользования за 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	2 789	4 464	3 258	2 650	4 334	2 729	2 844	1 831	26	2 535	1 953	2 481
КЛГ	380	520	91	65	0	0	0	0	352	168	480	541
МОСК	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ГОРЬК	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
СЕВ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
С-КАВ	0	3 313	4 654	1 949	1 908	5 273	8 749	1 082	1 114	973	1 491	2 367
Ю-ВОС	23	2 359	2 786	2 124	606	1 694	2 888	2 444	1 415	2 379	3 465	5 110
ПРИВ	0	141	0	402	935	0	3 554	0	0	0	0	0
КБШ	4 599	7 202	9 628	10 767	7 796	10 309	12 033	11 769	10 209	9 938	8 919	8 346
СВЕРД	932	5 644	4 950	3 305	3 247	1 313	3 969	4 118	0	1 484	2 111	1 489
Ю-УР	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	653	0
З-СИБ	5 711	5 036	5 861	1 759	2 767	2 875	2 783	7 275	6 613	3 261	6 175	6 232
КРАС	0	0	0	0	0	0	683	2 650	2 374	576	0	488
В-СИБ	0	0	0	0	0	0	0	1 987	533	0	1 479	0
ЗАБ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ДВОСТ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148
СЕТЬ	14 434	28 689	31 229	23 021	21 593	24 194	37 502	33 157	22 635	21 313	26 727	27 202

Таблица Б1.4 – Рабочий парк вагонов в задержанных в продвижении порожних поездах за 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	6 720	6 763	6 508	7 209	6 189	5 678	5 359	4 657	3 828	4 466	3 764	3 190
КЛГ	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	0	0
МОСК	6 400	4 211	3 509	3 445	4 147	4 083	4 083	1 850	3 318	1 595	893	2 042
ГОРЬК	9 664	9 634	8 804	8 677	7 847	5 232	3 828	3 892	3 126	3 318	3 062	4 402
СЕВ	6 528	5 551	4 338	2 807	2 424	1 212	1 467	1 531	638	510	1 404	1 786
С-КАВ	2 496	1 467	1 531	2 169	1 595	957	1 467	2 488	1 723	2 169	1 467	1 148
Ю-ВОС	4 736	3 126	2 424	1 085	574	383	319	1 021	319	191	1 404	1 340
ПРИВ	6 336	6 380	5 295	3 637	2 424	2 807	3 126	2 743	1 723	829	1 914	4 275
КБШ	8 064	9 442	7 720	6 699	7 847	7 146	5 997	6 763	4 402	2 743	3 637	3 381
СВЕРД	7 488	5 359	4 147	6 252	4 721	3 254	3 318	1 786	2 488	2 552	1 850	2 424
Ю-УР	9 792	8 613	6 954	6 635	6 890	4 594	4 530	2 488	2 169	2 169	2 488	3 700
З-СИБ	5 824	4 976	5 614	6 699	6 635	6 571	6 316	2 616	6 316	2 169	2 935	1 914
КРАС	5 120	4 019	5 040	5 870	3 509	2 552	2 424	1 148	1 148	1 531	2 297	2 042
В-СИБ	4 352	3 892	2 616	3 126	1 595	957	1 531	957	893	574	829	638
ЗАБ	4 032	3 573	2 807	2 488	2 424	2 297	2 105	2 297	1 723	766	255	766
ДВОСТ	1 792	1 914	2 743	2 999	3 637	3 956	3 318	2 935	3 062	1 531	1 404	2 552
СЕТЬ	89 344	78 921	70 052	69 797	62 460	51 678	49 190	39 237	36 876	27 115	29 603	35 600

Таблица Б1.5 – Рабочий парк вагонов в ожидании уборки с путей необщего пользования за 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	1 854	1 970	2 224	2 538	2 035	1 874	2 109	1 991	2 013	1 900	1 566	1 613
КЛГ	51	79	84	82	66	70	60	81	62	73	69	75
МОСК	1 269	1 448	1 636	1 551	1 786	1 769	1 871	1 949	1 855	1 760	1 412	1 221
ГОРЬК	557	662	682	645	668	733	766	741	832	708	773	731
СЕВ	1 208	1 156	1 204	1 153	778	832	848	927	806	718	850	675
С-КАВ	2 111	1 891	1 737	1 870	1 590	1 563	1 825	2 219	2 229	2 134	1 916	1 877
Ю-ВОС	676	652	754	735	702	735	841	1 198	1 115	882	810	727
ПРИВ	393	373	404	335	297	361	338	416	419	336	343	387
КБШ	1 278	1 790	1 840	2 071	1 843	2 149	2 058	2 078	2 275	1 794	1 559	1 265
СВЕРД	3 123	3 368	3 473	3 210	3 106	3 112	2 731	3 060	3 011	3 119	2 732	2 552
Ю-УР	978	1 238	1 152	1 067	1 382	1 374	1 465	1 384	1 520	1 618	1 582	1 044
З-СИБ	4 021	3 385	2 894	2 232	2 450	2 135	2 094	2 031	1 597	2 332	2 648	2 489
КРАС	707	714	721	795	627	558	586	601	709	799	671	784
В-СИБ	1 232	1 333	1 420	836	1 118	1 086	1 142	879	1 025	1 240	765	939
ЗАБ	173	145	127	127	127	138	147	149	226	200	169	188
ДВОСТ	1 286	1 270	1 324	1 430	1 381	1 443	1 333	1 465	1 537	1 419	1 372	1 563
СЕТЬ	20 917	21 474	21 678	20 678	19 955	19 933	20 212	21 170	21 230	21 032	19 239	18 128

Таблица Б1.6 – Потери в рабочем парке локомотивов из-за замедления продвижения поездов по участкам за 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	17	3	32	53	6	8	7	3	4	2	1	1
КЛГ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
МОСК	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ГОРЬК	2	0	2	4	3	5	1	1	1	0	0	0
СЕВ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
С-КАВ	3	0	0	1	0	0	0	1	2	4	3	2
Ю-ВОС	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0
ПРИВ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
КБШ	2	1	3	5	26	10	4	11	2	1	2	2
СВЕРД	29	24	13	32	27	28	4	2	4	13	3	2
Ю-УР	7	1	4	11	49	42	24	1	8	11	0	0
З-СИБ	12	11	7	28	48	45	31	3	3	17	12	5
КРАС	38	11	18	13	5	1	0	0	0	0	0	0
В-СИБ	5	1	1	1	0	1	2	0	0	0	0	0
ЗАБ	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
ДВОСТ	38	32	32	30	23	85	31	15	8	2	4	27
СЕТЬ	154	84	114	179	188	224	105	39	33	50	25	39

Таблица Б1.7 – Потери в рабочем парке локомотивов в связи с необходимостью подъема задержанных в продвижении порожних поездов за 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	10	12	14	19	17	14	13	15	14	15	12	11
КЛГ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
МОСК	4	5	5	5	5	6	6	7	6	6	4	4
ГОРЬК	4	5	5	6	8	6	6	6	6	8	6	4
СЕВ	4	5	6	5	4	4	4	5	4	4	4	4
С-КАВ	7	6	8	10	7	6	8	11	8	9	8	8
Ю-ВОС	1	1	1	1	1	2	2	8	2	3	3	3
ПРИВ	6	6	7	6	5	7	7	9	7	6	6	9
КБШ	10	13	11	12	12	13	13	13	13	10	13	11
СВЕРД	9	10	10	12	13	9	9	9	9	13	9	8
Ю-УР	5	6	5	7	9	9	9	7	8	9	6	5
З-СИБ	8	8	8	9	9	9	8	7	8	7	9	9
КРАС	5	5	6	7	6	5	5	4	5	6	6	6
В-СИБ	4	5	3	4	4	3	3	3	3	2	1	1
ЗАБ	3	3	4	5	7	6	6	8	6	6	4	6
ДВОСТ	4	5	6	8	9	9	9	8	9	7	5	7
СЕТЬ	83	94	99	117	115	108	107	118	107	108	95	96

Таблица Б1.8 – Потери в явочном штате локомотивных бригад из-за замедления продвижения поездов по участкам за 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	74	14	141	232	26	33	31	13	17	10	3	6
КЛГ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
МОСК	1	0	2	1	0	0	2	0	1	0	0	0
ГОРЬК	9	2	10	16	11	21	3	2	3	2	2	0
СЕВ	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
С-КАВ	15	1	2	6	0	0	0	4	9	18	11	9
Ю-ВОС	0	0	0	0	0	0	0	12	8	0	1	0
ПРИВ	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	2
КБШ	7	6	14	22	115	42	18	46	8	4	10	9
СВЕРД	126	105	56	137	118	120	18	10	19	55	12	7
Ю-УР	30	2	16	46	214	182	105	3	34	47	1	0
З-СИБ	50	48	32	122	209	195	134	13	12	73	51	20
КРАС	166	46	78	58	22	4	1	0	0	0	0	0
В-СИБ	20	6	4	3	2	3	7	0	0	0	0	0
ЗАБ	0	0	2	0	2	1	5	4	0	0	0	0
ДВОСТ	167	137	139	130	101	371	136	63	34	8	17	117
СЕТЬ	669	367	498	777	820	972	457	170	144	216	109	169

Таблица Б1.9 – Потери в явочном штате локомотивных бригад в связи с необходимостью подъема задержанных в продвижении порожних поездов за 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	44	47	67	90	77	61	63	71	62	71	51	50
КЛГ	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
МОСК	15	18	21	21	21	25	30	31	26	27	18	18
ГОРЬК	13	17	18	22	31	25	23	26	26	32	23	15
СЕВ	16	18	27	23	17	18	19	24	18	17	15	18
С-КАВ	35	24	42	54	34	31	47	65	45	48	41	40
Ю-ВОС	3	3	4	4	4	6	7	36	7	10	10	10
ПРИВ	23	22	28	26	21	28	28	40	29	23	24	38
КБШ	35	45	40	43	51	56	56	62	53	42	54	43
СВЕРД	39	42	49	59	67	48	44	47	47	69	45	34
Ю-УР	15	18	17	23	35	31	32	24	29	34	22	16
З-СИБ	24	22	24	26	28	27	25	20	24	21	26	25
КРАС	18	16	22	25	20	18	19	15	18	20	21	20
В-СИБ	13	14	9	12	14	10	10	9	10	7	4	4
ЗАБ	13	12	15	19	29	27	29	38	26	27	14	23
ДВОСТ	17	17	23	34	40	38	40	33	40	32	23	30
СЕТЬ	314	327	388	458	477	438	458	510	446	459	377	375

Таблица Б1.10 – Количество поднятых порожних поездов за месяц в 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	885	942	1 247	1 643	1 468	1 171	1 186	1 352	1 164	1 343	985	1 003
КЛГ	18	13	0	14	11	20	23	19	24	6	4	35
МОСК	330	424	475	463	465	503	569	601	481	530	354	386
ГОРЬК	319	388	432	502	670	549	502	559	542	677	505	354
СЕВ	335	380	530	443	342	345	371	458	344	330	297	368
С-КАВ	605	440	748	893	644	545	736	977	693	779	702	677
Ю-ВОС	83	70	102	90	92	132	143	675	138	227	234	235
ПРИВ	524	479	584	540	453	563	572	758	571	483	492	771
КБШ	854	1 037	937	1 001	1 078	1 149	1 106	1 118	1 084	902	1 093	1 001
СВЕРД	804	784	902	1 049	1 120	799	790	784	790	1 106	798	673
Ю-УР	434	485	462	615	817	740	749	587	690	750	537	447
З-СИБ	723	668	723	763	811	750	717	609	714	596	737	749
КРАС	467	408	569	613	496	433	471	373	433	490	539	552
В-СИБ	324	377	239	315	337	251	234	229	235	183	117	108
ЗАБ	286	264	322	406	580	524	530	675	506	516	308	487
ДВОСТ	374	384	500	704	831	744	811	660	795	644	465	628
СЕТЬ	7 365	7 543	8 772	10 054	10 215	9 218	9 510	10 434	9 204	9 562	8 167	8 474

Таблица Б1.11 – Избыток фактического вагонного парка сверх технологически необходимого (потребного) парка за 2014 г.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	26 095	23 176	26 985	29 634	21 058	19 587	19 545	15 849	15 155	14 429	10 766	12 896
КЛГ	933	844	565	529	532	466	454	463	929	737	1 030	1 235
МОСК	13 726	9 938	11 554	8 229	9 162	8 312	10 195	7 128	7 621	5 955	6 124	7 608
ГОРЬК	19 909	21 394	19 251	19 277	18 607	17 848	11 981	11 810	11 995	10 948	10 500	10 744
СЕВ	16 323	11 150	9 867	8 791	7 394	5 864	5 312	6 481	4 960	5 164	6 671	6 830
С-КАВ	14 564	10 392	10 178	11 235	6 677	7 793	12 041	11 295	12 294	15 734	14 064	13 630
Ю-ВОС	10 279	9 236	7 778	6 969	6 029	5 766	4 438	9 689	9 312	5 602	7 922	7 723
ПРИВ	8 657	6 894	7 777	5 301	3 657	3 565	7 018	3 607	2 329	1 503	2 298	6 716
КБШ	21 881	26 290	25 945	27 564	31 547	29 392	27 623	30 861	22 044	18 251	20 140	18 690
СВЕРД	41 111	37 722	34 029	39 130	36 287	33 623	29 279	27 567	26 517	30 198	21 862	23 726
Ю-УР	25 220	21 591	18 260	24 248	28 205	24 379	23 571	16 667	17 844	17 361	11 102	12 407
З-СИБ	31 239	27 885	25 807	27 259	30 485	30 154	28 050	19 207	20 157	21 636	25 037	19 810
КРАС	14 606	12 448	14 056	14 547	11 220	7 674	5 939	4 399	4 231	3 856	4 154	4 561
В-СИБ	17 943	14 907	13 110	11 861	11 494	10 585	12 403	7 909	7 791	7 607	8 035	7 031
ЗАБ	4 205	3 718	3 911	2 664	2 814	2 528	3 960	4 150	1 948	966	424	953
ДВОСТ	15 545	12 783	15 781	15 643	15 373	21 008	16 175	13 413	12 201	7 207	8 829	15 516
СЕТЬ	277 632	249 833	237 997	246 547	235 694	221 214	201 919	178 359	171 892	162 942	156 347	168 518

Таблица Б1.12 – Снижение участковой скорости грузовых поездов из-за избыточного парка грузовых вагонов
за 2014 г., км/ч

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	2,78	0,48	4,47	7,70	0,78	1,03	0,95	0,40	0,51	0,29	0,09	0,18
КЛГ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
МОСК	0,05	0,00	0,08	0,05	0,00	0,00	0,06	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
ГОРЬК	0,38	0,06	0,40	0,64	0,40	0,77	0,10	0,07	0,08	0,05	0,05	0,00
СЕВ	0,21	0,00	0,03	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
С-КАВ	0,70	0,04	0,09	0,26	0,00	0,00	0,00	0,15	0,34	0,76	0,51	0,38
Ю-ВОС	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,52	0,00	0,08	0,00
ПРИВ	0,08	0,00	0,15	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
КБШ	0,41	0,30	0,72	1,18	5,59	1,87	0,77	1,75	0,32	0,19	0,41	0,45
СВЕРД	4,11	2,74	1,25	3,19	2,38	2,48	0,40	0,18	0,35	1,02	0,23	0,17
Ю-УР	2,12	0,16	1,08	3,03	12,09	10,64	5,24	0,15	1,47	1,84	0,06	0,00
З-СИБ	2,63	2,46	1,54	6,49	10,55	9,10	6,28	0,58	0,52	3,09	2,08	0,89
КРАС	2,94	4,54	7,96	5,40	1,90	0,35	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
В-СИБ	1,03	0,30	0,22	0,18	0,08	0,16	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ЗАБ	0,00	0,00	0,06	0,00	0,04	0,02	0,10	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
ДВОСТ	7,79	5,84	5,31	4,41	3,35	15,40	4,85	2,09	1,02	0,26	0,56	4,63
СЕТЬ	2,27	1,16	1,47	2,27	2,29	2,69	1,21	0,42	0,35	0,54	0,28	0,49

Таблица Б1.13 – Снижение производительности локомотива рабочего парка в грузовом движении из-за избыточного парка грузовых вагонов за 2014 год, тыс. ткм брутто / сут

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	99,10	42,40	142,50	227,70	63,10	62,90	58,00	50,80	60,00	56,20	41,00	52,30
КЛГ	19,30	15,70	0,00	11,90	7,90	10,40	14,60	11,80	21,40	7,80	2,70	51,10
МОСК	9,60	25,90	26,20	28,70	19,00	23,60	26,00	24,40	21,60	24,10	18,50	30,80
ГОРЬК	31,00	30,40	42,80	53,30	58,00	73,40	37,60	43,20	48,40	48,90	42,20	28,40
СЕВ	17,00	18,60	26,10	24,10	15,30	17,00	15,10	19,50	15,30	14,70	13,50	17,40
С-КАВ	33,10	29,50	43,20	65,40	36,30	32,90	37,20	48,60	45,80	69,30	66,50	68,90
Ю-ВОС	4,70	5,40	7,40	7,00	6,40	11,10	9,60	60,30	18,00	15,50	16,70	15,20
ПРИВ	35,70	32,60	44,30	42,50	34,00	44,50	38,50	51,10	34,50	28,80	29,90	56,90
КБШ	44,40	64,40	84,10	107,00	203,80	163,50	95,20	125,60	77,60	56,00	88,80	98,90
СВЕРД	107,30	129,40	89,00	158,60	151,80	139,60	43,10	35,90	47,10	72,60	43,40	41,50
Ю-УР	61,60	38,60	68,00	113,00	369,70	411,80	223,10	49,20	94,40	114,90	49,60	45,30
З-СИБ	87,10	93,00	87,50	151,50	260,10	279,00	209,30	53,80	44,00	94,80	86,20	67,00
КРАС	265,00	64,10	110,90	89,20	35,10	26,70	21,80	17,00	19,80	29,60	29,50	31,70
В-СИБ	46,80	38,20	26,20	28,00	25,40	26,20	28,20	14,10	16,80	14,30	9,70	9,10
ЗАБ	28,90	27,80	36,40	35,70	48,30	48,10	55,20	54,00	101,00	39,50	30,50	41,80
ДВОСТ	215,70	163,50	172,10	173,20	144,50	475,50	166,30	92,80	80,90	41,10	41,70	133,00
СЕТЬ	71,90	59,70	77,50	102,10	98,20	121,00	70,20	50,10	47,60	51,30	42,30	53,40

Таблица Б1.14 – Увеличение оборота грузового вагона из-за избыточного парка грузовых вагонов в 2014 г., сут

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	2,08	1,74	1,98	2,30	1,65	1,54	1,59	1,25	1,20	1,15	0,84	1,03
КЛГ	0,72	0,80	0,24	0,75	0,84	0,76	0,75	0,92	1,49	1,15	1,54	1,89
МОСК	0,70	0,41	0,47	0,59	0,66	0,59	0,73	0,51	0,53	0,41	0,42	0,56
ГОРЬК	1,40	1,37	1,18	1,76	1,72	1,62	1,09	1,02	1,03	0,98	0,88	0,92
СЕВ	1,09	0,59	0,49	0,79	0,68	0,53	0,49	0,49	0,44	0,47	0,58	0,59
С-КАВ	2,11	1,40	1,41	1,53	0,96	1,13	1,78	1,67	1,68	2,14	1,88	1,87
Ю-ВОС	0,80	0,73	0,68	0,83	0,73	0,64	0,49	1,18	1,01	0,60	0,86	0,91
ПРИВ	1,82	1,25	1,32	0,95	0,65	0,64	1,27	0,57	0,42	0,25	0,38	1,17
КБШ	2,27	2,81	2,74	2,93	3,44	3,16	2,92	3,33	2,33	1,92	2,04	1,96
СВЕРД	2,03	1,90	1,60	2,84	2,59	2,41	2,10	1,82	1,82	2,13	1,50	1,69
Ю-УР	1,63	1,19	1,04	1,86	2,11	1,82	1,71	0,99	1,25	1,23	0,79	0,94
З-СИБ	1,58	1,38	1,30	1,67	1,86	1,85	1,72	1,09	1,17	1,26	1,46	1,18
КРАС	1,90	1,34	1,50	1,82	1,46	1,01	0,80	0,58	0,53	0,48	0,49	0,53
В-СИБ	1,49	1,00	0,81	1,44	1,41	1,27	1,56	0,99	0,97	0,97	0,96	0,84
ЗАБ	0,69	0,58	0,61	0,44	0,44	0,41	0,65	0,71	0,32	0,16	0,07	0,15
ДВОСТ	2,25	1,79	2,13	2,16	2,08	2,92	2,30	1,87	1,67	1,01	1,20	2,21
СЕТЬ	4,09	3,26	3,23	3,99	3,91	3,63	3,34	2,88	2,73	2,61	2,52	2,82

Таблица Б1.15 – Увеличение прямых эксплуатационных расходов на содержание локомотивов и бригад, расход топливно-энергетических ресурсов в связи с замедлением продвижения поездов из-за избыточного парка грузовых вагонов в 2014 г., млн. руб.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	42,38	14,26	67,60	94,22	22,93	25,79	25,45	14,38	17,41	11,25	4,45	7,10
КЛГ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
МОСК	1,56	0,00	2,58	2,23	0,00	0,00	3,07	0,00	2,23	0,00	0,00	0,00
ГОРЬК	9,50	2,09	11,62	13,75	11,30	16,36	3,45	3,03	3,65	2,43	2,42	0,00
СЕВ	6,19	0,00	2,03	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
С-КАВ	12,73	1,17	2,75	7,02	0,00	0,00	0,00	4,91	9,70	15,90	11,74	10,49
Ю-ВОС	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,86	9,30	0,00	1,92	0,00
ПРИВ	1,49	0,00	2,78	1,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,68
КБШ	7,58	6,27	13,82	17,79	48,54	25,34	15,67	26,77	8,67	5,25	11,39	10,38
СВЕРД	64,61	57,40	39,87	74,92	70,00	68,26	20,27	12,42	21,07	42,63	13,50	9,00
Ю-УР	21,59	3,23	16,02	27,99	80,48	69,99	48,23	4,14	23,67	29,17	2,38	0,00
З-СИБ	36,90	29,47	28,83	58,27	90,84	83,75	64,43	12,40	11,65	42,91	33,47	18,79
КРАС	64,72	17,18	35,43	22,26	10,93	2,91	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
В-СИБ	16,26	4,55	5,37	3,16	1,91	3,11	5,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ЗАБ	0,00	0,00	3,39	0,00	2,46	1,76	5,86	5,07	0,00	0,00	0,00	0,00
ДВОСТ	71,97	65,02	61,71	67,44	56,75	165,69	71,90	39,25	24,31	8,40	14,94	62,67
СЕТЬ	357,45	200,63	293,81	393,04	396,14	462,96	264,98	135,23	131,65	157,92	96,21	121,11

Таблица Б1.16 – Увеличение прямых эксплуатационных расходов на отстановку от движения грузовых поездов из-за избыточного парка грузовых вагонов в 2014 г., млн. руб.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	14,51	13,29	17,89	23,72	20,63	16,51	16,89	18,84	16,31	18,79	13,71	13,55
КЛГ	0,22	0,21	0,00	0,23	0,18	0,33	0,38	0,32	0,39	0,10	0,07	0,60
МОСК	6,00	6,89	7,57	7,45	7,73	8,52	9,85	9,72	8,42	8,61	5,57	6,04
ГОРЬК	6,32	6,61	6,81	7,60	9,47	7,40	6,49	7,28	6,94	8,56	6,42	4,90
СЕВ	6,22	7,69	9,80	7,94	6,07	5,91	6,38	7,88	5,70	5,30	5,14	6,24
С-КАВ	10,29	6,50	11,22	13,88	9,38	8,16	11,76	16,17	11,23	12,36	10,76	10,36
Ю-ВОС	2,09	1,33	1,60	1,26	1,20	1,69	1,90	9,67	1,90	2,95	3,17	3,11
ПРИВ	8,68	8,51	10,25	9,34	7,65	9,76	9,97	13,33	9,88	8,05	8,42	13,45
КБШ	13,18	11,23	9,89	10,34	11,84	12,56	12,17	13,02	11,38	9,06	11,36	9,73
СВЕРД	13,42	14,26	16,13	19,39	20,98	14,96	14,24	14,31	14,56	20,68	14,14	11,43
Ю-УР	7,44	5,77	5,30	6,88	9,47	8,23	8,44	6,31	7,50	8,36	5,80	4,71
З-СИБ	9,92	8,36	9,09	9,75	10,48	9,84	9,34	7,43	9,17	7,40	9,18	9,02
КРАС	7,23	6,93	9,50	10,50	8,10	6,92	7,37	5,50	6,37	7,28	8,17	7,98
В-СИБ	5,16	5,89	3,78	4,93	4,96	3,64	3,57	3,29	3,36	2,53	1,71	1,54
ЗАБ	4,82	5,10	5,84	7,20	10,30	9,41	9,87	12,67	9,09	8,89	4,79	8,04
ДВОСТ	5,59	7,96	10,62	14,89	17,68	16,34	17,33	14,16	17,08	13,37	9,68	13,18
СЕТЬ	121,10	116,52	135,26	155,28	156,11	140,17	145,94	159,90	139,27	142,28	118,09	123,88

Таблица Б1.17 – Увеличение прямых эксплуатационных расходов на переработку грузовых вагонов, маневровую работу и простои на сортировочных станциях из-за избыточного парка грузовых вагонов в 2014 г., млн. руб.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	12,78	3,38	6,33	7,26	3,62	3,89	3,86	2,78	3,13	2,34	1,12	1,68
КЛГ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
МОСК	0,09	0,00	0,67	0,01	0,00	0,00	0,37	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
ГОРЬК	3,99	1,81	1,72	2,08	1,83	2,25	0,66	0,57	0,67	0,35	0,30	0,00
СЕВ	3,44	0,00	0,06	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
С-КАВ	8,42	0,98	0,99	2,19	0,00	0,00	0,00	1,77	2,75	3,62	2,95	2,79
Ю-ВОС	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,01	1,60	0,00	0,32	0,00
ПРИВ	1,34	0,00	0,91	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76
КБШ	5,24	2,68	2,97	3,38	5,67	4,10	3,15	4,30	2,16	1,60	2,41	2,40
СВЕРД	13,67	4,38	4,33	5,38	5,18	5,13	2,88	2,00	2,88	4,17	1,98	1,60
Ю-УР	7,32	1,89	2,41	3,32	5,39	5,03	4,19	0,88	3,03	3,32	0,34	0,00
З-СИБ	9,08	3,41	3,06	4,47	5,31	5,07	4,57	1,93	1,80	3,84	3,31	2,50
КРАС	9,26	2,42	2,94	2,55	1,95	0,98	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
В-СИБ	6,15	1,14	1,17	0,98	0,48	0,97	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ЗАБ	0,00	0,00	0,43	0,00	0,11	0,03	0,71	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00
ДВОСТ	13,15	3,61	5,15	4,72	4,41	6,53	4,82	3,78	3,18	1,80	2,43	4,75
СЕТЬ	93,93	25,70	33,14	36,97	33,94	34,00	26,94	20,72	21,28	21,03	15,16	16,49

Таблица Б1.18 – Увеличение предъявляемых к оплате штрафов за несвоевременную доставку порожних вагонов из-за избыточного парка грузовых вагонов в 2014 г., млн. руб.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	19,00	23,81	32,50	44,55	23,93	14,52	10,87	12,08	4,07	5,74	8,54	10,65
КЛГ	0,00	0,99	0,00	0,11	0,00	0,00	0,02	0,00	0,91	0,77	0,04	0,22
МОСК	16,13	20,60	24,63	24,40	6,56	8,71	18,35	17,97	24,56	11,92	8,60	12,74
ГОРЬК	19,57	10,90	20,44	15,01	7,72	7,02	13,35	4,63	4,68	7,92	7,77	4,02
СЕВ	17,49	5,91	12,44	31,04	8,67	3,00	4,91	9,02	4,13	7,67	3,51	2,98
С-КАВ	12,46	13,09	16,22	111,11	14,24	6,53	6,78	16,03	8,28	14,60	9,09	4,81
Ю-ВОС	10,26	6,16	8,01	23,88	6,14	1,89	4,19	8,32	7,43	11,65	7,60	5,48
ПРИВ	24,79	19,05	10,75	16,11	17,69	9,71	5,00	9,45	16,85	19,06	6,02	15,97
КБШ	68,27	57,54	28,55	65,88	24,16	20,62	43,76	52,77	29,87	60,12	63,06	14,63
СВЕРД	112,99	87,56	47,72	50,39	9,62	16,38	12,81	11,63	10,22	11,64	9,35	4,45
Ю-УР	11,64	14,08	6,95	8,54	11,47	10,70	11,26	16,36	3,77	8,37	12,33	6,60
З-СИБ	73,23	69,04	40,52	36,50	9,40	25,08	9,87	17,27	8,76	1,24	2,36	1,06
КРАС	168,61	262,40	72,31	96,73	32,06	13,75	56,16	2,29	186,16	134,13	1,32	0,65
В-СИБ	56,69	42,07	51,96	74,15	5,99	14,66	12,47	19,79	6,35	6,30	5,31	190,26
ЗАБ	14,24	2,09	2,15	8,98	5,35	2,22	9,98	13,15	11,63	1,80	0,31	1,14
ДВОСТ	1,53	1,18	0,78	48,73	0,54	1,07	1,80	3,95	7,26	5,74	2,39	3,20
СЕТЬ	626,88	636,47	375,92	656,10	183,54	155,86	221,55	214,68	334,90	308,66	147,61	278,86

Таблица Б1.19 – Снижение доходов ОАО «РЖД» от постановки невостребованного парка грузовых вагонов на оплачиваемый отстой в 2014 г., млн. руб.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	41,04	37,30	39,74	42,61	37,79	39,18	38,21	33,21	22,62	27,27	22,25	22,75
КЛГ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
МОСК	39,09	23,23	21,43	20,36	25,33	28,17	29,11	13,19	19,61	9,74	5,28	14,56
ГОРЬК	59,02	53,14	53,77	51,28	47,92	36,10	27,29	27,75	18,48	20,26	18,10	31,39
СЕВ	39,87	30,62	26,50	16,59	14,81	8,36	10,46	10,92	3,77	3,12	8,30	12,74
С-КАВ	15,24	8,09	9,35	12,82	9,74	6,60	10,46	17,74	10,18	13,25	8,67	8,19
Ю-ВОС	28,92	17,24	14,81	6,41	3,51	2,64	2,27	7,28	1,89	1,17	8,30	9,55
ПРИВ	38,69	35,19	32,34	21,49	14,81	19,37	22,29	19,56	10,18	5,07	11,31	30,48
КБШ	49,25	52,08	47,15	39,59	47,92	49,31	42,76	48,22	26,02	16,75	21,49	24,11
СВЕРД	45,73	29,56	25,33	36,95	28,83	22,45	23,65	12,74	14,71	15,59	10,94	17,29
Ю-УР	59,80	47,51	42,47	39,21	42,08	31,70	32,30	17,74	12,82	13,25	14,71	26,38
З-СИБ	35,57	27,45	34,29	39,59	40,52	45,34	45,04	18,65	37,33	13,25	17,35	13,65
КРАС	31,27	22,17	30,78	34,69	21,43	17,61	17,29	8,19	6,79	9,35	13,57	14,56
В-СИБ	26,58	21,47	15,98	18,48	9,74	6,60	10,92	6,82	5,28	3,51	4,90	4,55
ЗАБ	24,62	19,71	17,14	14,71	14,81	15,85	15,01	16,38	10,18	4,68	1,51	5,46
ДВОСТ	10,94	10,56	16,75	17,72	22,21	27,29	23,65	20,93	18,10	9,35	8,30	18,20
СЕТЬ	545,62	435,33	427,81	412,50	381,44	356,58	350,72	279,76	217,94	165,59	174,96	253,83

Таблица Б1.20 – Увеличение прямых эксплуатационных расходов из-за избыточного парка грузовых вагонов в 2014 г., млн. руб.

Дорога	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
ОКТ	129,71	92,03	164,07	212,35	108,90	99,89	95,28	81,29	63,54	65,39	50,06	55,72
КЛГ	0,22	1,21	0,00	0,34	0,18	0,33	0,40	0,78	1,30	0,87	0,11	0,82
МОСК	62,87	50,72	56,87	54,45	39,61	45,41	60,75	40,88	54,90	30,27	19,45	33,34
ГОРЬК	98,40	74,54	94,36	89,71	78,24	69,13	51,25	43,25	34,41	39,52	35,02	40,31
СЕВ	73,20	44,22	50,83	58,49	29,54	17,27	21,75	27,82	13,60	16,08	16,94	21,96
С-КАВ	59,14	29,83	40,53	147,03	33,36	21,30	29,00	56,62	42,14	59,72	43,22	36,64
Ю-ВОС	41,27	24,73	24,41	31,55	10,85	6,22	8,36	40,13	22,11	15,76	21,32	18,14
ПРИВ	74,99	62,75	57,03	48,67	40,15	38,84	37,26	42,34	36,91	32,18	25,74	63,34
КБШ	143,50	129,81	102,38	136,98	138,14	111,92	117,50	145,08	78,09	92,78	109,72	61,26
СВЕРД	250,43	193,17	133,37	187,03	134,61	127,19	73,85	53,09	63,44	94,70	49,90	43,77
Ю-УР	107,78	72,47	73,15	85,94	148,89	125,65	104,42	45,44	50,78	62,47	35,56	37,69
З-СИБ	164,69	137,72	115,79	148,58	156,54	169,09	133,24	57,67	68,70	68,63	65,67	45,02
КРАС	281,08	311,10	150,95	166,73	74,47	42,17	81,79	15,97	199,32	150,77	23,06	23,18
В-СИБ	110,84	75,13	78,25	101,69	23,08	28,98	34,37	29,90	14,99	12,33	11,93	196,35
ЗАБ	43,68	26,89	28,96	30,88	33,02	29,26	41,43	47,96	30,90	15,36	6,62	14,64
ДВОСТ	103,18	88,32	95,01	153,50	101,58	216,92	119,50	82,07	69,92	38,66	37,73	101,99
СЕТЬ	1 744,98	1 414,64	1 265,94	1 653,89	1 151,17	1 149,56	1 010,13	810,28	845,05	795,47	552,02	794,16

**Б2. Влияние избыточного вагонного парка на работу сети ОАО «РЖД»
за 2014 – 2019 гг.**

Показатели по железным дорогам ОАО «РЖД», характеризующие влияния избыточного вагонного парка на работу сети ОАО «РЖД» за 2014 – 2019 гг., приведены:

- в натуральном выражении – в в таблице Б2.1 – Б2.11;
- в стоимостном выражении – в в таблице Б2.12 – Б2.13.

Таблица Б2.1 – Распределение парка грузовых вагонов на сети ОАО «РЖД» за 2014 – 2019 гг.

Дислокация вагонных парков	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Рабочий парк вагонов						
На станциях и путях необщего пользования	827 229	768 156	720 548	704 806	709 475	757 689
В поездах на участках	206 273	195 626	191 146	193 178	195 417	198 507
Итого рабочий парк	1 033 501	963 782	911 694	897 985	904 893	956 197
Нерабочий парк вагонов						
На станциях		72 426	71 466	60 687	57 092	57 185
На путях необщего пользования		74 722	57 760	40 398	32 990	34 731
Итого нерабочий парк	152 791	147 148	129 226	101 085	90 082	91 916

Таблица Б2.2 – Сводные данные о превышении технически допустимого парка грузовых вагонов на технических станциях и путях общего пользования станций выполнения грузовых операций по дорогам сети за 2014 – 2019 гг.

Дорога	Избыточный (+ к технически допустимому) рабочий парк вагонов (среднечасовой) на технических станциях и путях общего пользования станций выполнения грузовых операций					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	8 845	4 585	162	430	5 757	7 727
КЛГ	0	0	0	51	134	11
МОСК	243	0	0	0	0	0
ГОРЬК	2 750	1 161	0	0	0	37
СЕВ	507	81	0	0	162	956
С-КАВ	4 290	1 244	371	3 472	5 933	1 351
Ю-ВОС	787	0	0	0	0	0
ПРИВ	513	141	0	83	95	0
КБШ	7 374	1 203	139	0	0	0
СВЕРД	9 044	937	239	0	647	2 524
Ю-УР	6 516	0	0	0	0	0
З-СИБ	8 576	4 145	2 302	3 517	3 676	8 106
КРАС	2 934	68	0	198	311	3 819
В-СИБ	1 735	0	0	0	0	622
ЗАБ	396	6	2	0	765	2 121
ДВОСТ	10 058	8 281	2 683	3 613	3 712	7 887
СЕТЬ	64 568	21 853	5 898	11 363	21 192	35 161

Таблица Б2.3 – Сводные данные о превышении технически допустимого парка грузовых вагонов на железнодорожных путях необщего пользования по дорогам сети за 2014 – 2019 гг.

Дорога	Избыточный (+ к технически допустимому) рабочий парк вагонов (среднечасовой) на железнодорожных путях необщего пользования					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	2 652	3 300	3 459	1 279	1 716	3 345
КЛГ	214	117	15	22	55	18
МОСК	0	253	0	0	0	0
ГОРЬК	0	0	11	0	0	0
СЕВ	0	102	0	0	0	0
С-КАВ	2 738	6 257	6 765	5 067	1 075	3 396
Ю-ВОС	2 275	3 999	2 922	555	176	0
ПРИВ	425	962	1 737	930	107	818
КБШ	9 302	10 139	11 190	12 143	6 879	7 978
СВЕРД	2 701	3 194	1 414	692	62	1 416
Ю-УР	54	229	0	0	0	0
З-СИБ	4 697	4 451	2 554	2 182	2 197	6 012
КРАС	569	1 389	1 490	1 642	1 325	3 813
В-СИБ	334	1 476	1 632	2 131	1 760	2 903
ЗАБ	0	0	0	0	0	0
ДВОСТ	13	26	362	0	0	2
СЕТЬ	25 972	35 894	33 553	26 643	15 352	29 700

Таблица Б2.4 – Рабочий парк вагонов в задержанных в продвижении порожних поездах и в ожидании уборки с путей необщего пользования по дорогам сети за 2014 – 2019 гг.

Дорога	Рабочий парк вагонов											
	В задержанных в продвижении порожних поездах						В ожидании уборки с путей необщего пользования					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	5 352	2 338	884	537	1 096	1 588	1 974	1 679	1 530	835	851	871
КЛГ	5	8	0	0	0	0	71	66	69	69	0	0
МОСК	3 294	1 949	470	262	539	750	1 628	1 445	1 263	1 066	958	817
ГОРЬК	5 937	2 970	1 128	422	627	1 677	708	745	677	629	549	510
СЕВ	2 503	1 692	329	110	382	982	928	622	576	463	537	528
С-КАВ	1 727	665	142	230	409	409	1 914	1 776	1 891	1 551	1 317	1 210
Ю-ВОС	1 403	1 601	546	83	307	580	820	576	560	614	592	373
ПРИВ	3 444	2 273	1 722	799	812	884	367	356	419	375	368	248
КБШ	6 134	2 470	892	213	461	817	1 832	1 319	1 042	842	739	643
СВЕРД	3 794	1 773	974	769	940	1 785	3 047	2 172	2 183	1 655	1 450	1 549
Ю-УР	5 068	1 796	797	220	422	874	1 317	1 193	1 157	1 304	1 127	1 034
З-СИБ	4 873	1 900	928	956	1 013	1 354	2 523	2 350	893	1 235	1 178	883
КРАС	3 051	1 696	557	603	666	1 111	689	687	741	1 262	1 228	1 054
В-СИБ	1 817	1 115	469	369	480	797	1 084	1 001	603	839	822	729
ЗАБ	2 121	1 263	576	415	370	747	160	184	141	181	191	191
ДВОСТ	2 657	1 366	408	701	735	1 057	1 403	1 415	1 387	1 022	915	817
СЕТЬ	53 182	26 876	10 823	6 688	9 259	15 413	20 464	17 586	15 131	13 943	12 822	11 457

Таблица Б2.5 – Потери в рабочем парке локомотивов из-за избыточного парка грузовых вагонов по дорогам сети за 2014 – 2019 гг.

Дорога	Потери в рабочем парке локомотивов											
	Из-за замедления продвижения поездов по участкам						Из-за необходимости подъема задержанных в продвижении порожних поездов					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	12	3	0	0	6	26	14	9	5	5	8	7
КЛГ	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
МОСК	0	0	0	0	0	0	5	2	2	2	3	3
ГОРЬК	2	1	0	0	0	0	6	2	2	2	3	3
СЕВ	0	0	0	0	0	2	4	3	2	2	3	4
С-КАВ	1	0	1	2	10	1	8	4	2	3	3	4
Ю-ВОС	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	2	3
ПРИВ	0	0	0	0	0	0	7	4	3	3	4	3
КБШ	6	0	0	0	0	0	12	7	6	4	4	5
СВЕРД	15	0	0	0	1	2	10	5	3	4	5	6
Ю-УР	13	0	0	0	0	0	7	3	2	2	2	2
З-СИБ	18	3	1	2	5	28	8	4	3	4	4	4
КРАС	7	0	0	0	0	12	6	4	3	3	2	3
В-СИБ	1	0	0	0	0	1	3	1	2	2	3	4
ЗАБ	0	0	0	0	2	26	5	4	4	4	3	4
ДВОСТ	27	15	2	1	3	20	7	5	3	5	5	5
СЕТЬ	103	22	5	6	28	118	104	58	43	47	55	58

Таблица Б2.6 – Потери в явочном штате локомотивных бригад из-за избыточного парка грузовых вагонов по дорогам сети за 2014 – 2019 гг.

Дорога	Потери в явочном штате локомотивных бригад											
	Из-за замедления продвижения поездов по участкам						Из-за необходимости подъема задержанных в продвижении порожних поездов					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	50	11	1	1	25	110	63	37	22	18	30	28
КЛГ	0	0	0	0	1	0	1	2	1	1	0	0
МОСК	1	0	0	0	0	0	23	9	4	7	10	10
ГОРЬК	7	4	0	0	0	0	23	9	6	6	11	8
СЕВ	1	0	0	0	1	9	19	11	7	8	12	13
С-КАВ	6	1	2	6	43	3	42	19	10	12	14	14
Ю-ВОС	2	0	0	0	0	0	9	4	3	4	6	7
ПРИВ	1	0	0	1	0	0	28	15	10	12	12	10
КБШ	25	1	2	0	0	0	48	24	21	12	12	15
СВЕРД	65	2	1	0	2	7	49	21	11	14	22	24
Ю-УР	57	0	0	0	0	0	25	9	5	6	6	6
З-СИБ	80	12	6	9	20	122	24	13	7	9	10	10
КРАС	31	0	0	0	1	52	19	15	8	8	7	8
В-СИБ	4	0	0	0	0	4	10	5	5	7	8	13
ЗАБ	1	0	0	0	8	110	23	16	15	16	12	14
ДВОСТ	118	64	6	4	12	85	31	20	12	17	17	17
СЕТЬ	447	95	18	21	112	503	435	221	147	154	190	198

Таблица Б2.7 – Количество поднятых порожних поездов за месяц по дорогам сети в 2014 – 2019 гг.

Дорога	Количество поднятых порожних поездов за месяц					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	1 201	736	440	359	640	588
КЛГ	16	38	3	0	1	1
МОСК	466	205	95	150	222	215
ГОРЬК	501	210	139	131	253	194
СЕВ	379	221	146	153	241	279
С-КАВ	705	338	166	209	253	292
Ю-ВОС	186	103	53	75	150	156
ПРИВ	567	322	194	254	263	227
КБШ	1 029	568	510	277	294	392
СВЕРД	867	407	214	266	416	464
Ю-УР	610	257	130	167	163	170
З-СИБ	713	381	213	258	291	304
КРАС	487	383	193	200	158	189
В-СИБ	245	122	100	156	187	289
ЗАБ	452	333	293	332	246	285
ДВОСТ	630	415	249	360	358	373
СЕТЬ	9 054	5 039	3 138	3 344	4 135	4 419

Таблица Б2.8 – Избыток фактического вагонного парка сверх технологически необходимого (потребного) парка, ваг. (среднечасовой) по дорогам сети в 2014 – 2019 гг.

Дорога	Год					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	19 577	12 006	5 416	3 080	9 419	13 530
КЛГ	725	235	60	141	254	69
МОСК	8 800	4 096	1 714	1 327	1 496	1 565
ГОРЬК	15 311	5 437	1 833	1 050	1 174	2 222
СЕВ	7 888	3 013	863	572	1 080	2 465
С-КАВ	11 672	10 081	8 953	10 319	8 733	6 364
Ю-ВОС	7 549	6 224	4 082	1 252	1 073	952
ПРИВ	4 945	3 740	3 829	2 186	1 380	1 948
КБШ	25 011	15 070	13 474	13 197	8 077	9 436
СВЕРД	31 721	9 338	4 567	3 115	3 098	7 272
Ю-УР	20 066	3 867	2 121	1 523	1 547	1 907
З-СИБ	25 540	13 362	6 621	7 890	8 063	16 354
КРАС	8 451	4 045	2 914	3 703	3 528	9 797
В-СИБ	10 871	3 970	2 798	3 337	3 061	5 050
ЗАБ	2 687	1 415	719	595	1 325	3 058
ДВОСТ	14 131	11 077	4 521	5 335	5 361	9 762
СЕТЬ	214 946	106 739	64 485	58 622	58 667	91 749

Таблица Б2.9 – Снижение участковой скорости грузовых поездов из-за избыточного парка грузовых вагонов по дорогам сети в 2014 – 2019 гг., км/ч

Дороги	Год					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	1,56	0,36	0,02	0,02	0,82	5,48
КЛГ	0,00	0,00	0,00	0,14	0,41	0,03
МОСК	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ГОРЬК	0,24	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
СЕВ	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,30
С-КАВ	0,27	0,05	0,02	0,21	1,96	0,18
Ю-ВОС	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ПРИВ	0,03	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00
КБШ	1,12	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00
СВЕРД	1,49	0,05	0,02	0,00	0,04	0,14
Ю-УР	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
З-СИБ	3,79	0,59	0,69	0,87	1,00	6,61
КРАС	1,81	0,01	0,00	0,03	0,08	3,80
В-СИБ	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
ЗАБ	0,02	0,00	0,00	0,00	0,17	2,79
ДВОСТ	4,53	2,20	0,33	0,29	0,38	2,61
СЕТЬ	1,27	0,30	0,09	0,11	0,35	1,64

Таблица Б2.10 – Снижение производительности локомотива рабочего парка в грузовом движении из-за избыточного парка грузовых вагонов по дорогам сети в 2014 – 2019 гг., тыс. ткм брутто / сут

Дороги	Год					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	79,80	40,31	20,57	17,88	55,72	164,16
КЛГ	14,60	55,90	13,79	7,46	11,15	2,69
МОСК	23,30	13,36	7,20	11,74	17,88	16,65
ГОРЬК	44,50	23,97	11,19	10,24	20,47	15,06
СЕВ	17,90	11,53	6,52	6,76	11,20	22,40
С-КАВ	48,60	25,17	13,69	24,46	103,65	29,42
Ю-ВОС	14,80	8,61	3,43	5,08	10,32	10,32
ПРИВ	39,40	22,62	13,24	18,24	17,78	15,55
КБШ	100,80	47,08	39,27	23,27	24,02	34,77
СВЕРД	87,90	20,17	12,01	13,75	22,42	31,38
Ю-УР	137,20	21,86	14,59	18,01	16,87	19,48
З-СИБ	125,90	36,18	28,80	39,26	45,53	208,01
КРАС	61,90	21,05	12,41	14,41	12,45	95,51
В-СИБ	23,70	10,28	9,59	15,85	19,19	37,13
ЗАБ	45,50	29,13	27,83	32,14	40,85	521,08
ДВОСТ	158,80	97,07	22,98	27,01	30,01	119,42
СЕТЬ	70,20	30,81	16,79	18,97	30,10	73,23

Таблица Б2.11 – Увеличение оборота грузового вагона из-за избыточного парка грузовых вагонов по дорогам сети в 2014 – 2019 гг., сут

Дороги	Год					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	1,56	0,98	0,44	0,25	0,72	1,04
КЛГ	1,13	1,06	0,11	0,21	0,31	0,10
МОСК	0,64	0,57	0,14	0,10	0,11	0,11
ГОРЬК	1,37	0,93	0,17	0,09	0,10	0,20
СЕВ	0,70	0,57	0,08	0,05	0,09	0,21
С-КАВ	1,66	1,42	1,27	1,37	1,11	0,82
Ю-ВОС	0,88	0,75	0,50	0,15	0,12	0,11
ПРИВ	0,88	0,66	0,67	0,37	0,23	0,33
КБШ	2,68	1,71	1,56	1,37	0,80	0,93
СВЕРД	2,27	1,29	0,33	0,22	0,21	0,51
Ю-УР	1,49	0,71	0,17	0,11	0,11	0,14
З-СИБ	1,54	1,04	0,40	0,45	0,45	0,90
КРАС	1,06	0,59	0,34	0,42	0,38	1,02
В-СИБ	1,34	0,92	0,33	0,38	0,34	0,55
ЗАБ	0,44	0,24	0,11	0,09	0,19	0,42
ДВОСТ	1,96	1,52	0,61	0,70	0,69	1,21
СЕТЬ	3,45	2,22	1,11	0,97	0,95	1,50

Таблица Б2.12 – Увеличение прямых эксплуатационных расходов из-за избыточного парка грузовых вагонов по дорогам сети в 2014 – 2019 гг.

Дорога	На содержание локомотивов и бригад, расход топливно-энергетических ресурсов в связи с замедлением продвижения поездов, млн. руб.						На отстановку от движения грузовых поездов, млн. руб.					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	347,21	114,95	8,99	13,93	259,38	677,49	204,64	125,00	69,59	55,80	99,21	91,59
КЛГ	0,00	0,00	0,00	0,90	3,11	0,45	3,02	7,71	1,61	0,45	0,07	0,14
МОСК	11,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,36	39,79	16,89	25,41	39,35	37,84
ГОРЬК	79,59	33,77	0,00	0,00	0,00	2,38	84,79	35,63	20,74	17,58	33,43	29,04
СЕВ	10,89	2,35	0,00	0,00	9,66	92,73	80,26	48,76	27,36	27,32	44,68	53,22
С-КАВ	76,41	20,02	8,29	70,39	282,89	41,32	132,07	65,97	30,36	37,07	41,61	47,32
Ю-ВОС	24,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,86	19,37	8,42	11,21	23,99	23,24
ПРИВ	8,28	3,70	0,00	4,36	3,14	0,00	117,28	66,54	41,04	49,11	50,85	43,32
КБШ	197,47	20,91	4,40	0,00	0,00	0,00	135,74	67,05	55,74	30,45	31,55	41,49
СВЕРД	493,95	28,43	11,91	0,00	32,32	100,30	188,51	79,57	43,27	52,34	83,60	94,07
Ю-УР	326,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	84,20	33,13	17,47	18,98	18,93	20,22
З-СИБ	511,68	140,44	114,33	184,80	180,06	694,87	108,98	57,24	31,33	37,17	41,92	44,09
КРАС	154,18	1,50	0,61	5,19	9,30	259,67	91,84	69,28	33,48	34,82	28,15	35,88
В-СИБ	40,27	0,00	0,00	0,00	0,00	35,64	44,36	27,20	23,65	35,31	42,68	68,01
ЗАБ	18,53	1,56	2,57	0,00	83,68	613,30	96,04	72,04	61,14	63,99	46,98	56,25
ДВОСТ	710,05	444,41	100,21	108,37	127,10	601,51	157,86	99,63	59,53	86,19	85,16	89,76
СЕТЬ	3 011,137	812,04	251,31	387,94	990,64	3 119,64	1 653,797	913,91	541,61	583,19	712,17	775,48

Продолжение таблицы Б2.12

Дорога	На переработку грузовых вагонов, маневровую работу и простои на сортировочных станциях, млн. руб.						За счет роста количества вагонов нерабочего парка на инфраструктуре общего пользования, млн. руб.					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	52,17	22,66	0,84	1,94	26,01	35,44		42,35	9,31	10,18	64,21	584,92
КЛГ	0,00	0,00	0,00	0,24	0,60	0,05		0,01	0,01	0,24	0,92	0,42
МОСК	1,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,36	0,48	0,41	0,00	0,00
ГОРЬК	16,23	5,73	0,00	0,00	0,00	0,17		10,37	0,28	0,25	0,00	2,73
СЕВ	3,75	0,40	0,00	0,00	0,73	4,49		2,99	0,38	0,34	8,56	104,94
С-КАВ	26,46	6,01	1,90	16,36	26,74	6,12		6,33	5,12	24,04	65,27	46,87
Ю-ВОС	3,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,14	0,16	2,13	0,00	0,00
ПРИВ	3,40	0,69	0,00	0,38	0,42	0,00		0,11	0,19	2,37	2,89	0,00
КБШ	40,06	5,82	0,72	0,00	0,00	0,00		8,46	7,20	0,23	0,00	0,00
СВЕРД	53,57	4,48	1,23	0,00	2,91	11,68		20,28	9,77	0,36	20,38	92,83
Ю-УР	37,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,13	0,13	0,11	0,00	0,00
З-СИБ	48,36	20,35	11,65	16,62	16,56	37,42		60,82	88,15	107,21	92,25	793,53
КРАС	20,33	0,32	0,00	0,91	1,41	17,62		0,23	1,53	4,44	9,41	350,91
В-СИБ	12,38	0,00	0,00	0,00	0,00	2,87		0,32	0,44	0,35	0,00	59,06
ЗАБ	1,97	0,03	0,01	0,00	3,42	9,82		5,27	15,79	13,73	110,47	941,78
ДВОСТ	58,32	40,66	13,23	17,00	16,73	36,31		171,87	72,50	66,22	72,74	710,31
СЕТЬ	379,29	108,11	29,58	53,45	95,54	161,97		330,03	211,44	232,59	447,12	3 688,31

Продолжение таблицы Б2.12

Дорога	Увеличение предъявляемых к оплате штрафов за несвоевременную доставку порожних вагонов, млн. руб.						Снижение доходов ОАО «РЖД» от постановки неостребованного парка грузовых вагонов на оплачиваемый отстой, млн. руб.					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	193,81	65,69	40,13	23,85	114,63	85,91	437,22	161,18	29,30	17,47	36,22	52,83
КЛГ	3,06	0,00	0,00	0,06	11,13	0,01	0,46	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00
МОСК	184,05	72,05	59,96	41,12	243,55	133,76	270,77	147,91	15,54	8,22	17,45	24,34
ГОРЬК	118,51	18,86	26,33	46,22	73,96	71,14	488,91	224,43	37,48	13,43	20,29	55,71
СЕВ	95,96	38,29	27,00	25,02	99,51	82,53	207,55	133,40	10,51	3,21	12,34	32,76
С-КАВ	134,99	39,74	16,13	28,68	259,40	139,72	139,60	41,79	4,32	7,33	16,04	13,07
Ю-ВОС	90,23	19,33	28,54	30,29	147,75	70,39	115,86	126,26	18,01	2,15	7,16	18,99
ПРИВ	165,99	55,89	26,99	28,19	89,02	80,99	284,65	162,16	57,47	26,16	26,85	29,36
КБШ	491,76	178,49	62,84	84,95	124,64	98,90	504,18	174,62	29,11	6,59	14,89	27,13
СВЕРД	370,47	58,39	3,20	5,01	23,43	141,21	311,63	129,10	32,32	24,97	31,10	59,60
Ю-УР	119,44	16,36	9,08	5,78	67,22	52,00	418,67	142,11	26,25	6,90	13,52	28,70
З-СИБ	291,74	57,28	50,92	23,65	20,21	43,25	397,73	138,46	30,51	31,54	33,18	44,97
КРАС	1 008,512	46,63	16,66	25,51	58,89	84,26	251,20	128,55	18,36	19,59	21,61	36,47
В-СИБ	473,21	214,01	60,34	36,04	99,22	102,78	150,27	87,40	15,14	11,64	15,73	26,11
ЗАБ	69,00	16,76	2,08	6,68	21,87	8,54	175,29	98,18	18,91	13,19	11,76	24,61
ДВОСТ	36,48	45,64	39,94	21,04	94,37	45,80	217,10	87,62	13,08	22,71	23,95	34,84
СЕТЬ	3 847,20	943,41	470,12	432,07	1 549,48	1 241,19	4 371,06	1 983,86	356,31	215,10	302,10	509,49

Окончание таблицы Б2.12

Дороги	Общая величина расходов, млн. руб.					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ОКТ	1 235,045	531,83	158,17	123,16	599,67	1 528,17
КЛГ	6,53	8,40	1,62	1,89	15,83	1,06
МОСК	560,08	260,11	92,88	75,16	300,36	195,94
ГОРЬК	788,04	328,79	84,84	77,47	127,68	161,16
СЕВ	398,41	226,19	65,25	55,89	175,48	370,66
С-КАВ	509,52	179,85	66,12	183,87	691,96	294,42
Ю-ВОС	265,96	165,10	55,13	45,79	178,91	112,61
ПРИВ	579,60	289,08	125,68	110,56	173,18	153,68
КБШ	1 369,206	455,35	160,01	122,21	171,07	167,52
СВЕРД	1 418,131	320,25	101,69	82,68	193,74	499,67
Ю-УР	986,31	191,73	52,94	31,76	99,66	100,92
З-СИБ	1 358,487	474,59	326,88	401,00	384,18	1 658,12
КРАС	1 526,055	246,51	70,65	90,46	128,78	784,82
В-СИБ	720,49	328,94	99,57	83,34	157,63	294,46
ЗАБ	360,83	193,85	100,49	97,58	278,18	1 654,28
ДВОСТ	1 179,796	889,83	298,49	321,53	420,05	1 518,53
СЕТЬ	13 262,49	5 091,36	1 860,37	1 904,34	4 097,04	9 496,08