

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
РУТ (МИИТ)

На правах рукописи



Дмитриев Егор Олегович

**МЕТОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ВАРИАНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ**

2.9.4 - Управление процессами перевозок (технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
Бородин Андрей Федорович

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ.....	15
1.1 Отечественная практика организации эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети. История, современные и перспективные условия работы.....	15
1.2 Анализ теоретических исследований по вопросам организации эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети	22
1.3 Состояние теории и практики вопроса за рубежом	38
1.4 Пути разработки методики и алгоритмов расчетов по обоснованию вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети в условиях прогнозируемых ограничений пропускных и провозных способностей. Постановка задачи и структура исследования	42
1.5 Выводы по главе 1.....	46
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ВЗАИМОСВЯЗЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЕ ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ.....	47
2.1 Классификация и особенности условий эксплуатационной работы, при которых рациональна разработка вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети	47
2.2 Особенности технологии работы технических железнодорожных станций в рамках вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети	57
2.3 Особенности разработки типового модуля имитационного моделирования (сортировочная станция).....	60
2.4 Особенности разработки директивного плана технологических окон в рамках вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети	68

2.5 Выводы по главе 2.....	76
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ВАРИАНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ.....	78
3.1 Методические положения по прогнозированию транспортных потоков, инфраструктурных и перевозочных ресурсов, возможных затруднений в эксплуатационной работе на основе потоковой модели полигона железнодорожной сети.....	78
3.1.1 Основные положения	78
3.1.2 Методика работы полуавтоматического переключателя назначений	86
3.1.3 Определение размеров движения на участках с учётом месячной неравномерности	89
3.1.4 Методические положения расчёта рисков неосвоения объемов перевозок с учётом длительности ремонтно-путевых работ	91
3.2 Разработка вариантов эксплуатационной работы полигона.....	96
3.2.1 Параметры плана формирования грузовых поездов	96
3.2.2 Параметры директивного плана технологических окон	106
3.2.3 Параметры норм массы и длин грузовых поездов	108
3.2.4 Параметры технологии тягового обслуживания полигонов железнодорожной сети.....	110
3.2.5 Параметры технологии работы технических станций	114
3.3 Выводы по главе 3.....	119
4 ПРИМЕНЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТАННЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ ВАРИАНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ.....	121
4.1 Применение результатов в комплексных проектах развития железнодорожной инфраструктуры	121
4.2 Применение в мероприятиях по улучшению технологии работы и управления транспортными потоками на полигонах железнодорожной сети	131

4.2.1 Расчет числа ниток хозяйственных поездов для технически допустимого числа грузовых поездов по участкам	131
4.2.2 Расчет технически допустимого числа грузовых поездов по участкам	132
4.2.3 Расчеты в рамках сквозного производственного планирования в месячном разрезе.....	139
4.3 Применение в нормативно-методических документах ОАО «РЖД»	140
4.4 Применение в алгоритмах и программных средствах расчета параметров использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов ...	148
4.5 Выводы по главе 4.....	177
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	179
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	181
Приложение А. Неравномерность погрузки, пассажирского движения и продолжительности проведения ремонтно-строительных «окон»	210
Приложение Б. Среднесуточная продолжительность проведения окон на рассматриваемых направлениях.....	215
Приложение В. Задержки по неприему в имитационной модели на направлении Коноша II - Обская.....	227
Приложение Г. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ	235

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Организация эксплуатационной работы на сети ОАО «РЖД» базируется на основных технологических документах: плане формирования грузовых поездов и нормативном графике движения поездов. В течении годового периода в данные документы вносятся корректировки, исходя из текущей эксплуатационной обстановки, а также проводится построение вариантных графиков движения поездов (далее – ВГДП) с целью пропуска максимального количества поездов в условиях ограничений.

На ряде направлений ежегодно складываются предпосылки к сезонному изменению порядка работы полигона, отличающемуся от заложенного в нормативном варианте. Примерами таких ограничений являются: плановые ремонтно-путевые работы, проводимые по технологии длительного закрытия перегонов до нескольких суток и по классической технологии ремонтов в заявленные технологические «окна» этапно в течение нескольких суток. Сезонные ограничения также связаны с пиками перевозок грузов, а также пиками пассажирских перевозок.

Организация движения поездов при проведении ремонтно-путевой компании в настоящее время предусматривает разработку ВГДП, основанных на максимальном использовании пропускной способности ограничивающих элементов и увязке «окон» в створах сетевых направлений. Необходимо разработать методы планирования и организации работы полигона в условиях прогнозируемых затруднений, которые будут базироваться на принципе учёта всех элементов технологии организации эксплуатационной работы, позволяющем наиболее эффективно организовать работу и снизить влияние факторов с непрогнозируемым эффектом в условиях дефицита тех или иных ресурсов (инфраструктурных, перевозочных, тяговых и т.д.), именуемые в дальнейшем – вариантные технологические режимы полигонов железнодорожной сети.

Разработка вариантных технологических режимов позволит:
создать новый подход к разработке технологии организации эксплуатационной работы в условиях прогнозируемых ограничений;
повысить надежность перевозочного процесса в условиях ограничений;
сократить эксплуатационные расходы Холдинга ОАО «РЖД».

Степень разработанности темы исследования. Научно-методической базой настоящего исследования являются труды отечественных и зарубежных научных школ и коллективов в области эксплуатации железнодорожного транспорта, совершенствования технологии работы станций и узлов, технологии организации вагонопотоков, организации эксплуатационной работы железнодорожных направлений и полигонов, организации эксплуатационной работы полигонов в период ремонтно-путевой кампании, моделирования эксплуатационной работы железных дорог. Учеными, проводившими исследования по данной проблематике являются: доктора технических наук А.А. Аветикян, В.М. Акулиничев, А.Э. Александров, А.В. Анненков, В.И. Апатцев, Е.В. Архангельский, А.П. Батурин, С.А. Бессоненко, К.А. Бернгард, В.И. Бодюл, Н.Е. Боровой, А.Ф. Бородин, В.А. Буянов, И.И. Васильев, П.С. Грунтов, С.В. Дувалян, Ю.В. Дьяков, Д.В. Железнов, Н.Д. Иловайский, В.И. Ковалев, П.А. Козлов, В.С. Колокольников, В.А. Кудрявцев, А.В. Кутыркин, Ф.П. Кочнев, Д.Ю. Левин, А.М. Макарович, В.М. Николашин, В.И. Некрашевич, Л.В. Одинцов, О.В. Осокин, А.Т. Осьминин, А.П. Петров, А.И. Платонов, В.В. Повороженко, С.М. Резер, В.М. Сай, Е.А. Сотников, И.Б. Сотников, А.А.Смехов, Е.Н. Тимухина, К.К. Тихонов, Е.М. Тишкин, С.В. Трофимов, Л.П. Тулупов, Н.А. Тушин, А.К. Угрюмов, Н.И. Федотов, В.А. Шаров, В.Г. Шубко и другие ученые; доктора экономических наук А.П. Абрамов, С.А. Быкадоров, Н.Н. Громов, А.Н. Ефанов, П.В. Куренков, Б.М. Лapidус, Л.А. Мазо, Д.А. Мачерет, В.А. Персианов, Н.С. Усков; кандидаты технических наук В.К. Буянова, В.И. Васильева, В.Г. Винокуров, Ф.С. Гоманков, Г.А. Кутукова, А.Ю. Папахов, А.И. Попов, Дел Рио Б., С.Г. Стопичев, В.Г. Саенко, А.Д. Чернюгов и другие исследователи; кандидаты

экономических наук А.И. Купоров, А.А. Пугачева, П.Б. Маневич, И.В. Серяпова, Н.Г. Смехова.

В то же время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по разработке и применению вариантных технологических режимов работы в условиях длительных прогнозируемых ограничений пропускной и провозной способности полигонов железнодорожной сети.

Направлениями исследований являются планирование, организация и управление транспортными потоками; технология транспортных процессов, моделирование и совершенствование транспортных технологических процессов.

Предметом исследования являются методы обоснования вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети.

Целью исследования является разработка научно-методических решений по обоснованию вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети в условиях прогнозируемых ограничений пропускных и провозных способностей.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

исследование и определение особенностей технико-технологических параметров и взаимосвязей в эксплуатационной работе полигонов в рамках вариантных технологических режимов;

разработка методических положений по обоснованию параметров вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети;

практическая проверка и разработка принципов применения методических положений в рамках сквозного производственного планирования, текущей разработки технологии работы полигонов железнодорожной сети, а так же задач развития пропускных и провозных способностей на перспективу.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке новой научной идеи обоснования вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети, для чего:

разработаны методические положения по обоснованию параметров вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети с учётом экономической оценки вариантов, которые включают в себя совместное решение задач по разработке элементов технологии эксплуатационной работы (параметры директивного плана технологических окон, норм массы и длины грузовых поездов, направления и организации вагонопотоков, технологии тягового обслуживания и технологии работы технических станций), выбору эффективных вариантов среди рассматриваемых;

разработаны методические положения по прогнозированию распределения транспортных потоков, инфраструктурных и перевозочных ресурсов, возможных затруднений в эксплуатационной работе на основе потоковой модели полигона железнодорожной сети, которые отличаются от существующих методов применением гибридного имитационного комплекса;

разработаны методические положения технологии разработки типового имитационного модуля сортировочной станции и железнодорожных развязок и соединительных ветвей, позволяющие повысить эффективность разработки имитационной макромоделли.

Теоретическая и практическая значимость. Сформулированные в диссертации научные выводы, теоретические и практические результаты могут быть использованы в деятельности структурных подразделений железнодорожного транспорта. Гибридное имитационное моделирование процесса пропуска поездопотоков в условиях прогнозируемых ограничений пропускной и провозной способностей позволяет рассмотреть и сравнить между собой различные варианты организации перевозок в рассматриваемый период. Предлагаемые в диссертационном исследовании алгоритмы определения надёжности сортировочного комплекса; расчёта длины формируемых составов поездов; расчёта рисков неосвоения объемов перевозок с учётом длительности ремонтно-

путевых работ; расчёта технически допустимых размеров движения поездов в оконные сутки с учётом технологии работы хозяйственных поездов; надёжности расчётной технологии тягового обслуживания полигона позволяют детально оценить элементы планируемой технологии эксплуатационной работы. Установление данных параметров делает возможным определение экономических составляющих варианта организации работы для последующего выбора эффективного варианта.

Методы исследования, использованные в диссертации:

изучение и анализ отечественных и зарубежных научных разработок по вопросам по вопросам организации эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети;

статистические методы обработки данных;

структурно-функциональный анализ;

методы математического моделирования работы полигонов железнодорожной сети;

методы технико-экономического сопоставления вариантов.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

методика создания гибридного модельного комплекса, состоящего из двух подсистем, служащих для определения зависимостей расчётных величин и прогнозирование ресурсов по вариантам;

технология разработки типового имитационного модуля сортировочной станции и железнодорожных развязок и соединительных ветвей;

методические положения расчёта рисков неосвоения объемов перевозок с учётом длительности ремонтно-путевых работ;

методические положения расчёта надёжности варианта технологии тягового обслуживания полигона в условиях длительных ограничений с применением имитационных экспериментов, учитывающая структуру поездопотоков на полигоне и их влияние на пропуск поездов;

технология расчёта надёжности работы комплекса расформирования сортировочной станции с расчётом зависимостей с применением имитационных

экспериментов, где основной переменной величиной принят коэффициент занятости по времени путей парка приёма, который рассматривается в качестве регулирующего элемента системы;

методические положения расчёта технически допустимых размеров движения поездов на участках в оконные сутки с учётом технологии работы хозяйственных поездов, позволяющего повысить качество расчета количества снимаемых грузовых поездов ремонтно-строительными «окнами».

Реализация результатов работы. Результаты диссертационного исследования реализованы в научно-исследовательских работах:

переработка Инструктивных указаний по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» (утверждены распоряжением ОАО «РЖД» №2872/р от 29.12.2018 г.);

разработка Порядка применения экономической оценки для автоматизированного расчета плана формирования грузовых поездов (утвержден распоряжением ОАО «РЖД» №1825/р от 26.08.2020);

разработка разделов «Организации движения» предпроектной документации развития Восточного полигона, подходов к портам Северо-Западного бассейна и Северного широтного хода;

подготовка оценки возможных рисков неосвоения объемов перевозок грузов в рамках сценарного развития инфраструктуры и выполнения программы вывода инфраструктуры ОАО «РЖД» на нормативный уровень до 2030 и 2035 года;

разработка Технико-технологической модели управления перевозочным процессом в направлении портов Азово-Черноморского бассейна на перспективу до 2025 года (утверждена распоряжением ОАО «РЖД» №2235/р от 27.12.2019) и Технико-технологической модели управления перевозочным процессом в направлении портов Северо-Запада на перспективу до 2025 года (утверждена распоряжением ОАО «РЖД» №2238/р от 27.12.2019);

развитие автоматизированных систем Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС), Программное обеспечение технологии организации вагонопотоков (АСОВ) Подсистема

автоматизированного расчёта сетевого плана формирования грузовых поездов с учётом вариативности экономических параметров СПФ-2, АС ПРОГРЕСС в рамках реализации проекта Единой имитационной модели развития инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС. ЕИМ), АСОВ в рамках реализации проекта Единой имитационной модели развития инфраструктуры ОАО «РЖД» (АСОВ. ЕИМ).

Достоверность и обоснованность научных положений и выводов подтверждается тем, что для экспериментальных работ результаты получены с применением компьютерной имитационной и потоковой систем, соответствующих требованиям действующих методик ОАО «РЖД»; показана воспроизводимость результатов в условиях различных потоков и для различных вариантов технологии эксплуатационной работы; теория построена на известных, проверяемых данных и фактах, согласуется с опубликованными экспериментальными данными других авторов по рассматриваемой проблематике; идея базируется на анализе отечественной практики организации эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети; использованы сравнения авторских данных с данными, полученными ранее в работах, посвящённых разработке технологии эксплуатационной работы полигонов и проведения имитационных исследований железнодорожной инфраструктуры; использованы известные научные методы, современные методики сбора, обработки исходной информации, проверяемые данные транспортной статистики и информационных систем ОАО «РЖД».

Апробация работы. Результаты исследований, составляющих основное содержание работы, доложены на заседаниях кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), учёного совета акционерного общества «Институт экономики и развития транспорта» (АО «ИЭРТ»), а также на одиннадцати международных и всероссийских научно-практических конференциях:

Седьмой научно-практической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2018)», Россия, Москва, АО«НИИАС», 14 ноября 2018 г.;

II-й Национальной научно-практической конференции «Современные технологии управления транспортным комплексом России: инновации, эффективность, результативность», Россия, Москва, РУТ(МИИТ), 19 апреля 2019 г.;

12-й международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем» (MLSD' 2019), Россия, Москва, ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова, 1–3 октября 2019 г.;

Третьей международной научно-практической конференции «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2019)», Россия, Санкт-Петербург, 23-25 октября 2019 г.;

Восьмой научно-практической конференции «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019)», Россия, Москва, АО «НИИАС» 21 ноября 2019 г.;

V-й международной научно-практической онлайн-конференции «Транспортное планирование и моделирование», Россия, Москва, РУТ (МИИТ), 16-17 апреля 2020 г.;

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

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

I международная научно-практическая конференция «Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт», Россия, Щербинка, АО «ВНИИЖТ», 26-27 августа 2021 г.;

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

Всероссийской научно-практической конференции «Транспорт: логистика, строительство, эксплуатация, управление», Россия, Екатеринбург, ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет путей сообщения», 18 мая 2023 г.

Публикации. Материалы, отражающие основные положения диссертационной работы, изложены в 20 печатных работах [1-20] в том числе 6 в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ [1-6], 1 статья [19] – в периодических изданиях, индексируемых единой международной базой научных материалов Scopus, получено 5 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ [21-25].

Основные положения и результаты исследований самостоятельно получены автором. Статьи [8, 12, 13, 14, 18] подготовлены единолично.

Личный вклад автора диссертации в рамках публикаций [1-7, 9-11, 15-17, 19, 20] и программах для ЭВМ [21-25], подготовленных в соавторстве: классификация факторов эксплуатационных затруднений на станции и описание конкретных примеров затруднений, влияющих на норму простоя по станции [1], положения технологии местной работы в Московском железнодорожном узле, математические расчёты элементов технологии [2, 4], определение надёжности варианта тягового обслуживания [3], принципы расчёта количества ниток грузовых поездов в период проведения «окон», определение длины составов грузовых поездов по участкам [16, 17, 19, 21, 23, 24], критерии автоматизированного перерасчета и анализа ПФП, методика расчета областей включения [25], технология разработки типового имитационного модуля сортировочной станции, железнодорожных развязок и соединительных ветвей [9], технология расчёта надёжности работы комплекса расформирования с расчётом зависимостей с применением имитационных экспериментов [10, 20], методика разработки имитационной модели в увязке с другими базами данных для сравнения вариантов развития полигона [7], расчёт примеров применения методики на фактических данных для прогнозирования допустимых размеров выгрузки в портах [11],

методические принципы расчёта рисков неосвоения объемов перевозок с учётом длительности ремонтно-путевых работ [5, 6, 15].

1 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

1.1 Отечественная практика организации эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети. История, современные и перспективные условия работы

Прогнозируемые затруднения в работе полигонов железнодорожной сети возникают независимо от динамики изменения объемов перевозок грузов и пассажиров, их динамика в годовом разрезе носит периодический и долговременный характер, т.к. вызваны они внешними факторами, на которые железнодорожный транспорт оказывает малое влияние: благоприятные погодные условия, период сбора урожая, рост потребности потребителей в тех или иных промышленных товарах.

Оценить динамику изменения объемов перевозок можно, используя коэффициент месячной неравномерности:

$$k_{\text{нер}} = \frac{X_{\text{max}}}{X_{\text{ср}}} \quad (1.1)$$

где $k_{\text{нер}}$ – коэффициент неравномерности;

X_{max} – максимальное месячное значение измерителя;

$X_{\text{ср}}$ – среднегодовое значение измерителя.

К основным переменным, изменение которых носит сезонный характер, относятся: погрузка, размеры пассажирского движения и объемы проведения ремонтно-строительных работ. Среднегодовая неравномерность погрузки по всем номенклатурам грузов по сети ОАО «РЖД» составляет 1,1 (см. таблицу 1.1 и рисунок 1.1), в то время как отдельные грузы (цемент и зерно) имеют неравномерность, достигающую 1,3 и более за период с 2019 по 2022 годы по отдельным направлениям (см. рисунки 1.2 и 1.3). Для цемента основной прирост погрузки приходится на более тёплые месяцы года, а зерно наоборот в теплые

месяцы грузится значительно меньше, так как ведется выращивание и накопление запасов. Дополнительные диаграммы приведены в Приложении А.

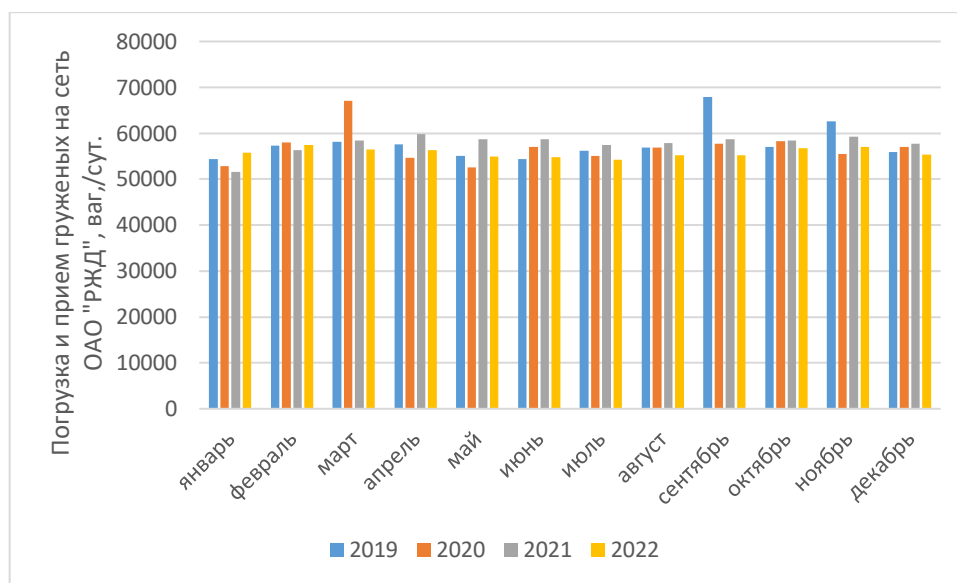


Рисунок 1.1 – Погрузка и прием грузевых вагонов на сеть ОАО «РЖД»

Таблица 1.1 – Коэффициенты внутригодовой неравномерности погрузки за 2019-2022 годы

Наименование груза	2019	2020	2021	2022	Среднее
Уголь	1,18	1,14	1,04	1,08	1,11
Кокс	1,16	1,16	1,08	1,23	1,16
Нефть и нефтепродукты	1,14	1,30	1,07	1,06	1,14
Руда железная и марганцевая	1,15	1,15	1,06	1,04	1,10
Руда цветная и серное сырье	1,22	1,18	1,06	1,10	1,14
Черные металлы	1,09	1,24	1,11	1,14	1,14
Химические и минеральные удобрения	1,15	1,18	1,05	1,10	1,12
Химикаты и сода	1,11	1,23	1,06	1,16	1,14
Строительные грузы	1,28	1,18	1,18	1,17	1,20
Промышленное сырье и формовочные материалы	1,29	1,15	1,13	1,15	1,18
Цемент	1,41	1,33	1,32	1,30	1,34
Зерно	1,33	1,34	1,24	1,35	1,31
Грузы в контейнерах	1,16	1,15	1,07	1,06	1,11
Прочие грузы	1,15	1,20	1,11	1,18	1,16
Сеть	1,17	1,18	1,04	1,03	1,10

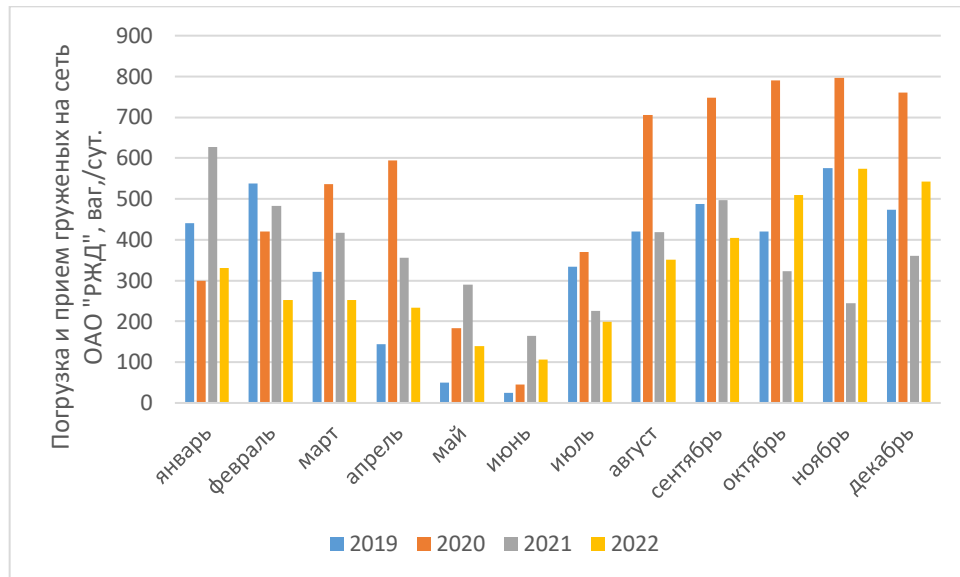


Рисунок 1.2 – Погрузка и прием груженых вагонов с зерном в направлении Северо-Кавказской ж.д.

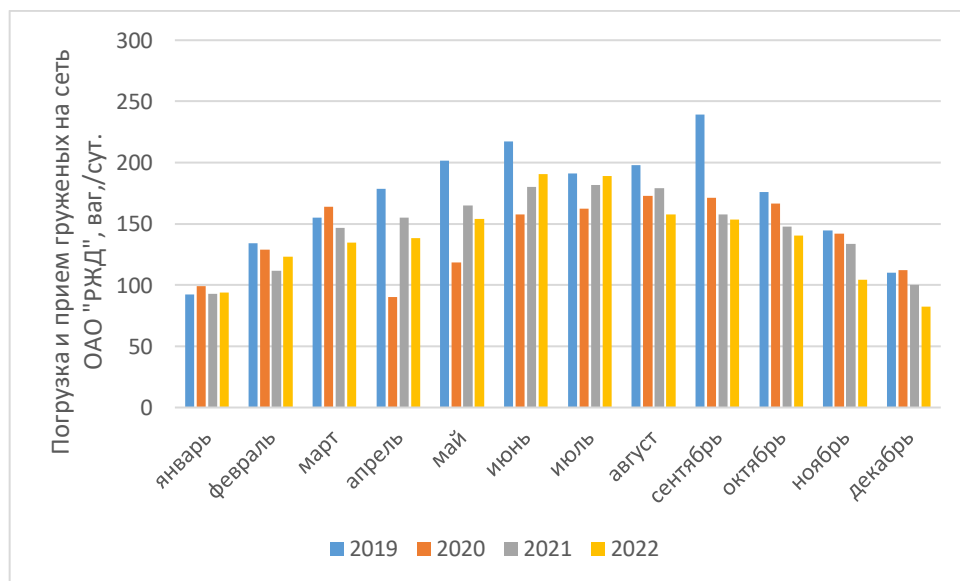


Рисунок 1.3 – Погрузка и прием груженых вагонов с цементом в направлении Московской ж.д.

Среднегодовая неравномерность пассажирского движения по сети ОАО «РЖД» составляет 1,3 (см. таблицу 1.2 и рисунок 1.4), по отдельным направлениям за период с 2014 по 2022 годы неравномерность приближалась к 2,0 (см. таблицу 1.2 и рисунки 1.5-1.6). Основными периодами всплесков пассажирских перевозок являются теплые месяцы с июня по сентябрь, которые в

некоторых случаях значительно ограничивают оставшуюся пропускную способность для грузового движения. Дополнительные диаграммы приведены в Приложении А.

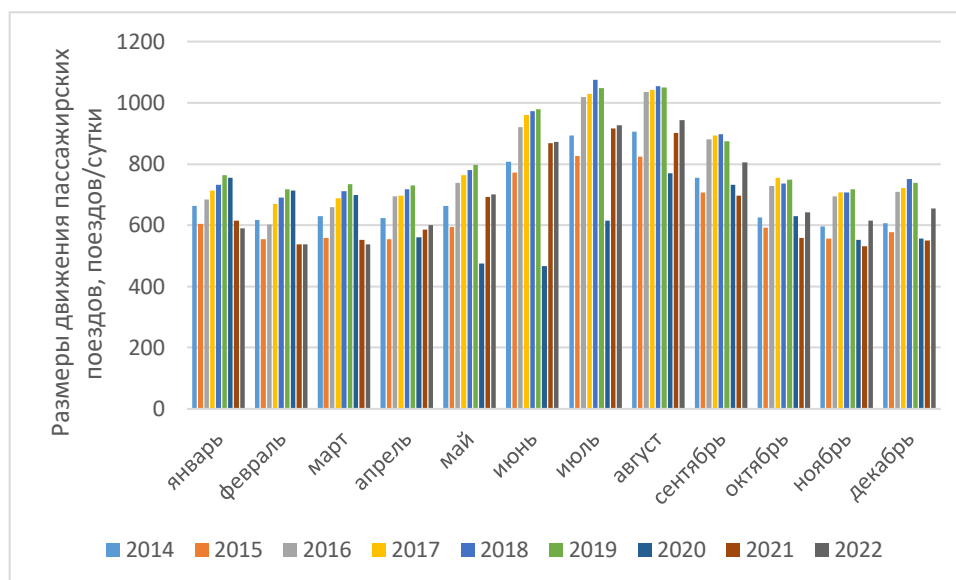


Рисунок 1.4 – Среднесуточные размеры движения пассажирских поездов на сети ОАО «РЖД»

Таблица 1.2 – Коэффициенты внутригодовой неравномерности пассажирских перевозок за 2014-2022 годы

Наименование участка	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее
Лихая – Батайск	2,06	1,92	1,96	1,93	1,90	1,84	1,89	1,87	1,73	1,90
Им.М.Горького – Тихорецкая	2,03	1,97	2,04	1,91	1,92	1,96	1,59	1,98	2,10	1,94
Арзамас II – Юдино	1,21	1,20	1,37	1,34	1,32	1,26	1,27	1,42	1,54	1,33
Сеть	1,30	1,29	1,33	1,30	1,31	1,27	1,23	1,37	1,34	1,30

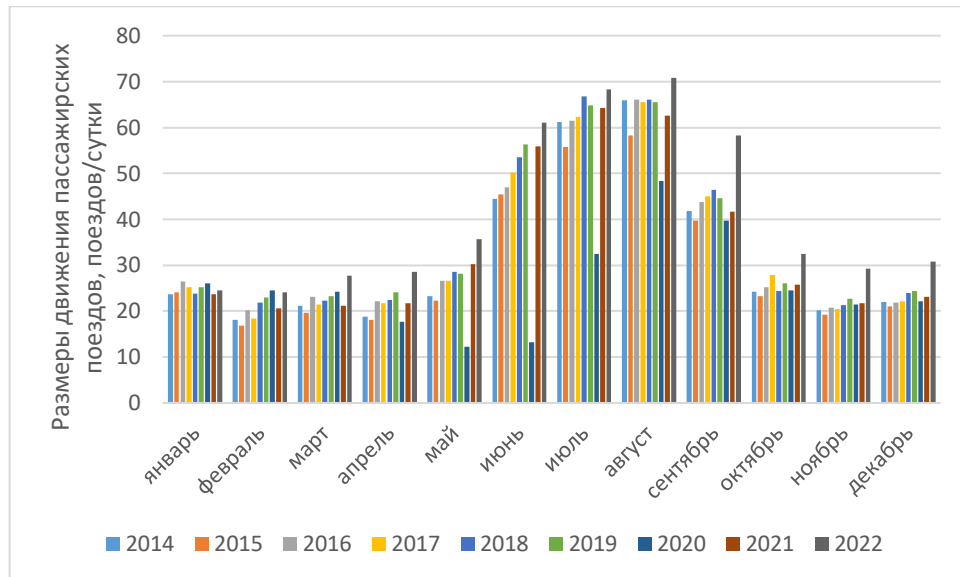


Рисунок 1.5 – Среднесуточные размеры движения пассажирских поездов на направлении Лихая – Батайск

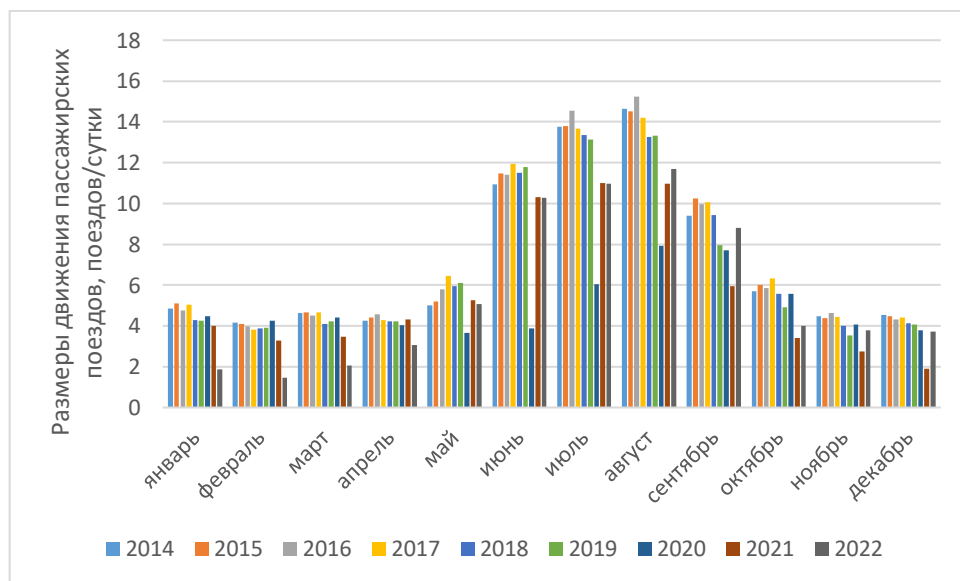


Рисунок 1.6 – Среднесуточные размеры движения пассажирских поездов на направлении Им.М.Горького – Тихорецкая

Среднегодовая неравномерность ремонтно-строительных работ по сети ОАО «РЖД» составляет 1,7 (см. таблицу 1.3 и рисунок 1.7), по основным грузонапряженным направлениям за период с 2017 по 2022 годы неравномерность приближалась к 2,5 (см. таблицу 1.3 и Приложение А). Значительный рост объемов ремонтов наблюдается с апреля по октябрь в связи с благоприятными погодными условиями.

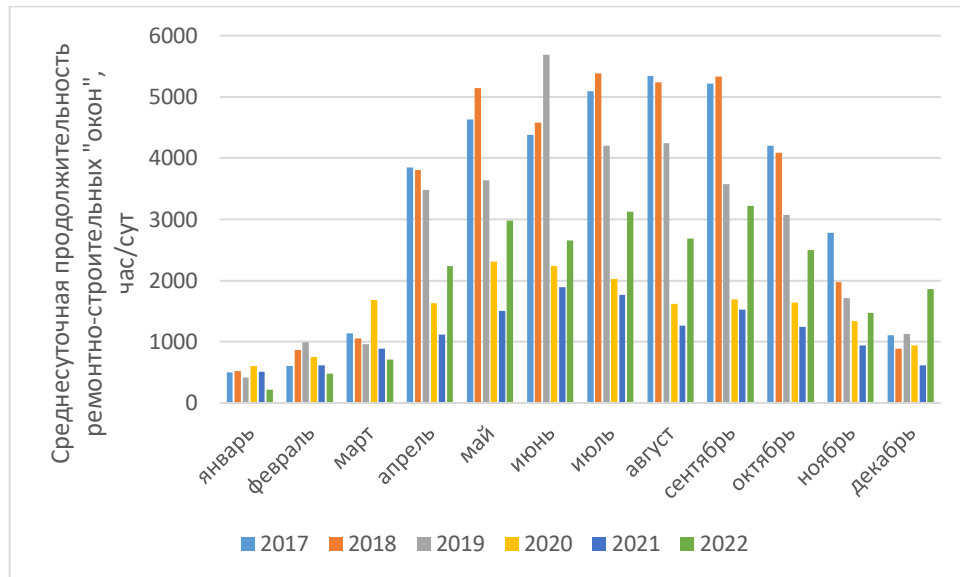


Рисунок 1.7 – Среднесуточная продолжительность ремонтно-строительных "окон" на сети ОАО «РЖД»

Таблица 1.3 – Коэффициенты внутригодовой неравномерности продолжительность ремонтно-строительных "окон" за 2017-2022 годы

Направление	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее
Инская – Мариинск – Юрты – Тайшет	2,17	2,12	2,39	2,49	3,36	1,62	2,36
Тайшет – Хани – Тында – Комсомольск-Сорт.	2,11	1,79	2,12	1,74	1,31	1,93	1,83
Тайшет – Петровский Завод – Архара – Хабаровск II	1,49	1,60	1,78	2,06	1,56	1,67	1,69
Чепца – Шарья – Кошта – Мга	2,84	2,94	2,34	1,87	2,39	2,56	2,49
Сызрань I – Громово – Котельниково – Краснодар-Сорт.	2,63	2,15	2,15	1,93	1,76	2,52	2,19
Сеть	1,65	1,66	2,06	1,50	1,64	1,60	1,69

На основе ранее описанных особенностей внутригодовой неравномерности погрузки, размеров пассажирского движения и объемов проведения ремонтно-строительных работ можно сделать вывод, что они зависят от различных факторов, имеют разную величину неравномерности и периоды всплесков/спадов. Так как все эти факторы, вызывающие затруднения, являются неотъемлемой частью работы железных дорог, то существует необходимость баланса перевозки грузов,

пассажиров, ремонта и строительства инфраструктуры, по которой производится перевозка.

Переход на полигонные и сквозные принципы управления является важным этапом в эксплуатационной работе ОАО «РЖД». Данные принципы в том числе нацелены на необходимость взаимоувязки параметров работы подразделений ОАО «РЖД» (рассматриваемых в данной диссертации): Центральной дирекции управления движением, Центра фирменного транспортного обслуживания, Департамента пассажирских перевозок, перевозчиков пассажиров, Центральной дирекции инфраструктуры и т.д.

Вопросам организации работы полигонов в настоящее время уделяется значительное внимание со стороны руководителей ОАО «РЖД», рассмотрены вопросы:

- Локомотивного комплекса [26, 27];
- Техничко-технологических моделей [28];
- Повышения производительности труда [29, 30];
- Диагностики инфраструктуры [31];
- Параметров эксплуатационной работы [32, 33];
- Методы управления эксплуатационной работой [34, 35, 36, 37, 38].

Сквозные принципы управления работой ОАО «РЖД», утвержденные в нормативных документах [39, 40] и реализуемые на практике подразделениями Компании и отраслевыми институтами, имеют важное значение в производственном планировании работы элементов, обеспечивающих перевозку грузов, пассажиров и проведение ремонтов инфраструктуры, о чем свидетельствуют публикации руководителей-производственников [41, 42, 43, 44].

Применение полигонных и сквозных принципов управления эксплуатационной работой, ориентированных на бесшовное взаимодействие между подразделениями ОАО «РЖД», отвечающими за отдельные элементы перевозочного процесса, делают необходимым разработку элементов технологии эксплуатационной работы, которые должны учитывать особенности смежных

элементов, а также прогнозируемую неравномерность пассажирских, грузовых перевозок и ремонтно-строительных работ. Разработка верхнеуровневых технологических режимов в условиях прогнозируемых ограничений может быть применена именно благодаря бесшовности в рамках полигонных и сквозных принципов.

1.2 Анализ теоретических исследований по вопросам организации эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети

Профессор И.И. Васильев в работе [45] писал: «научная организация перевозочного процесса должна быть планомерна и всеобъемлюща, так как в сложном процессе перевозок отдельные его элементы тесно связаны друг с другом и улучшение одного элемента без реорганизации смежных с ним и без установления организованного их взаимодействия дает скрипучий ход и срывы работы железнодорожного механизма». Данное высказывание наиболее точно характеризует понятие эксплуатационной работы железных дорог, которое включает в себя взаимоувязанную технологию [14], образованную:

- планом формирования грузовых поездов;
- графиком движения поездов;
- директивным планом технологических окон;
- нормами массы и длины грузовых поездов;
- технологией тягового обслуживания полигонов железнодорожной сети;
- технологией работы технических станций.

Взаимосвязанная проработка данных элементов технологии работы железнодорожной сети позволяет эффективно организовывать работу всех подразделений, направленную на выполнение договорных обязательств с клиентами железнодорожного транспорта, рациональное использование

имеющихся инфраструктурных и перевозочных ресурсов, а также плановое обслуживание инфраструктуры.

Высокий вклад в развитие вопросов совершенствования планирования, управления и организации перевозочного процесса на сети железных дорог внесли: доктора технических наук А.А. Аветикян, В.М. Акулиничев, А.Э. Александров, А.В. Анненков, В.И. Апатцев, Е.В. Архангельский, А.П. Батурин, С.А. Бессоненко, К.А. Бернгард, В.И. Бодюл, Н.Е. Боровой, А.Ф. Бородин, В.А. Буянов, И.И. Васильев, П.С. Грунтов, С.В. Дувалян, Ю.В. Дьяков, Д.В. Железнов, Н.Д. Иловайский, В.И. Ковалев, П.А. Козлов, В.С. Колокольников, В.А. Кудрявцев, А.В. Кутыркин, Ф.П. Кочнев, Д.Ю. Левин, А.М. Макарович, В.М. Николашин, В.И. Некрашевич, Л.В. Одинцов, О.В. Осокин, А.Т. Осьминин, А.П. Петров, А.И. Платонов, В.В. Повороженко, С.М. Резер, В.М. Сай, Е.А. Сотников, И.Б. Сотников, А.А.Смехов, Е.Н. Тимухина, К.К. Тихонов, Е.М. Тишкин, С.В. Трофимов, Л.П. Тулупов, Н.А. Тушин, А.К. Угрюмов, Н.И. Федотов, В.А. Шаров, В.Г. Шубко и другие ученые; доктора экономических наук А.П. Абрамов, С.А. Быкадоров, Н.Н. Громов, А.Н. Ефанов, П.В. Куренков, Б.М. Лapidус, Л.А. Мазо, Д.А. Мачерет, В.А. Персианов, Н.С. Усков; кандидаты технических наук В.К. Буянова, В.И. Васильева, В.Г. Винокуров, Ф.С. Гоманков, Г.А. Кутукова, А.Ю. Папахов, А.И. Попов, Дел Рио Б., С.Г. Стопичев, В.Г. Саенко, А.Д. Чернюгов и другие исследователи; кандидаты экономических наук А.И. Купоров, А.А. Пугачева, П.Б. Маневич, И.В. Серяпова, Н.Г. Смехова.

В последнее время было разработано и защищено значительное количество научных работ на соискание ученых степеней, направленных на совершенствование планирования, управления и организации грузовых перевозок и транспортного обслуживания.

Основные направления исследований по теме диссертации (см. таблицу 1.4) можно классифицировать по рассматриваемым вопросам на:

1) Станции и узлы:

- Емкость путевого развития;

- Надежность работы станций;
- Организация работы железнодорожных узлов;
- Пропускная и перерабатывающая способность станций;
- Размещение сортировочных станций;
- Взаимодействие транспортных систем.

2) Технология организации вагонопотоков:

- Неравномерность вагонопотоков;
- Организация вагонопотоков;
- Поездообразование;
- Расчет зависящих затрат на перевозки.

3) Организация эксплуатационной работы железнодорожных направлений и полигонов:

- Регулирование поездопотоков;
- Организация эксплуатационной работы железнодорожных направлений.

Таблица 1.4 – Тематика исследований по организации эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети

Авторы 1	Тематика 2
Станции и узлы	
Белоусов И.И., Комаров А.В. [46]	Взаимодействие транспортных систем
Аксенов В.И. [47]	Емкость путевого развития
Бахадиров Ф.В. [48]	
Лолуа Р.В. [49]	
Архангельский Е.В. [50, 51, 52, 53]	
Бородин А.Ф. [54, 55, 56, 57]	Надежность работы станций
Грунтов П.С., Захаров В.А. [58, 59]	
Козлов В.Е. [60]	
Персианов В.А. [61]	Организация работы железнодорожных узлов
Рахмангулов А.Н. [62]	
Тишкин Е.М. [63]	
Тулупов Л.П. [64]	
Апатцев В.И., Бородин А.Ф., Бородина Е.В. [65, 66]	
Апатцев В.И. [67]	

Продолжение таблицы 1.4

1	2
Акулиничев В.М., Кудрявцев В.А., Корешков А.Н. [68]	Пропускная и перерабатывающая способность станций
Буянов В.А. [69]	
Ветухов Е.А., Аветикян М.А. [70]	
Волков В.С. [71]	
Гринев А.А., Сотников Е.А., Буянов В.А. [72]	
Каплун Б.М. [73]	
Корешков А.Н. [74]	
Макарочкин А.М., Дьяков Ю.В. [75]	
Некрашевич В.И., Чернюгов А.Д., Родькина Т.Н. [76]	
Паристый И.Л., Стрельников В.Т. [77]	
Сотников Е.А. [78]	
Шаров В.А. [79]	
Быкадоров А.В. [80]	
Забелло М.Л. [81]	
Отпущенников В.И. [82]	
Щепанов С.Л. [83]	
Таль К.К. [84]	
Бородин А.Ф. [85, 86, 87, 88, 89]	
Ломакина Н.Н., Архангельский Е.В., Страковский И.И. [90]	
Бернгард К.А. [91, 92]	Размещение сортировочных станций
Бородин А.Ф. [93, 94, 95]	
Технология организации вагонопотоков	
Барков Н.Н. [96]	Неравномерность вагонопотоков
Некрашевич В.И. [97]	
Угрюмов А.К. [98]	
Левин Д.Ю. [99]	Организация вагонопотоков
Акулиничев В.М. [100]	
Бейтлих Ш. [101]	
Дувалян С.В., Гарслян А.Е. [102]	
Сотников Е.А., Левин Д.Ю., Кутыркин А.В., Васильев В.И. [103, 104]	
Соколов П.С. [105]	
Осьминин А.Т., Грошев Г.М., Никифорова О.А. [106]	
Ульяницкий Е.М., Складов В.Н. [107]	
Батурин А.П., Бородин А.Ф., Панин В.В. [108, 109]	
Бородин А.Ф., Куценко Н.Н. [110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119]	
Буянова В.К., Сметанин А.И., Архангельский Е.В. [120]	
Ковалев В.И., Осьминин А.Т. [121, 122]	
Ковалев В.И. [123]	
Козлов П.А., Мишарин А.С. [124]	
Панин В.В. [125]	
Харитонов А.В. [126]	

Продолжение таблицы 1.4

1	2
Клюванек П., Брандалик Ф. [127]	Поездообразование
Персианов В.А. [128]	
Иловайский Н.Д. [129]	
Бородин А.Ф. [87, 130]	Расчет зависящих затрат на перевозки
Организации эксплуатационной работы железнодорожных направлений и полигонов	
Аветикян А.А. [131]	Организация эксплуатационной работы железнодорожных направлений
Бейтлих Ш. [101]	
Волков В.А., Левин Д.Ю., Лерман В.Д. [132]	
Климанов В.С. [133]	
Некрашевич В.И., Бородин А.Ф. [97, 134]	
Ребец В.И., Иванов Г.Р. [135]	
Сотников Е.А. [136]	
Тихонов К.К. [137]	
Чернюгов А.Д. [138]	
Барткус А.Г. [139]	
Кочнев Ф.П., Масимович Б.М., Сотников И.Б. [140]	
Апатцев В.И., Бородин А.Ф., Бородина Е.В., Васин М.Ф. [65, 56, 141]	
Бодюл В.И., Шаров В.А., Жаброва О.А. [142]	
Гершвальд А. С. [143]	
Ежи Жук [144]	
Ибрагимов У.Н. [145]	
Пешков А.М. [146]	
Поплавский А.А., Лизунов А.И. [147]	
Тулупов Л.П. [148]	
Шапкин И.Н., Щелоков А.И. [149]	
Шаров В.А. [150]	
Климанов В.С. [133]	Регулирование поездопотоков

Если анализировать выполненные работы, то большинство из них нацелено на разработку методов обоснования нормативной технологии с прогнозируемыми среднесуточными объёмами работы и направлениями следования вагонопотоков. Вопросы комплексной разработки технологии эксплуатационной работы полигонов, как системы с взаимосвязанными и влияющими друг на друга элементами, на текущий момент в основном находятся на уровне обобщенной постановки проблематики. Прогнозируемые длительные ограничения в работе полигонов, вызывающие изменение нормативной технологии, не рассмотрены в достаточной мере.

К основным методам, используемым при исследованиях, относятся:

- 1) Аналитический детерминированный;

- 2) Аналитический вероятностный;
- 3) Графоаналитический;
- 4) Имитационное моделирование.

Многие исследования построены на применении указанных методов в комбинированном виде.

В последнее время наибольшее распространение получило имитационное моделирование при исследовании взаимозависимостей процессов организации эксплуатационной работы полигонов. В первую очередь это стало возможно из-за достижения достаточного уровня развития вычислительной техники и простоте проведения имитационных экспериментов при условии наличия среды разработки имитационной модели.

В работе [151] Осьмининым А.Т. рассмотрены этапы развития системы управления перевозочным процессом и предпосылки к воплощению полигонной модели управления. Выделены направления и регионы сети ОАО «РЖД» со значительным междорожным обменом грузо- и поездопотоками. Рассмотрены методические подходы к определению числа полигонов, количество которых определяется на уровне 5-7 единиц. Математическая модель основана эвристических методах, реализованных к.ф.-м.н. А.Н. Баушевым. С помощью диаграммы Вороного рассчитаны варианты деления сети на полигоны, эффективными признаны схемы с 5 и 6 полигонами. Сделан вывод, что окончательное решение должно приниматься в увязке с заинтересованными подразделениями ОАО «РЖД».

Имитационное моделирование работы систем разной сложности с вариативными способами управления их работой в последнее время наиболее часто используется при выявлении зависимостей и выработке решений по развитию железнодорожной и инфраструктуры и оценке методов эффективного управления ей по критерию, который считается основным в рамках решаемой проблемы.

В [152] Тимухиной Е.Н. разработан метод оценки технологических потерь от сбоев и влияния на работоспособность станции с использованием имитационного моделирования. Предложено определять «технологический ущерб от выхода из

строю того или иного устройства в зависимости от его расположения в структуре системы, числа и характера структурных связей, особенностей использования его в технологическом процессе. В общем случае функциональные потери можно представить в виде:

– в операции:

$$f_j = \alpha \Delta n_j + \beta \cdot \Delta \tau_j + \gamma \cdot \Delta t_j, \quad (1.2)$$

где Δn_j – уменьшение числа вариантов выполнения j -й операции; $\Delta \tau_j$ – увеличение времени выполнения j -й операции; Δt_j – увеличение величины задержек в j -й операции, α, β, γ – весовые коэффициенты;

– в k -м процессе:

$$F_k = \sum_{j \in J_k} (\alpha \Delta n_j + \beta \cdot \Delta \tau_j + \gamma \cdot \Delta t_j) \quad (1.3)$$

где J_k – множество операций в k -м процессе;

– в системе:

$$F = \sum_{j \in J} (\alpha \Delta n_j + \beta \cdot \Delta \tau_j + \gamma \cdot \Delta t_j) \quad (1.4)$$

где J – множество операций в системе».

В [153] Слободянюк И.Е. предлагает принцип функционального описания структуры и рассматривает теоретические основы формирования и работы данной модели, приводит результаты экспериментальной проверки на имитационных моделях (макромодели и микромодели) функциональной значимости показателя «число параллельных передвижений» для различных конфигураций горловин. Выдвигаются принципы определения функциональной ёмкости и параметров парков с применением функционального подхода. Данные принципы имеют особый практический интерес при разработке макромоделей. В [154, 155] Колокольников В.С. описывает базовую структуру и функциональность автоматизированной систем построения имитационных моделей для детальных

структурно-технических исследований железнодорожных станций. Предлагаемая автором методическая основа автоматизированных структурно-технологически исследований включает этапность моделирования, диагностику «узких мест», способы оптимизации технологии.

План формирования грузовых поездов в современных условиях влияния большого количества критериев на эффективность перевозок должен быть разработан с учетом вариативности экономических и логистических критериев, сроков доставки грузов, дифференциации вагонного парка по собственникам и типам внутри одного рода подвижного состава, а также опережающего роста предъявляемых объемов груза к перевозке над перевозочными мощностями [116].

Современные производственные системы в части транспорта требуют смены основного критерия эффективности работы. На первое место выходят логистические принципы, когда надежность перевозки и сроки доставки противопоставляются технологии работы, делающей упор на выполнение плановых показателей. Новый подход в работе линейных предприятий железнодорожного транспорта приводит к потребности разработки новых методов работы полигонов (единых технологических процессов), а также технологии их содержания и ремонта [117].

В работе [117] поднимается вопрос необходимости перехода от работы по заранее подготовленным, разработанным на основе усредненной ретроспективы, нормативам для структурных подразделений сети к управлению на логистических принципах, где основная задача – доставка вагонов в установленный срок в пункт назначения. Данный подход требует разработки новых методов к разработке и организации работы полигонов действия единых технологий, так же их текущей эксплуатации и содержанию.

В [156, 157] на основе [109, 125] предложена методика расчёта плана формирования одногруппных грузовых поездов для сети железных дорог ОАО «РЖД», целевой функцией которой является минимизация суммарных стоимостных оценок варианта расчетного плана формирования:

$$|(E_{i+1}^* + \Delta E_i) - E_1^*| > \varepsilon \quad (1.5)$$

где E_1^* – затраты по варианту ПФП, полученному на предыдущем тапе расчета, руб.;

$E_{i+1}^* + \Delta E_i$ – затраты по следующему варианту ПФП, руб.;

ε – некоторая заданная величина, руб.

Наличие научно обоснованной методики в современных условиях развития вычислительных средств требует скорейшего её автоматизации для апробации и устранения проблем не учёта влияющих факторов. В [158] Козлов П.А. предлагает разработку на основе общей информационной среды технологии скоординированного способа работы терминалов в портах, припортовых станций и подходов к ним. Данный порядок уместно применять и в решении задач взаимодействия структурных подразделений и полигонов. Автор предлагает динамическую потоковую модель («Динамическая транспортная задача с задержками» (ДТЗЗ), которая эволюционировала в «Метод динамического согласования» (МДС)) как метод решения задачи.

Большое значение в организации эксплуатационной работы полигонов имеют ремонтно-строительные окна, проводимые во время летней ремонтно-путевой кампании. Данная проблематика рассмотрена работах [161-180]. Основные вопросы и методы исследований приведены в таблице 1.5.

Вопрос разработки вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети поднимается А.Ф. Бородиным и Р.Ф. Сайбаталовым в работах [57, 159]. Данный метод планирования и организации работы полигона в условиях прогнозируемых затруднений базируется на принципе учёта всех элементов технологии организации эксплуатационной работы, позволяющем наиболее эффективно организовать работу и снизить потребность в саморегулировании, что является опасным в условиях дефицита тех или иных ресурсов (инфраструктурных, перевозочных, тяговых и т.д.).

Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС) в настоящее время является важным инструментом,

Таблица 1.5 – Вопросы и методы исследований на тему ремонтно-строительных окон, проводимых во время летней ремонтно-путевой кампании

Авторы	Рассматриваемые вопросы	Методы	Выводы
1	2	3	4
Альбрехт В.Г. [161], Мельник А.П. [162], Климов М.Ф. [163], Дьяков Ю.В. [164]	Задержки поездов из-за ограничений, вызванных проведением «окон»	Аппроксимация	Расширение зоны возникновения потерь возникать из-за комплексного влияния факторов
Богачёв А.И. [165]	Задержки поездов из-за ограничений, вызванных проведением «окон»	Аппроксимация	Двухстороннее движение эффективно при продолжительности «окна» более 2,5 часов
Альбрехт В.Г. [161]	Определение рациональной продолжительности «окон»	Аппроксимация	Разработан вариант расчета продолжительности «окна»
Антонов Ю.А. [166]	Определение рациональной продолжительности «окон» с учетом экономических факторов	Аппроксимация	Разработаны зависимости
Дьяков Ю.В. [164, 167]	Влияние длительных «окон» на производительность ПМС и расходы, связанные с задержками поездов по неприему и затруднениям в работе станций. Определение зависимости между длинами приемоотправочных путей и длин фронта ремонта	Аппроксимация	Длительные закрытия перегонов для проведения «окна» требуют научно обоснованной технологии работ

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4
Ангелейко В.И. [168], Клауз П.Л. и Крюков Г.Н. [169]	Определение рациональной продолжительности «окон»	Аппроксимация	Разработаны зависимости
Кондаков Н.П., Шульга В.Я., Лященко В.Н [170]	Определение рациональной продолжительности «окон»	Аппроксимация	Необходимо более полно рассматривать потери, возникающие из-за снижения участковой и технической скорости
Ангелейко В.И. [168]	Затраты по эксплуатации машин и механизмов	Аппроксимация	Рассмотрена только часть затрат
Кондаков Н.П., Шульга В.Я., Лященко В.Н [170]	Классификация затрат ПМС при определении продолжительности «окна»	Аппроксимация	Все категории затрат необходимо применять при определении продолжительности
Быкадоров С.А., Иванчина О.В. [171]	Использование приведенных затрат ПМС при расчете потерь в «окно»	Аппроксимация	Предложено заменить текущие приведенными затратами
Оплетин В.А. и Кишка В.В. [172],	Влияние вида ремонта, конфигурации ПМС, технологии, эксплуатационных условий на продолжительность «окна»	Аппроксимация	Расширение перечня влияющих факторов на продолжительность «окна»
Корженевская Е.Ю. [173], Юрлупов Н. [174]	Определение продолжительности «окна» на грузонапряженных линиях	Аппроксимация	Рациональная продолжительность 4-6 часов

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4
Коваленко Н.И., Атякин Д.И., Коваленко Н.А, Трукунов А.Г. [175], Ушенин Е. [176]	Влияние сокращения продолжительности «окна» на выработку ПМС и число «окон»	Аппроксимация	Уменьшение продолжительности снижает потери в поездной работе, увеличивает затраты ПМС и число «окон»
Вуйтович М. [177]	Определение рациональной продолжительности «окон» для конкретного вида ремонта (капитальный)	Аппроксимация, Проективно- прагматический	Продолжительность «окон» 8 часов
Кархова И.Ю. [178], Яхимович В.В. [179, 180]	Опыт суточного закрытия перегонов	Проективно- прагматический	Неоднозначная эффективность данной продолжительности

позволяющим посредством сетевой потовой модели прогнозировать на расчётные периоды величины загрузок элементов инфраструктуры (станций и участков), потребно количество тяговых ресурсов. Модель учитывает плановые ремонтно-строительные работы, является одним из источников для нормирования эксплуатационной работы на месяц. Работы таких выдающихся ученых как К.А. Бернгард, А.Д. Каретников, Н.А. Воробьев, Е.А. Сотников, В.И. Некрашевич, Е.М. Тишкин, В.И. Бодюл и А.Д. Чернюгов стали методической основой для разработки АС ПРОГРЕСС [160].

Имитационное моделирование работы станций достигло значительных успехов как в теоретическом, так и практическом плане в рамках разработки системы ИСТРА [181, 182], в которой применяется структурный подход к моделированию (т.е. учёта всех элементов путевого развития).

Дальнейшим развитием метода имитационного моделирования стала система создания укрупнённых моделей узлов и полигонов железных дорог [183, 184] ИМЕТРА. В основе работы данной системы лежит функциональный подход к описанию железнодорожной инфраструктуры. Предпосылкой для перехода от структурного подхода к функциональному стала нехватка вычислительных мощностей при подробном описании технологии работы полигонов вплоть до каждой стрелки. Кроме того, создание подробных моделей больших полигонов или узлов представляет собой слишком трудоемкую задачу. Решением данной проблемы стал переход к макро моделированию. При таком подходе основным параметром горловины стало число возможных параллельных передвижений. Группа стрелок, обеспечивающая независимое передвижение называется «виртуальным каналом». При выполнении технологических операций занимается один или несколько виртуальных каналов и тем самым укрупненно учитывается пропускная способность горловин. Также система позволяет учитывать влияние технологических «окон», неравномерности поездопотоков.

В настоящее время, распоряжением [185] утверждена Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций с использованием аппарата математического моделирования. Среди существующих методов

рационально использовать имитационное моделирование. Современные средства предоставляют возможность моделировать эксплуатационную работу станции и прилегающих к ней участков; конфигурировать полигон в зависимости от требуемых условий. Наиболее совершенные решения в данной области представлены в виде разработанных имитационных систем ИСТРА и ИМЕТРА [181, 182, 183]. Принципы функционального подхода к моделированию, которые были рассмотрены и защищены в диссертации к.т.н. Слободянюк И.Г. [153], реализованы в системе ИМЕТРА [10].

Получение значений расчётных параметров систем высокой сложности (станция, участок или полигон), где взаимодействие элементов связано множеством функций ряда переменных, которые возникают при взаимосвязи проходящих потоков и структуры сети, с помощью аналитических методов получить затруднительно [186]. Поэтому основным инструментом решения подобных задач становится использование имитационных систем моделирования. Вопрос приоритетности применения аналитического и имитационного методов при решении эксплуатационных задач изучен в работе [187], где как более перспективный подход, сочетающий в себе преимущества аналитических и имитационных моделей и нивелирующий их недостатки, рассмотрен комбинированный метод расчёта. В работе [188] рассмотрены уравнения перехода управляемой системы от исходного состояния к результирующему (планируемому) состоянию в разные периоды развития эксплуатационной науки и информационных систем, где к наиболее эффективным методам отнесены расчеты на имитационной модели полигона и оптимизационные расчеты. Вместе с тем, необходимость ввода значительного количества исходной информации и обработки значительного объёма выходных данных инженером-технологом требует повышения эффективности этого процесса, и поэтому разработка принципов построения гибридных математических моделей, облегчающих работу с имитационными системами, актуальна [8].

Основными элементами, для которых выполняются расчёты пропускной способности, являются станции и перегоны, образующие железнодорожный

участок. Железнодорожные участки можно представить как совокупность отдельных пунктов с путевым развитием, соединённых между собой перегонами, где на одной линии они расположены последовательно.

Получение значений расчётных параметров пропускной способности выполняется аналитическими методами [189, 190]. В данных методиках условия надёжности устройств, неравномерность поездопотоков и диспетчерского управления, а также средства СЦБ и связи на перегонах, периодичность проведения технологических «окон» для различных видов ремонта и текущего содержания инфраструктуры задаются эмпирически полученными коэффициентами и средними значениями искомых величин. Правдин Н.В., Негрей В.Я. и Подкопаев В.А. в [191] освещают вопросы расчёта пропускной способности железных дорог с учётом колебания межпоездных интервалов, описываемых нормальным законом распределения случайной величины. В работе [59] Грунтовым П.С. рассматривается вопрос структурного резервирования для обеспечения работоспособности системы как важный элемент технологии в условиях реконструкции, развития и ремонта основных элементов.

Пропускная способность определяется аналитически с нахождением ограничивающего элемента. Однако для сложных систем, в которых взаимодействие элементов связано множеством функций ряда переменных, которые возникают при взаимосвязи проходящих потоков и структуры, с помощью аналитических методов затруднительно получить адекватные показатели их функционирования [186]. Поэтому неотъемлемым инструментом решения подобных задач становится использование систем имитационного моделирования, которые определяют уровень использования пропускной способности, реализуемый в определенном окружении ограничивающего элемента и определенной потоковой структуре [18].

В общем виде железнодорожный узел представляет собой детерминированно-стохастическую транспортную систему, в которой протекают немарковские процессы [192, 193, 194]. Описание подобных структур с приемлемым уровнем точности возможно с помощью применения имитационных

систем моделирования. Данный вопрос подробно рассмотрен в [195], где исследуются модели, в которых узлы сети интерпретируются как совокупность систем массового обслуживания, взаимно связанные многочисленными условиями в целом, подчинённое общей стратегии деятельности.

Одну из первых моделей для железнодорожного транспорта предложили профессора В.А. Персианов и Н.С. Усков в 70-х годах прошлого века. Строились узкоспециализированные модели, где структура системы и технология были зафиксированы в алгоритмах, был опыт применения стандартных алгоритмических языков.

За последние годы в данном направлении проведена значительная работа - вышел ряд трудов, подробно описывающих математический аппарат и программное исполнение по решению задач моделирования транспортных процессов на железнодорожном транспорте. В результате созданы современные решения поставленных задач, а именно имитационная система ИМЕТРА. В основе её работы лежит функциональный подход к описанию железнодорожной инфраструктуры. Парки станций представляют собой «бункер», обладающий заданной ёмкостью, а горловины описываются числом возможных параллельных передвижений (виртуальных каналов). При этом бункер, кроме «накопления» заявок на обслуживание, выполняет регулирующую (управление) и служебно-техническую (обработка) функцию, что требуется согласно [187].

Данная система применялась при проведении моделирования протяжённого полигона Кузбасс-Узел – Усть-Луга (~2300 км), где определялась очередность развития железнодорожных станций на направлении для обеспечения пропуска поездов длиной 100 условных вагонов в нечетном направлении при прогнозируемых потоках на расчётные годы. Определив элементы системы с наибольшими задержками при условии безусловного приёма всех поездов по стыкам полигона, выявлена рациональная очередность развития станций для увеличенного числа тяжеловесных поездов [196, 9].

Вопрос имитационного макро моделирования крупных железнодорожных узлов был исследован в работе [197], где изложено описание принципов работы

горловин, парков станций и технологических процессов в транспортных узлах в терминах функционального подхода. На основе имитационных экспериментов авторами получен вывод, что функциональная емкость (q) парка всегда меньше физической емкости (Q):

$$q = \alpha Q \quad (1.6)$$

где α – коэффициент соотношения.

Коэффициент α зависит от назначения парка и принятой технологии, а также от пропускной способности горловины:

$$\alpha = f(k_1, k_2, k_3) \quad (1.7)$$

При этом:

$$k_1 = \frac{m}{n} \quad (1.8)$$

где m – средняя величина состава;

n – средняя вместимость путей;

$$k_2 = \frac{N_c}{N_n} \quad (1.9)$$

где N_c – число направлений формирования;

N_n – число путей в парке;

k_3 – число параллельных передвижений в горловине.

1.3 Состояние теории и практики вопроса за рубежом

Анализируя зарубежную литературу по вопросам проведения плановых ремонтов, работы участков в условиях ограничений и методов моделирования работы полигонов, можно выделить три основных аспекта:

Основным методом, рекомендуемым авторами к разработке технологии работы, является имитационное моделирование, которое лежит в основе методики UIC 406 [198];

Данные методы базируются на моделировании вариантов перспективного графика движения поездов и распределении потоков поездов по параллельным ходам;

Разработка технологии отводится «планировщикам поездов», которые используют в принятии решений интуитивные (экспертные) элементы.

Авторы [199] в рамках своего исследования разрабатывают инструмент принятия решений, который может быть использован железнодорожными «планировщиками поездов» (инженеры-технологи) для разработки суточных планов работы, чтобы лучше оперировать ограниченной пропускной способностью участков. Однако, данное исследование сосредоточено только на построении путей следования поездопотоков и графиков движения поездов для средних и крупных железнодорожных полигонов без разработки методов управления продвижением поездопотоков.

Особое внимание стоит обратить на работу [200], в которой структурируются в том числе проблемы планирования технологии работы полигонов при проведении плановых ремонтов, которые первоначально классифицируются на стратегические (34% рассмотренных 58-и публикаций), тактические (46%) и оперативные (20%). Из этого авторы выделяют несколько проблемных областей в планировании технического обслуживания железнодорожной инфраструктуры, где может быть применима методология исследования операций, таких как разработка технологии проведения работ, определение размеров и локализации ресурсов, перепланирование, планирование проекта и использование путей. Другими аспектами и подходами, которые привлекли мало внимания, являются надежность, сценарное планирование и оперативный контроль в режиме реального времени.

Статья [201] посвящена следующему аспекту: планирование деятельности и составление ГДП в железнодорожной отрасли Европы и Великобритании, которые всё больше полагаются на использование развивающихся компьютерных методов моделирования за последние 25 лет. Все чаще использование вычислительного интеллекта в таких задачах находит все более широкое отражение в научных

публикациях. В этой статье рассматривается ряд общих железнодорожных мероприятий планирования и составления ГДП, и как они выиграют от пяти широких технологических подходов: автономные системы (вплоть до исключения участия человека), интеллектуальный анализ данных, программная инженерия (процесс построения систем переходит из искусства (экспертных методов) в инженерную дисциплину), экспертные системы и системы поддержки принятия решений и семантическая технология. Представлены сводные таблицы документов, касающихся деятельности по планированию и составлению графиков железнодорожных перевозок и использования экспертных систем и систем принятия решений в железнодорожной отрасли.

В работе [202] рассматривается метод пропускной способности UIC 406 [198], используемый для строящихся железнодорожных линий, и предложена оптимизационная модель для определения величины использования пропускной способности железной дороги с использованием линейной дискретной временной сети. Данный метод рассматривает инфраструктуру, размеры движения и параметры технологии сети в совокупности. Предложенная модель не нуждается в подробном расписании для расчета пропускной способности. Кроме того, вторым важным результатом предлагаемой модели является сжатый график. Для демонстрации применения предложенной модели рассматривается строящийся маршрут Сиахчешме-Анзали (Иран). Данный метод применим при разработке вариантного технологического режима работы полигона сети, где значительно меняются условия работы относительно нормальной технологии работы.

Статья [203] акцентирует внимание на стыковке ГДП с различными параметрами работы участка, аналогом вариантного технологического режима, т.е. переходе из одного состояния в другое. Численные эксперименты показывают, что основанная на графе формулировка полигона способна решать все реальные случаи до оптимальности в течение разумного вычислительного времени. С другой стороны, алгоритм CRG не может решить в течение разумного вычислительного времени из-за проблем сходимости разных режимов работы. Оба метода решения

способны генерировать целочисленные осуществимые решения, но формулировка на основе графа перевешивает не только качество решения, но и сокращает время расчёта. По сути, эти два подхода могут рассматриваться как конкуренты или, по крайней мере, альтернативы друг другу, в то время как в литературе больше внимания уделяется формулировке на основе путей (структурный или функциональный метод), основное преимущество которого – масштабируемость.

Надежность выполнения графика движения поездов является показателем того, насколько качественное расписание позволяет справляться с неожиданными сбоями, которые обычно происходят на ежедневной основе. Расписание может иметь такую характеристику, что задержки поездов приведут к значительным побочным эффектам, в то время как другая конфигурация расписания может быть способна более легко абсорбировать такие последствия. В данной работе представлены основные параметры, которые могут быть непосредственно связаны с надежностью. Авторы делят методы определения надёжности на аналитический и эмпирический (имитационное моделирование), при том последний метод является основой для корректировок аналитических формул.

Авторы в работе [204] рассматривают вопрос работы комплексных бригад по техническому обслуживанию и ремонту инфраструктуры, которые позволяют снизить эксплуатационные и капитальные затраты на содержание и ремонт. Кроме того, поскольку задача планирования технического обслуживания представляет собой сложную задачу оптимизации и для большого числа случаев требуется больше времени для решения задачи оптимальности, авторы считают, что необходимо разработать некоторые методы аппроксимации, которые все же дают решения, близкие к оптимальным (подробным).

1.4 Пути разработки методики и алгоритмов расчетов по обоснованию вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети в условиях прогнозируемых ограничений пропускных и провозных способностей. Постановка задачи и структура исследования

Для достижения цели исследования, которая указана во введении диссертации, требуется решить следующие задачи:

разработать классификацию и особенности условий эксплуатационной работы, при которых рациональна разработка вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети;

разработать методические положения по обоснованию параметров вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети;

разработать методические положения по прогнозированию распределения транспортных потоков, инфраструктурных и перевозочных ресурсов, возможных затруднений в эксплуатационной работе на основе потоковой модели полигона железнодорожной сети.

В ходе решения поставленных задач будут решены следующие подзадачи:

разработка методики создания гибридного модельного комплекса, состоящего из двух подсистем, служащих для определения зависимостей расчётных величин и прогнозирования ресурсов по вариантам;

разработка технологии разработки типового имитационного модуля сортировочной станции и железнодорожных развязок и соединительных ветвей;

разработка методических принципов расчёта рисков неосвоения объемов перевозок с учётом длительности ремонтно-путевых работ;

разработка методических положений расчёта надёжности варианта технологии тягового обслуживания полигона в условиях длительных ограничений с применением имитационных экспериментов, учитывающая структуру поездопотоков на полигоне и их влияние на пропуск поездов;

разработка технологии расчёта надёжности работы комплекса расформирования с расчётом зависимостей с применением имитационных экспериментов, где основной переменной величиной принят коэффициент занятости по времени путей парка приёма, который рассматривается в качестве регулирующего элемента системы;

разработка методических положений расчёта технически допустимых размеров движения поездов в оконные сутки с учётом технологии работы хозяйственных поездов;

разработка принципов определения длины составов поездов формируемых назначений на участках в потоковой модели.

Формализованное описание постановки задачи исследования приведено на рисунке 1.8. В конкретной постановке указанные на рисунке 1.8 переменные выступают либо как управляемые переменные в многокритериальной задаче, либо как система ограничений в однокритериальной задаче [205].

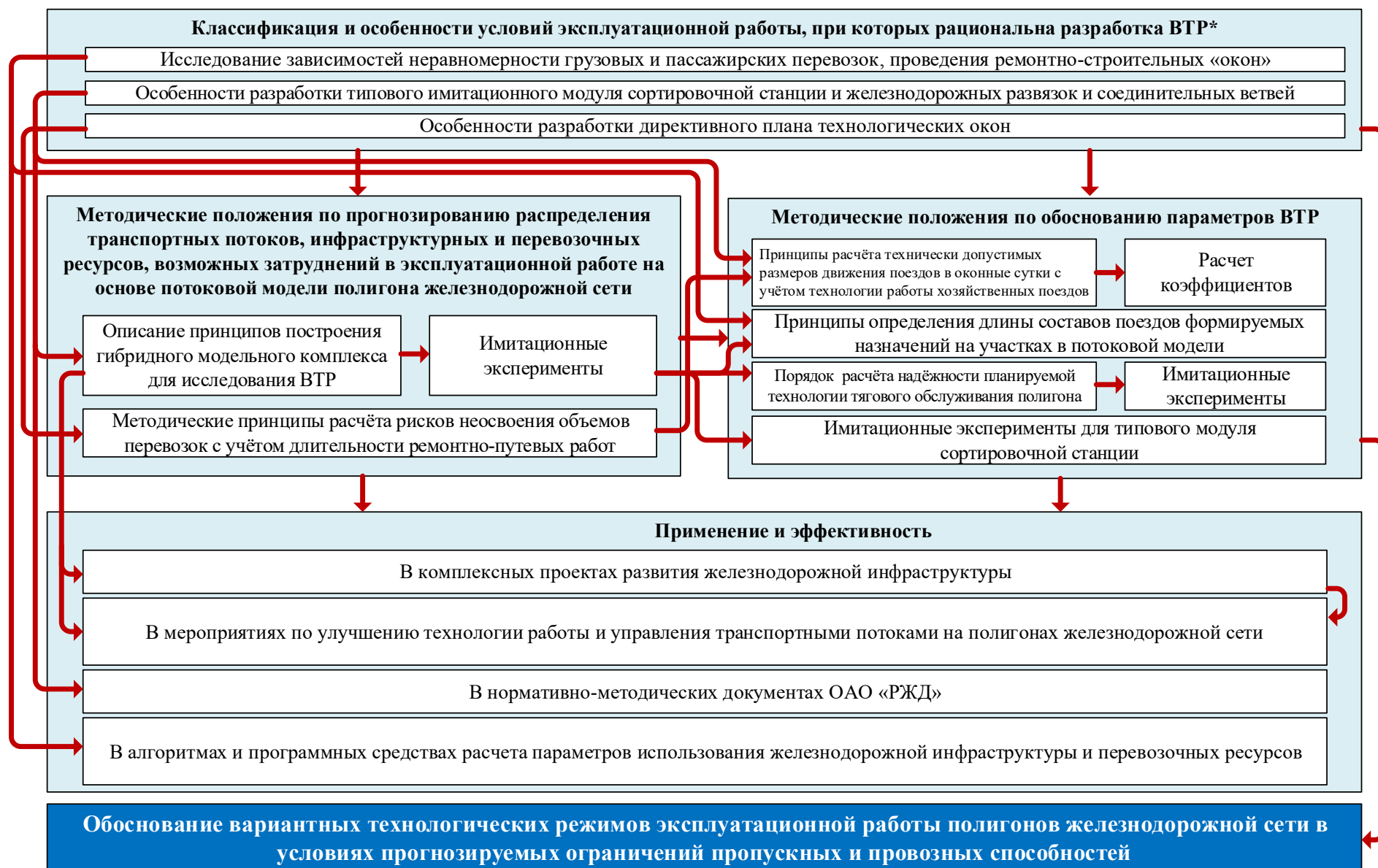
В данном диссертационном исследовании надлежит:

- 1) выбрать методы исследования рассматриваемых величин;
- 2) разработать методику определения их численных значений;
- 3) разработать технологию их взаимоувязки в едином процессе обоснования эффективных параметров эксплуатационной работы.

С учётом данных положений структурная схема исследования представлена на рисунке 1.9.



Рисунок 1.8 – Формализованное описание постановки задачи исследования



* ВТР - вариантные технологические режимы работы полигонов железнодорожной сети

Рисунок 1.9 – Структурная схема диссертационного исследования

1.5 Выводы по главе 1

1. Выполнен анализ переменных в эксплуатационной работе, изменение которых носит сезонный характер: погрузка, размеры пассажирского движения и объемы проведения ремонтно-строительных работ. По этим трем измерителям неравномерность колеблется от 1,3 до 2,0. Все эти факторы вызывающие затруднения, и одновременно являются неотъемлемой частью работы железных дорог, в связи с этим существует необходимость баланса перевозки грузов, пассажиров, ремонта и строительства инфраструктуры, то есть разработки вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети. Практика перехода на полигонные и сквозные принципы управления делает вариантные технологические режимы не только необходимыми, но и реализуемыми.

2. К основным методам, используемым при исследованиях вопросов организации эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети, относятся: аналитический детерминированный, аналитический вероятностный, графоаналитический, имитационное моделирование. Многие исследования построены на применении указанных методов в комбинированном виде.

3. За рубежом планирование эксплуатационной работы в основном проводится с использованием имитационного моделирования.

4. Формализованное описание структуры задач исследования включает в себя вариантный технологический режим работы, характеризующийся периодом действия и параметрами эксплуатационной работы, выступающими либо как управляемые переменные в многокритериальной задаче, либо как система ограничений в однокритериальной задаче.

5. В данном диссертационном исследовании надлежит:

- а) выбрать методы исследования рассматриваемых величин;
- б) разработать методику определения их численных значений;
- в) разработать технологию их взаимоувязки в едином процессе обоснования эффективных параметров эксплуатационной работы.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ВЗАИМОСВЯЗЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЕ ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

2.1 Классификация и особенности условий эксплуатационной работы, при которых рациональна разработка вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети

Вариантный технологический режим эксплуатационной работы полигона железнодорожной сети (далее – ВТР) разрабатывается в условиях действия прогнозируемых ограничений в работе полигонов железнодорожной сети. В разделе 1.1 и приложении А приведены результаты расчета внутригодовой неравномерности объемов погрузки, пассажирских поездов и проведения ремонтно-строительных «окон», как основных исходных данных для разработки технологии эксплуатационной работы. Выявлено, что по этим трем измерителям неравномерность колеблется от 1,3 до 2,0 и связана с технологией проведения ремонтно-строительных окон (преимущественно в теплое время года), пиками пассажирских перевозок (преимущественно в теплое время года) и пиками погрузки (связаны с технологическим процессом производства и потребления грузов, зависящими от сезона, в который груз востребован). На основных направлениях железнодорожной сети, где пропускные способности заполнены на уровне 95-100% подобные колебания приводят к возникновению значительных затруднений в продвижении вагонопотоков и как следствие росту эксплуатационных расходов. В этой связи к особенностям условий эксплуатационной работы, при которых рациональна разработка вариантных технологических режимов, стоит отнести сезонные и технологические изменения в эксплуатационной работе.

На основе вышеуказанного анализа причин и величины внутригодовой неравномерности предлагается классифицировать условия (см. рисунок 2.1), при

которых возможно рассмотрение разработки вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети по следующим критериям:

- Причины ограничений;
- Условие эксплуатационной работы;
- Продолжительность действия.

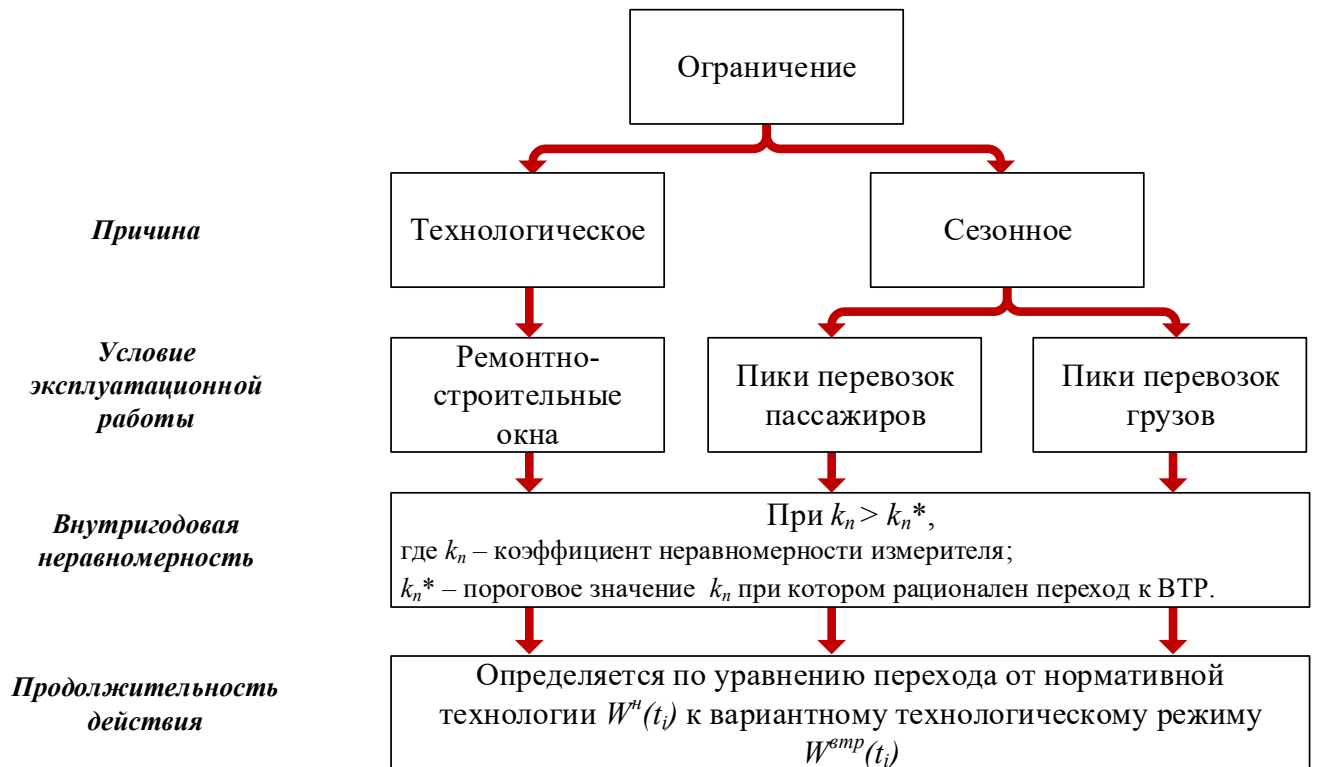


Рисунок 2.1 – Классификация и особенности условий эксплуатационной работы, при которых рациональна разработка вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети

В качестве условий перехода от нормативной технологии эксплуатационной работы ($W^H(t_i)$) к другому (вариантному) технологическому режиму ($W^{\text{emp}}(t_i)$) предлагаются следующие неравенства:

$$W(t_i) = \begin{cases} W^H(t_i), & \text{если } \begin{cases} P^H \geq P_i \\ E^H \leq E_i^{\text{втр}} + E_i^{\text{пер на втр}} \end{cases} \\ W^{\text{втр}}(t_i) \end{cases}, \quad (2.1)$$

где P^H – ресурсы сети по нормативной технологии;

P_i – требуемые ресурсы для варианта потоков;

E^H – затраты на работу по нормативной технологии;

E_i^{BTP} – затраты на работу по вариантному технологическому режиму;

$E_i^{\text{пер на втр}}$ – затраты на переход к вариантному технологическому режиму.

Ресурсы по нормативной технологии включают в себя:

$$P^H = P_{\text{ст}}^H \left(st_1 \dots st_x(k_{\text{назн}}^H, N_{\text{пер}}^H, N_{\text{тр}}^H) \right) + P_{\text{пер}}^H \left(p_1 \dots p_x(n_{\text{ГДП}}) \right) + P_{\text{лок}}^H \left(urlb_1 \dots urlb_x(k_{\text{п}}, M) \right), \quad (2.2)$$

где $P_{\text{ст}}^H \left(st_1 \dots st_x(k_{\text{назн}}^H, N_{\text{пер}}^H, N_{\text{тр}}^H) \right)$ – нормативные ресурсы по станциям $st_1 \dots st_x$, включающие в себя допустимое число формируемых назначений ($k_{\text{назн}}^H$), технически допустимые размеры переработки вагонов ($N_{\text{пер}}^H$) и обработки транзитных вагонов без переработки ($N_{\text{тр}}^H$);

$P_{\text{пер}}^H \left(p_1 \dots p_x(n_{\text{ГДП}}) \right)$ – нормативные ресурсы по перегонам $p_1 \dots p_x$, включающие графические размеры движения грузовых поездов ($n_{\text{ГДП}}$);

$P_{\text{лок}}^H \left(urlb_1 \dots urlb_x(k_{\text{п}}, M) \right)$ – нормативные ресурсы по участкам работы локомотивных бригад $urlb_1 \dots urlb_x$, включающие в себя коэффициент потребности локомотивов ($k_{\text{п}}$) и рассчитываемый на его основе парк грузовых локомотивов (M).

Требуемые ресурсы для варианта потоков, определяемые в ходе моделирования, включают в себя:

$$P_i = P_{\text{ст}}^H \left(st_1 \dots st_x(k_{\text{назн}}, N_{\text{пер}}, N_{\text{тр}}) \right) + P_{\text{пер}}^H \left(p_1 \dots p_x(n_{\text{ГДП}}) \right) + P_{\text{лок}}^H \left(urlb_1 \dots urlb_x(k_{\text{п}}, M) \right), \quad (2.3)$$

где $P_{\text{ст}}^H \left(st_1 \dots st_x(k_{\text{назн}}, N_{\text{пер}}, N_{\text{тр}}) \right)$ – требуемые ресурсы по станциям $st_1 \dots st_x$, включающие в себя расчётные число формируемых назначений ($k_{\text{назн}}$), расчётные размеры переработки вагонов ($N_{\text{пер}}$) и обработки транзитных вагонов без переработки ($N_{\text{тр}}$);

$P_{\text{пер}}^{\text{H}}(p_1 \dots p_x(n_{\text{ГДП}}))$ – требуемые ресурсы по перегонам $p_1 \dots p_x$, включающие расчётные размеры движения грузовых поездов ($n_{\text{ГДП}}$);

$P_{\text{лок}}^{\text{H}}(urlb_1 \dots urlb_x(k_{\text{п}}, M))$ – требуемые ресурсы по участкам работы локомотивных бригад $urlb_1 \dots urlb_x$, включающие в себя расчётный коэффициент потребности локомотивов ($k_{\text{п}}$) и рассчитываемый на его основе парк грузовых локомотивов (M).

Затраты на работу по нормативной технологии или вариантному технологическому режиму, а также переходу к вариантному технологическому режиму (передислокация локомотивов, локомотивных бригад и другого персонала и т.д.), включают в себя:

$$E^{\text{H}}(E_i^{\text{ВТР}}, E_i^{\text{пер на ВТР}}) = \sum_x^{st=1} (N_{\text{пер}} e_{\text{пер}} + N_{\text{тр}} e_{\text{тр}} + n_3 e_3) + \sum_x^{uch=1} \left(n_{\text{гр}} \frac{L_{\text{уч}}}{v_{\text{уч}}} e_{\text{п-ч}} + n_{\text{гр}} n_{\text{ост}} e_{\text{ост}} + n_{\text{рез}} \frac{L_{\text{уч}}}{v_{\text{уч}}} e_{\text{л-ч рез}} \right), \quad (2.4)$$

где st и uch – технические станции и участки, соответственно;

$N_{\text{пер}}, N_{\text{тр}}$ – число вагонов, преследующих станцию, с переработкой и без неё, вагонов/сутки;

n_3 – число задерживаемых поездов на подходе, поездов/сутки;

$e_{\text{пер}}, e_{\text{тр}}$ – удельные затраты на переработку одного вагона, прибывающего в разборочных и транзитных поездах, руб./вагон;

$e_{\text{ост}}$ – укрупненная расходная ставка остановки грузового поезда без учета времени стоянки, руб./поезд;

$n_{\text{гр}}, n_{\text{рез}}$ – число грузовых поездов и локомотивов резервом, поездов/сутки;

$L_{\text{уч}}$ – длина участка, км;

$v_{\text{уч}}$ – участковая скорость, км/час;

$n_{\text{ост}}$ – среднее число остановок поездов на участке, остановок/поезд;

$e_{\text{п-ч}}$ – укрупненная расходная ставка поезд-часа в грузовом движении, руб./поездо-час;

$e_{л-ч\text{рез}}$ – укрупненная расходная ставка локомотиво-часа одиночного следования локомотива, руб./локомотиво-час.

Исходными данными для разработки вариантного технологического режима являются: директивный план-график проведения технологических окон, календарь обращения пассажирских поездов и «шахматка погрузки» на планируемый период.

В рамках разработки вариантного технологического режима определяются параметры следующих управляемых переменных: плана формирования грузовых поездов; графика движения поездов; норм массы и длины грузовых поездов; технологии тягового обслуживания полигонов железнодорожной сети; технологии работы технических станций [14].

Вариантный технологический режим разрабатывается для структурных единиц и технологических объединений:

А) Станция (техническая);

Б) Железнодорожный узел, включающий несколько станций, расположенных вокруг основной технической;

В) Участок;

Г) Полигон, включающий несколько участков и параллельных ходов.

ВТР для железнодорожных узлов должен включать варианты организации пропуска поездов и технологии местной работы с учетом:

- среднесуточной неравномерности поездо- и вагонообразования;
- проведения ремонтно-строительных окон на прилегающих участках.

С учетом данных факторов определяются поэлементные величины транзитного вагоно- и поездопотока. В результате могут быть выявлены риски превышения перерабатывающей и пропускной способности по решающей технической станции в узле (выполняющей основной объем сортировочной работы), превышения технически допустимой величины поездопотоков, поступающих в узел (заложенных и развязанных по станциям в узле). Т.е. в результате необходимо определить величину резервов в узле (обеспечение нитками, путями, локомотивами и бригадами) для разгрузки дефицитных станций

или участков в узле. Посредством имитационного моделирования становится возможным определение элементов технологии, где возникнут сбои из-за изменения потоков в узле.

ВТР для участка должен включать несколько вариантов организации поездной и местной работы в зависимости от:

- свободной ёмкости путей;
- изменения поездопотока (снижение или прирост за пределами плановых значений);
- изменение местного вагонопотока (с/на грузовые станции), связанное с неравномерностью или текущим и планируемым объёмом работы;
- действующего плана формирования и вариантов его изменения.

Определяется, как изменение пропускной способности участка повлияет на прилегающие технические и грузовые станции. Оценивается риск снижения перерабатывающей способности станций участка с выработкой мер по повышению транзитности вагонопотока на дефицитных станциях.

ВТР для полигона, включающего несколько участков, включает порядок пропуска поездопотоков, дифференцированных по категориям, количеству, массе, длине в условиях изменения возможности пропуска и переработки потоков на отдельных участках и решающих станциях в связи с проведением ремонтно-строительных окон и других факторов, при которых разрабатывается ВТР. Данные факторы приводят к изменению размеров движения, снижению надёжности работы станций и участков, вызванными корректировкой ПФ грузовых поездов. Основной вопрос, на который необходимо найти ответ при разработке ВТР – возможность пропуска потоков по рассматриваемой технологии. Разработка ВТР не заканчивается на поиске резервов и перераспределении потоков, после данного предложения оценивается надёжность элементов системы и места возникновения затруднений, чтобы не вызвать этими затруднениями переполнение и парализацию системы в целом.

Данные режимы должны формироваться как технологический процесс, быть оформлены для конкретных условий или быть определены зависимости для станций и участков, рассмотрение на уровне полигона выполняется с использованием сетевой потоковой модели и разработанных имитационными экспериментами зависимостей.

На более крупном уровне системы есть показатели структурных единиц, по которым можно судить о перерабатывающей способности станций, пропускной способности участков. Прогнозирование взаимодействия структурных единиц с накладкой потоков выполняется моделированием, чтобы предиктивно определить места возникновения затруднений и их влияние на систему в целом.

Особую роль в данной задаче имеет вариантный ГДП, который является основой технологии пропуска обезличенного поездопотока. В процессе проведения моделирования определяется возможность увязки по техническим станциям локомотивов и бригад. ВГДП должен учитывать решение экономических и эксплуатационных задач по пропуску и переработке потоков.

Систематизация причин возникновения затруднений (плановые ремонты, пики перевозок пассажиров или определённых грузов, совокупность местных условий и факторов) даёт возможность определить, какие укрупнённые процессы технологии предстоит моделировать:

А) плановые ремонты:

- а) Расхождение темпов поступления вагонопотоков и инфраструктурных и перевозочных ресурсов в период ремонтов и строительства.
- б) Негативное взаимное влияние не увязанных «окон» на разных участках.
- в) Вариантный ГДП:
 - проверка достаточности количества ниток вариантного ГДП;
 - проверка достаточности тяговых ресурсов.

Б) пики перевозок пассажиров или определённых грузов:

- а) увязка в летнем и зимнем НГДП;
- б) перераспределение сортировочной работы между техническими станциями;
- в) Перераспределение потоков грузовых поездов между параллельными ходами;
- г) при росте погрузки определённых грузов в конкретные периоды необходимо планирование подвода порожних вагонов к местам погрузки, увеличение числа ниток для вывоза грузов, изменение весовых или норм длины для вывоза грузов;
- д) решение этих вопросов, кроме технологических приёмов, должно иметь экономическое подтверждение принятых решений.

В) совокупность местных условий и факторов:

- а) зависит от уровня рассматриваемой системы (станция, узел, участок или полигон).

Для проведения моделирования требуется учитывать местные условия работы, чтобы структурировать их по источнику влияния на внутренние и внешние (из системы более высокого уровня) (рисунок 2.2) [1].

Предлагаются технологические решения, проводится их ТЭО и сравнение. После выбора более выгодных решений моделирование работы системы проводится с применением эффективных технологических решений.

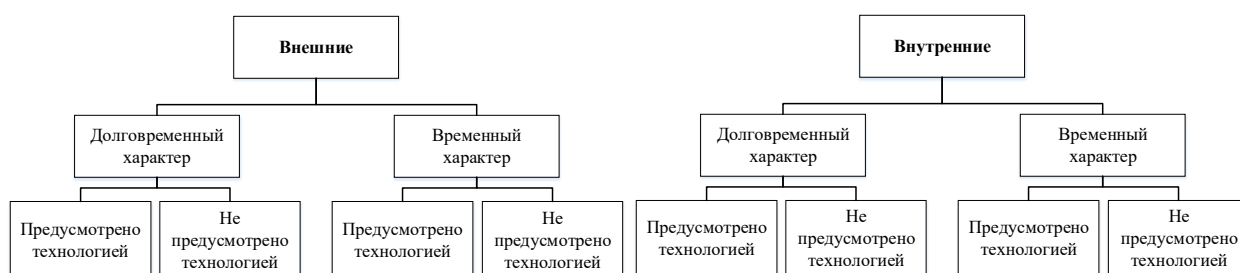


Рисунок 2.2 – Классификация местных условий по источнику возникновения

Существующая технология эксплуатации железнодорожной сети в рамках проведения работ по различным видам ремонта железнодорожной инфраструктуры основана на разработке вариантных графиков движения поездов (ГДП). Вариантный ГДП разрабатывается, опираясь на форсированное использование

мощности ограничивающих элементов и в увязке «окон» в створах сетевых направлений. Данный подход имеет уязвимые места – возникает угроза дефицита ресурсов (инфраструктурных, перевозочных, тяговых и т.д.). Внедрение технологии длительных закрытий перегонов создаёт предпосылки для формирования обособленной технологии работы полигона. Рассматриваемый полигон включает направление, имеющее ограничения, а также смежные направления, на которые возможно переключение поездопотоков. Это обосновывается значительными длительными ограничениями и возникающими отрицательными аспектами: неравномерность объемов движения, применение управляющих решений дежурно-диспетчерским персоналом, основывающихся на экспертных оценках, несбалансированностью перевозочных ресурсов и предельными загрузками элементов инфраструктуры, ведущих к задержкам, серьёзно дестабилизирующим поездное положение [12, 13] (см. рисунок 2.3). Указанные последствия актуальны для длительных ограничений в технологии работы полигонов на перспективные вагонопотоки.



Рисунок 2.3 – Предпосылки разработки вариантного технологического режима эксплуатационной работы полигона железнодорожной сети

Вопрос разработки вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети поднимается в работе [57]. Данный метод планирования и организации работы полигона в условиях прогнозируемых затруднений основан на взаимосвязанной проработке элементов технологии эксплуатационной работы железнодорожной сети. Разработка вариантных технологических режимов позволяет эффективно организовывать работу всех подразделений железнодорожного транспорта, направленную на выполнение договорных обязательств с клиентами, рациональное использование имеющихся инфраструктурных и перевозочных ресурсов, а также плановое обслуживание инфраструктуры.

В летний период с мая по сентябрь наблюдается значительный рост объёмов пассажирских перевозок в направлении курортов Азово-Черноморского бассейна, пик пассажирских перевозок приходится на август месяц. Основным направлением следования пассажирских поездов является Воронежский ход (Воронеж – Лиски – Лихая – Ростов). Участок с наибольшими размерами пассажирского движения – Лихая-Батайск. В условиях пиков пассажирских перевозок в связи дефицитом пропускной способности на участке Лихая-Батайск возникает потребность в отклонении части грузового поездопотока на параллельные хода (Им. М. Горького – Куберле – Сальск – Тихорецкая, Лихая – Морозовская – Им. М. Горького и Морозовская – Куберле). Эти переключения неминуемо ведут к передислокации локомотивов и бригад, изменению требуемой величины парка локомотивов по родам тяги. Также на перспективу возникают лимитирующие элементы в узлах, которые были не приспособлены к перспективным условиям работы или демонтированы. Требуемая величина перевозочных ресурсов при разработке технологии на этот период требует сравнения по затратам по каждому вариантному технологическому режиму.

В работе [206] были рассмотрены варианты распределения перспективных поездопотоков по участкам и станциям с моделированием работы этих элементов. Сегодня и на ближайшую перспективу основным видом длительных ограничений являются пики пассажирских перевозок, в период с октября по апрель величина

пассажирских поездопотоков минимальна, что позволяет в полной мере использовать экономически эффективное направление Лихая-Батайск для пропуска грузовых потоков. Для решения этой задачи разрабатывается график движения поездов, включающий в себя «ядро» круглогодичных пассажирских поездов и грузовых поездов, которые возможно пропустить в пики пассажирских перевозок, остальной бюджет времени выстроен вариантными нитками летних пассажирских и грузовых поездов, пропускаемых в их отсутствие.

2.2 Особенности технологии работы технических железнодорожных станций в рамках вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети

Технические железнодорожные станции работают в непрерывном взаимодействии с прилегающими участками и другими станциями при работе в узле. Зависимости участковой скорости и пропускной способности для участков, имеющие нелинейный характер [207], возможно использовать только при работе технических станций в условиях неперевышения допустимых размеров переработки. Если данное условие не соблюдается, то возникает необходимость корректировки данных параметров с учетом затруднений в работе станции, которые выражаются в возникновении задержек поездов на подходах к станции и снижении эксплуатационной надежности работы станции. В условиях прогнозируемых ограничений станции могут быть сами объектом ограничения, т.е. снизятся ее эксплуатационные возможности, либо возрастет нагрузка на станцию по переработке вагонопотоков и обработке поездов, что также может вызвать задержки по приему. Данные аспекты имеют важное значение при согласовании плана формирования поездов по станциям с сортировочными устройствами, а также при расчете времени нахождения на станции транзитных и перерабатываемых вагонов при сценарном моделировании структуры вагонопотоков и технологии их переработки при разработке ВТР [10].

ВТР для технической станции включает в себя на этапе разработки несколько вариантов, на основе которых определяются:

- потребное техническое оснащение;
- технология работы в зависимости от складывающейся поездной обстановки на прилегающих участках (изменение поступающего вагонопотока; работы по содержанию инфраструктуры; изменение маневренности участков из-за занятия путей, в результате затруднений на участке или полигоне; сбои в работе участков; погодные условия).

Расчеты начинаются с оценки текущей технологии и путевого оснащения станции, после чего на рассматриваемые сроки с шагом от часов до нескольких суток накладываются предлагаемые потоки, чтобы рассчитать резервы/дефициты на станциях и риски возникновения заторов на подходах или самой станции. Что позволяет определить взаимозависимости систем станции между собой, как результат – определять потребную конфигурацию технологии работы станции.

При разработке ВТР важно понимать, как распределяются условия и факторы, оказывающие влияние на эксплуатационную работу станции, что позволяет применить детерминированный подход к разработке технологического режима.

В работе под термином «ограничивающий фактор» понимаются условия и факторы, негативно влияющие на загрузку станции. Ограничивающие факторы в работе станции могут вызываться технологическими и инфраструктурными ограничениями, а также неравномерностью работы. С точки зрения важности их учета при разработке ВТР необходимо определить, какие факторы при первом составлении технологии внесении изменений в нее нужно учитывать как константу, а какие необходимо решать для улучшения показателей работы станции в условиях ограничений. Таким образом, классификация факторов решает три задачи:

- даёт возможность получить обоснованное значение показателей работы;

- определить порядок решения проблем в работе станции в условиях ограничений;
- отбросить те факторы, которые не влияют на работу станции или их можно решить в рабочем порядке.

Условия, влияющие на эксплуатационную работу, делятся по степени возможности станции управлять ими следующим образом:

- по области воздействия фактора на эксплуатационную работу станции,
- по продолжительности воздействия этого фактора, так как чем дольше он действует, тем большее влияние он оказывает,
- является ли данный ограничивающий фактор результатом нарушения технологии или предусмотрено ею.

Также каждое условие дифференцируется (рисунок 2.2):

- по области воздействия:
 - внешние
 - внутренние
- по времени воздействия:
 - долговременный характер воздействия
 - временный характер воздействия
- по отношению к технологии:
 - предусмотрено технологией
 - нарушение технологии

На основе данной классификации ограничивающие факторы относятся к той или иной категории, далее совокупность условий и факторов, влияющих на работу станции, необходимо проанализировать и разделить на те, что включаются в расчет показателей вариантного технологического режима и те, что не включаются (так называемые «решаемые в рабочем порядке»).

2.3 Особенности разработки типового модуля имитационного моделирования (сортировочная станция)

Основным показателем, характеризующим надёжность работы системы (Н), являются задержки (t_3), возникающие при различных уровнях загрузок структуры. В связи с этим, требуется разработка зависимостей указанных параметров для указанных типовых модулей [9].

Характеристики надёжности станционных комплексов расформирования и формирования в нормативно-методических документах МПС СССР установлены на основе исследования [50], выполненного под руководством Е.В. Архангельского. Результаты разработок в данном направлении были развиты и закреплены в Методических указаниях [208].

Зависимость надёжности комплекса расформирования (Н) от загрузки парка приёма ($\gamma_{пп}$) и сортировочной горки ($\gamma_{гор}$) – $H=f(\gamma_{пп}, \gamma_{гор})$ и зависимость среднего времени занятия пути парка приёма поездом ($t_{пп}$) от Н и $\gamma_{гор}$ – $t_{пп}=f(H, \gamma_{гор})$ построены по результатам имитационного моделирования по программе [84]. Зависимость числа задерживаемых на подходе поездов ($n_{зд}^{уч}$) от $\gamma_{пп}$, $\gamma_{гор}$ и загрузки участка ($\gamma_{уч}$) – $n_{зд}^{уч}=f(\gamma_{пп}, \gamma_{гор}, \gamma_{уч})$ и зависимость среднего времени задержки на подходе поезда ($t_{зд}^{уч}$) от $\gamma_{пп}$, $\gamma_{гор}$ и $\gamma_{уч}$ – $t_{зд}^{уч}=f(\gamma_{пп}, \gamma_{гор}, \gamma_{уч})$ построены по результатам статистической обработки данных графиков исполненного движения.

Таким образом, в качестве аргументов функции надёжности работы станционных парков выступает загрузка устройств, то есть станционный парк рассматривается как технологическая линия с пунктом ожидания. При этом не учитывается функция парка как регулирующая и служебно-техническая ёмкость, что согласно принципам [187] необходимо принимать во внимание в современных и в перспективных условиях.

Также необходимо исследовать влияние враждебностей поездов на подходах к рассчитываемым станционным паркам в точках пересечения и слияния магистральных ходов и внутриузловых соединений [10].

Необходимость ввода значительного количества исходной информации инженером-технологом требует повышения эффективности этого процесса, и поэтому актуальна разработка типовых модулей, облегчающих работу с имитационными системами.

Задача состоит в том, чтобы сформулировать основные принципы расчёта уровня использования пропускной способности методом имитационного моделирования и положения по созданию типового модуля железнодорожного участка с описанием инфраструктурной и технологической его составляющих в виде вектор-функций.

Основной постоянной исходной информацией для расчёта уровня использования пропускной способности станции или участка являются: путевое развитие станций и участков, род тяги, средства СЦБ и связи, число и направление движения местных (сборных, вывозных и передаточных), пассажирских и пригородных поездов, межпоездные интервалы, перегонные времена хода и время на разгон и замедление, время на выполнения технологических операций на станциях. Переменными величинами являются размеры движения грузовых поездов, периодичность проведения технологических «окон», периодичность курсирования пассажирских и пригородных поездов [18].

Предлагается усовершенствование процесса разработки и отладки имитационных моделей сложных узлов с помощью компоновки типовых модулей из конструктора и последующей настройки технологических процессов с учетом индивидуальных особенностей работы узла, что позволяет ускорить разработку модели и повысить её качество.

Типовой модуль имитационного моделирования сортировочной станции состоит из двух подсистем – инфраструктурной и технологической. Инфраструктурная часть включает в себя парки, перегоны и соединительные пути, технологическая – технологический процесс обработки потоков на станции, в узле и типовом модуле осуществляется управление очередями, содержащееся в технологии.

Основным структурным элементом типового модуля является парк железнодорожной станции, представленный бункером (n), характеризующийся рядом параметров, представляемых в виде.

$$R_{\text{бунк}}(n) = A_1(x_1 \dots x_k(e; lok; br)) + A_2(c_1; c_2(ch)) + A_3(nz_1 \dots nz_x(e)) \quad (2.5)$$

где $A_1(x_1 \dots x_k(e; lok; br))$ – группы путей парка (n), объединённых общей горловиной, характеризующихся суммарной ёмкостью (e), наличием бригад пункта технического обслуживания (br) и локомотивом (lok);

$A_2(c_1; c_2(ch))$ – количество каналов (ch) в горловинах ($c_1; c_2$).

$A_3(nz_1 \dots nz_x(e))$ – ёмкость путевого развития (e), предназначенная для работы с определённой категорией поездов по типу, длине, назначению плана формирования ($nz_1 \dots nz_x$).

Бункеры между собой соединяются с помощью соединений (перегон, соединительные пути).

$$R_{\text{соед}}(l) = A_1(kl(d)) \quad (2.6)$$

где $A_1(kl(d))$ – соединение (l), характеризующееся количеством каналов (d) и направлением движения по ним (kl).

Технология работы станций определяется на основе технологического процесса их работы методом формализации его элементов, основывающемся на укрупнении однородных групп операций (операции перемещения и без перемещения). Операция технологической цепочки в модели описывается:

$$R_{\text{мехн}}(t) = A_1(x_1(p; k); x_2) + A_2(t) + A_3(v) + A_4(b) + A_5(n_1; n_2; \dots; n_n) \quad (2.7)$$

где $A_1(x_1(p; k); x_2)$ – орта, описывающая маршрут перемещения транспортной единицы или её дислокации, где $x_1(p; k)$ – множество парков станции (p), входящих в маршрут следования, и каналов в горловинах парков (k); x_2 – множество соединительных путей и перегонов;

$A_2(t)$ – орта времени (t) занятия элементов или выполнения операции A_1A_1 ;

$A_3(v)$ – орта локомотивов, используемых для перемещения, вида (v);

$A_4(b)$ – орта бригад ПТО вида (b), обслуживающих транспортную единицу;

$A_5(n_1; n_2; \dots; n_n)$ – орта назначений (n) (видов поездов разной нормы длины).

Операции технологической цепочки перемещения имеют следующее описание:

$$R_{nep}(t) = A_1(x_1(p;k); x_2) + A_2(t) + A_3(v) + A_5(n_1; n_2; \dots; n_n) \quad (2.8)$$

Операции без перемещения имеют следующее описание:

$$R_{б. nep}(t) = A_1(x_1(p); x_2) + A_2(t) + A_3(v) + A_4(b) + A_5(n_1; n_2; \dots; n_n) \quad (2.9)$$

Элементы технологической цепочки характеризуют возможные условия, имитирующие диспетчерское руководство – управление очередями. Условия позволяют регулировать подвод поездов на станцию и передачу из парка в парк станции в зависимости от заполнения ёмкости парков станции и технологически допустимого заполнения ёмкости парков станции. Прилегающие участки к станции характеризуются технологическими окнами, проводимыми на инфраструктуре (продолжительность и периодичность) [9].

Общий порядок определения расчётных зависимостей в модели узла приведён на рисунке 2.4.

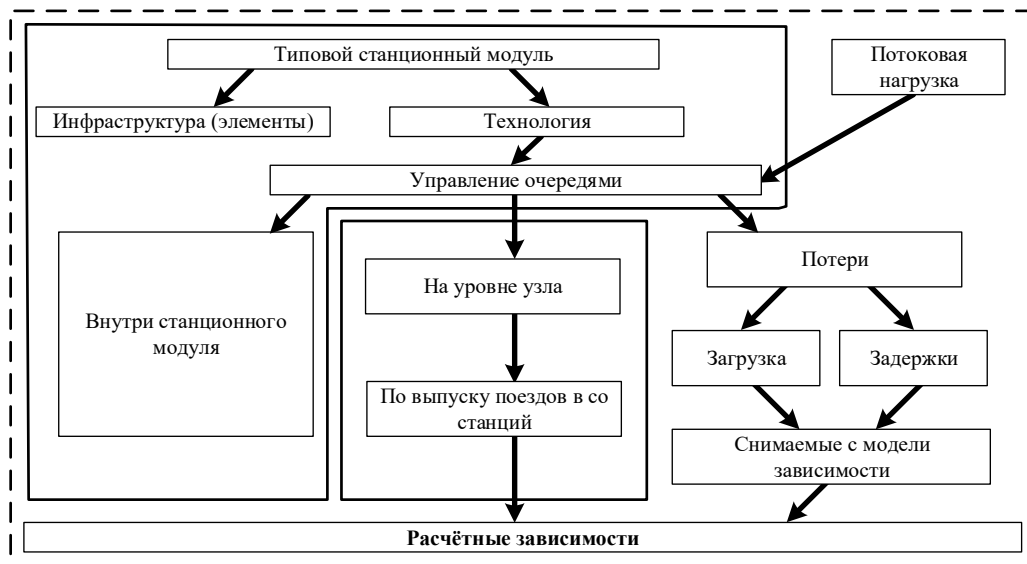


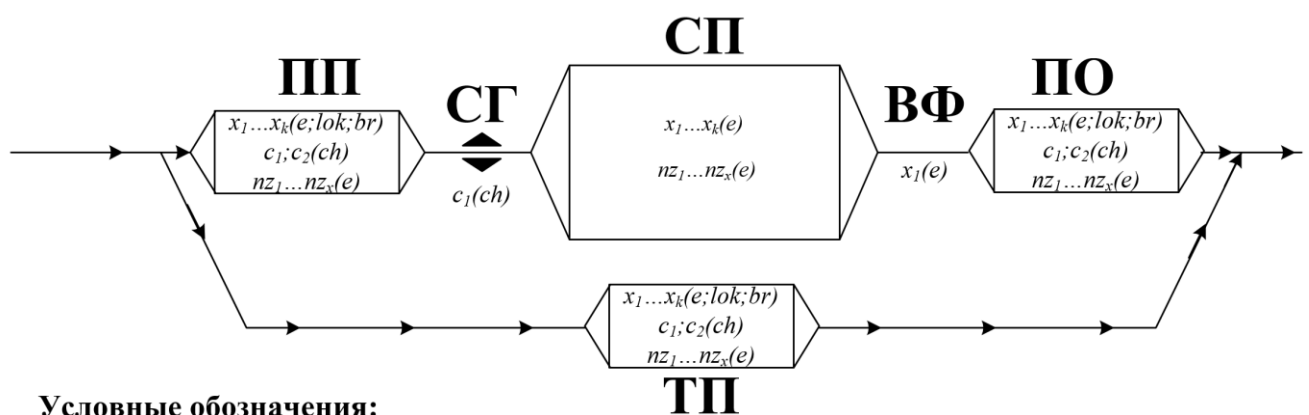
Рисунок 2.4 – Порядок определения расчётных зависимостей в модели узла

$R_{бунк}(1)$, $R_{бунк}(5)$ и $R_{бунк}(8)$ в модели характеризуется параметрами $x_1 \dots x_k(e; lok; br)$, $c_1; c_2(ch)$ и $nz_1 \dots nz_x(e)$. $R_{бунк}(2)$ включает следующие значащие

параметры $c_1(ch)c_1(ch)$, где $chch$ – число путей роспуска. Пути надвига – $R_{бунк}(2)R_{соед}(1)$ характеризуются d – число путей надвига. $R_{бунк}(1) - x_1(e)$ и $nz_1 \dots nz_x(e)$ – назначения плана формирования грузовых поездов ёмкостью e . $R_{бунк}(4)$ описываются $x_1(e)$, где e – ёмкость, соответствующая числу вытяжных путей.

В общем случае схема сортировочной станции с транзитным парком с указанием параметров, характеризующих бункеры в модели, представлена на рисунке 2.5.

Операции технологической цепочки перемещения типового технологического процесса работы сортировочной (участковой) станции после формализации $R_{nep}(t)$ имеют $t = 1-9$: 1 – приём поезда, 2 – заезд горочного локомотива, 3 – уборка поезда локомотива, 4 – надвиг расформировываемого состава на сортировочную горку, 5 – перестановка сформированного состава в парк отправления, 6 – подача поезда локомотива, 7 – возвращение локомотива формирования в сортировочный парк, 8 – отправление поезда из парка, 9 – маневровые перемещения). Операции без перемещения $R_{nep}(t)$ имеют $t = 1-4$ могут быть следующие: 1 – техническое обслуживание состава в ПП, ТП или ПО, 2 – смена локомотивной бригады, 3 – расформирование на СГ, 4 – приёмо-сдаточные операции [9].



ПП – парк приёма;

СГ – сортировочная горка;

СП – сортировочный парк;

ВФ – вытяжки формирования;

ПО – парк отправления;

ТП – транзитный парк.

Рисунок 2.5 – Схема модели сортировочной станции с транзитным парком

Развязки и соединительные ветви

Моделирование транспортных железнодорожных узлов неразрывно сопряжено с выделением развязок и соединительных ветвей в отдельную группу типовых модулей в связи с их важным значением для организации эффективной технологии работы узла, так как грамотная технология работы на развязке позволяет сократить величину структурных потерь, вызванных враждебностью потоков.

В условиях формирования макромодели узла необходим переход от структурной формы развязки к её макроэквиваленту – формализация развязки. Основным условием формализации является наличие на развязке маршрутных светофоров и потребность в регулировании потока, подводимого к враждебным элементам развязки (стрелочные переводы). Элементом, имитирующим маршрутный светофор, где возможно путём задания условий регулировать поток, является бункер, включающий в себя один путь.

В работе рассматриваются типовые развязки, классифицирующиеся по зонам возникновения враждебности потоков: сонаправленное схождение/разделение потоков (в разных уровнях); замкнутые развязки, работающие с одним парком (в разных уровнях); развязки противоположно направленных потоков в одном уровне; развязки противоположно направленных потоков в одном уровне (со шлюзовыми путями) [9].

Структурные схемы типовых модулей развязок и их макроэквиваленты представлены на рисунках 2.6-2.9.

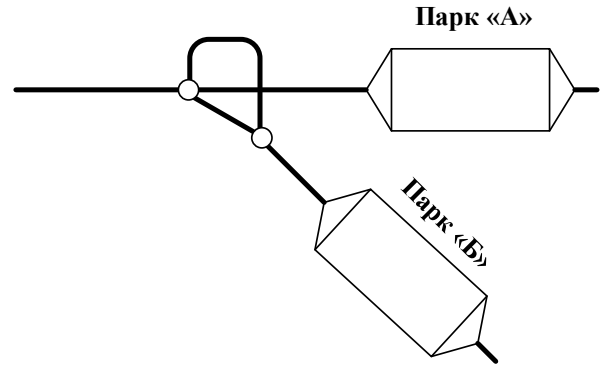
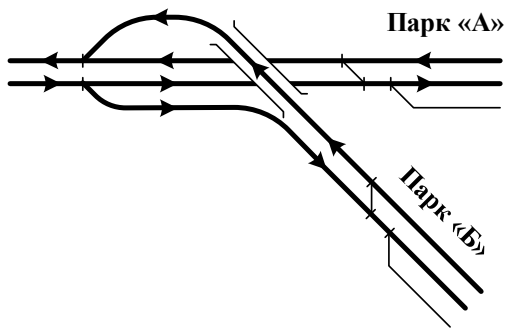


Рисунок 2.6 – Развязка с сонаправленным схождением/разделением потоков (в разных уровнях)

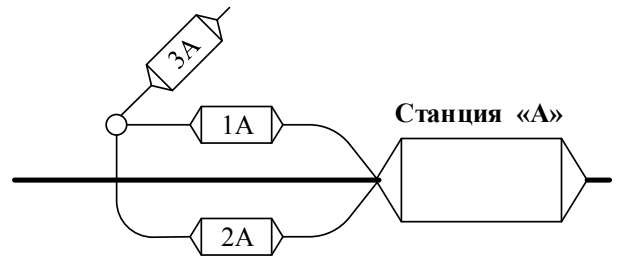
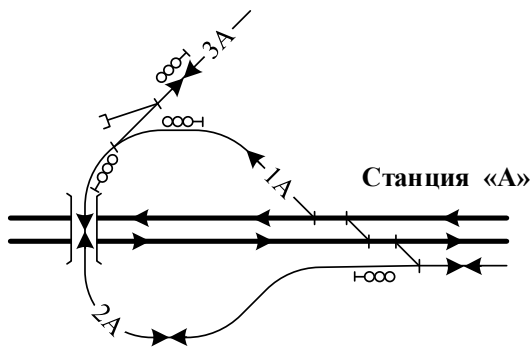


Рисунок 2.7 – Замкнутая развязка, работающая с одним парком (в разных уровнях)

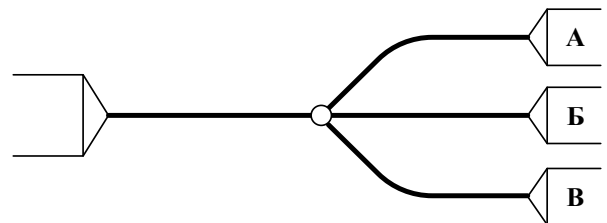
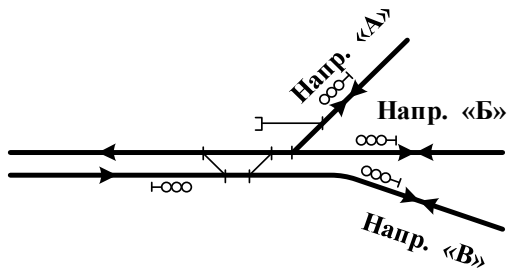
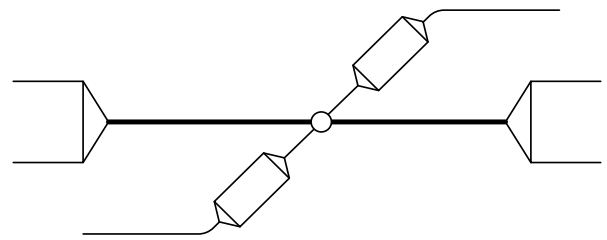
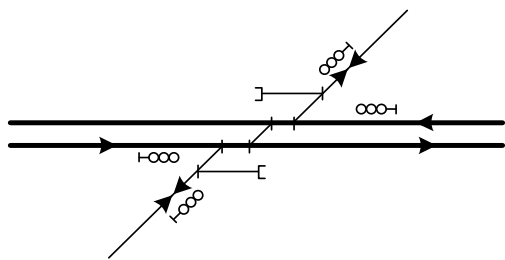


Рисунок 2.8 – Развязка противоположно направленных потоков в одном уровне

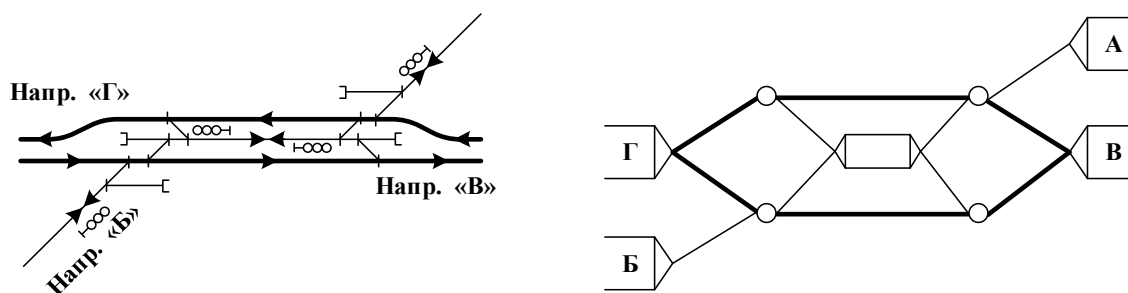


Рисунок 2.9 – Развязка противоположно направленных потоков в одном уровне (со шлюзовыми путями)

В рамках исследования требуется актуализировать: 1) зависимость надёжности системы расформирования от комплексного параметра, учитывающего условия моделирования работы парка приёма, а также наличие враждебности поездопотоков на подходе к станции; 2) зависимости простоя и задержек в парке отправления [10].

После формирования типового модуля в имитационной системе проводится ряд итерационных расчётов основной переменной в которых являются размеры движения грузовых поездов (для моделирования принимается автоматизированная система, принципы функционирования которой описаны в [209, 210]). Эксперименты позволяют выделить «узкие места», которые классифицируются на три рода: «доказано [211], что наибольшие задержки транспортных потоков далеко не всегда возникают из-за самого загруженного элемента инфраструктуры [18]. Поэтому предлагается различать:

- узкое место первого рода (элемент с недопустимой загрузкой);
- узкое место второго рода (элемент, вызывающий наибольшие или недопустимые задержки);
- узкое место третьего рода (технологическая операция, вызывающая наибольшие или недопустимые задержки) [212].

2.4 Особенности разработки директивного плана технологических окон в рамках вариантных технологических режимов эксплуатационной работы полигонов железнодорожной сети

Вариант мероприятий, разрабатываемых для размеров движения в месяц максимальных перевозок грузов, оценивается с точки зрения обеспечения пропуски максимального расчётного грузового поездопотока. Мероприятия не оценивают организацию работы в изменяемых эксплуатационных условиях. Проведение всех видов ремонта и текущего обслуживания объектов инфраструктуры требует закрытия движения на них. Закрытия происходят неравномерно в течение года [14].

Согласно [213, 214] пропускная способность двухпутного перегона N при автоматической блокировке рассчитывается по формуле (2.10) с учетом исключения для движения поездов из суточной продолжительности времени (1440 минут), необходимого для выполнения работ по содержанию технических устройств и плановых видов ремонта устройств (t_{mex}), а также компенсации потерь времени, вызванных отказами в работе технических средств – коэффициент надежности транспортного обслуживания ($\alpha_{то}$):

$$N = \frac{(1440 - t_{тех}) \times \alpha_{то}}{I_p}, \quad (2.10)$$

где I_p – расчётный интервал времени между поездами попутного направления, мин.

Для двухпутных железнодорожных линий $t_{mex} = 150$ минут, данная величина принята как среднегодовая, включая месяц максимальных перевозок. Данное утверждение имеет уязвимости – игнорирование неравномерности как перевозок, так и ремонтов инфраструктуры. В месяц максимальных перевозок объем проведения плановых работ меньше, чем в другие месяцы. В месяцы проведения летней ремонтной кампании t_{mex} имеет максимальные за год величины,

следовательно, суточный бюджет времени для движения грузовых поездов сокращается. Плановые виды ремонта инфраструктуры выполняются, исходя из выполненной тонно-километровой работы по перегонам, следовательно, в разные годы t_{mex} зависит от участков с наибольшим объемом требуемого проведения работ. В этой связи требуется оценка перспективных мероприятий на предмет возможности пропуска заявленных размеров грузового движения в месяцы максимальных закрытий объектов инфраструктуры. Для решения этой задачи необходимо применение вариантных технологических режимов [14].

На рисунках 2.10 и 2.11 приведены исполненные среднемесячные и среднегодовые размеры движения грузовых поездов на одном из участков Транссиба в чётном и нечётном направлении соответственно. Данные о t_{mex} за 2018 года на этом участке приведены на рисунке 2.12.

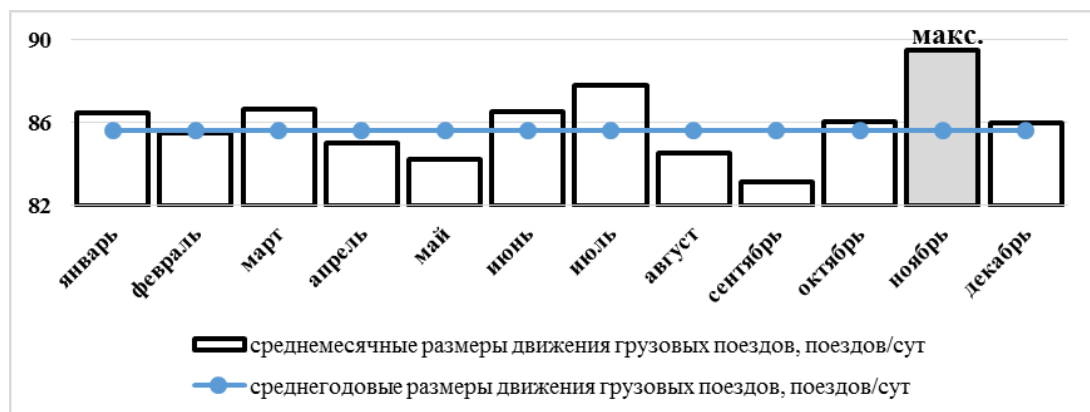


Рисунок 2.10 – Размеры движения грузовых поездов на участке в чётном направлении

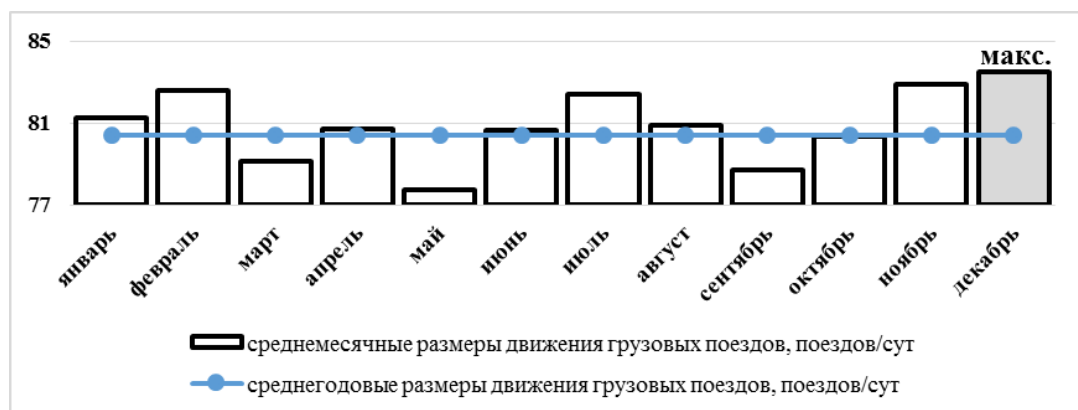


Рисунок 2.11 – Размеры движения грузовых поездов на участке в нечётном направлении

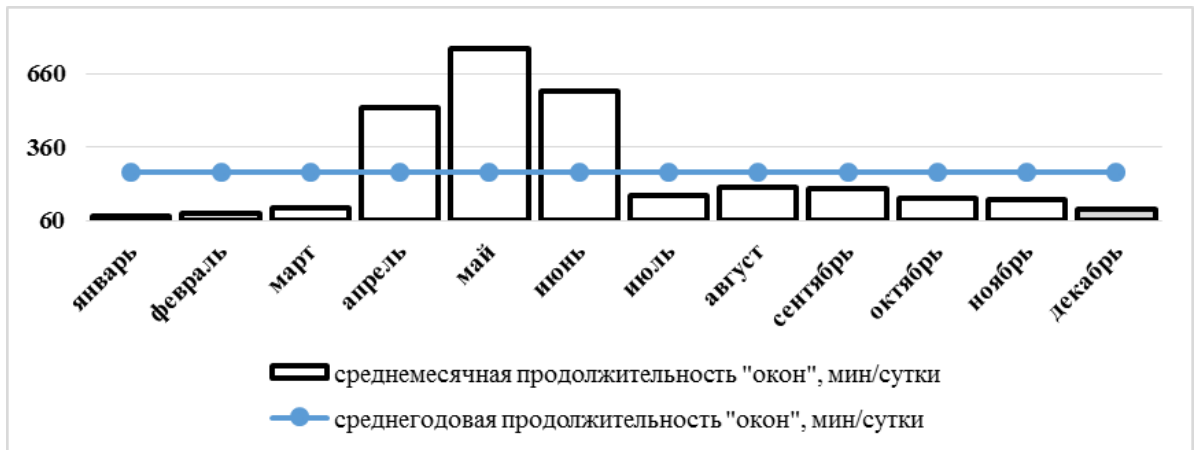


Рисунок 2.12 – Среднесуточное время для выполнения работ по содержанию технических устройств и плановых видов ремонта устройств на участке

Основными параметрами при разработке вариантных технологических режимов в условиях проведения летней ремонтной кампании являются продолжительность «окон» и размеры грузовых поездов, с учётом снимаемых в «окно». Для определения размеров передачи поездов и вагонов в среднем в сутки по междорожному стыковому пункту Петровский Завод проведен расчёт посуточных размеров передачи поездов и вагонов по стыковым пунктам, исходя из исполненных «окон» на участке Петровский Завод – Тарская апрель месяц 2019 года (формула 2.11) [14].

$$N_{ок} = N_{зр} - \frac{N_{зр} \times T_{ок}}{24} \times 0,6, \quad (2.11)$$

где $N_{зр}$ – графиковые размеры движения поездов по участку, поездов/сутки;

$T_{ок}$ – продолжительность «окна», часов;

0,6 – среднесетевое значение коэффициента снижения допустимых размеров движения грузовых поездов, зависящего от технической вооруженности участка и технологии пропуска поездов, полученной на основе анализа вариантных графиков движения поездов [215].

При планировании передачи по стыкам на следующий месяц к расчёту принимается директивный план-график проведения «окон», а для проведенного расчёта использованы исполненные «окна» (см. рисунок 2.13). Для этого же

периода расхождения плана и факта составляет 5% поездов в сутки и 2,3% вагонов в сутки. Основной причиной расхождения исполненных и расчетных значений передачи на месяц является более низкий объем проведения длительных «окон» за апрель месяц 2019 года в сравнении с директивным планом «окон» на этот же период (суммарная продолжительность «окон» больше). Работа по ремонту инфраструктуры в длительные «окна» организована более производительнее. Следовательно, ежесуточная сдача вагонов по стыку больше запланированной [12].

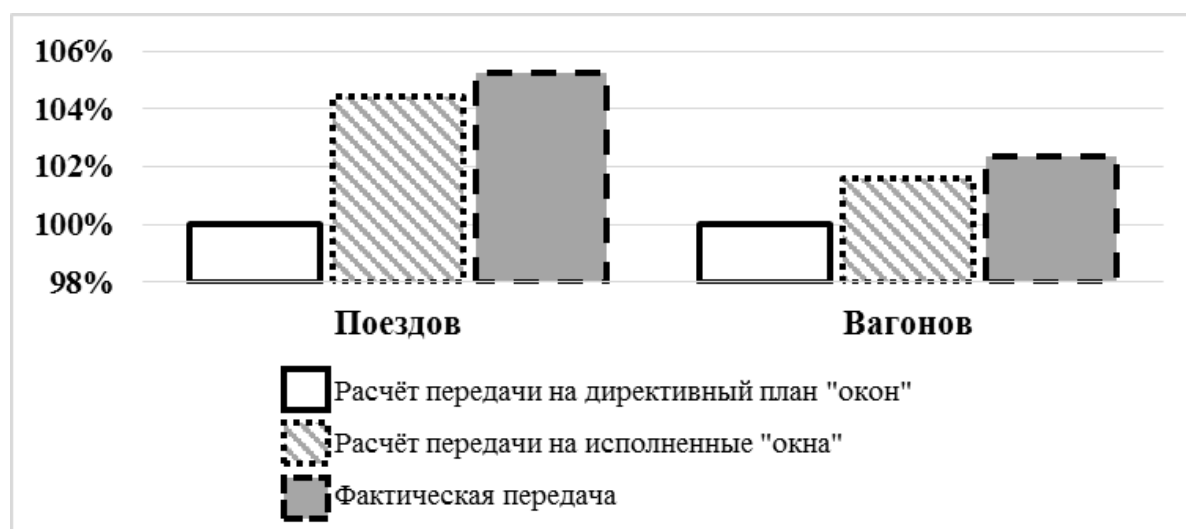


Рисунок 2.13 – Среднесуточная сдача поездов и вагонов по стыку Петровский Завод (в процентах относительно плановых значений, основанных на директивном плане «окон»)

Анализ факторов, влияющих на точность планирования размеров передачи по междорожным стыковым пунктам, позволяет сделать вывод о том, что при планировании размеров передачи поездов по стыковым пунктам следует выполнять сценарные расчеты, учитывающие объемы выполненной тонно-километровой работы, требуемых объемов проведения ремонтов, определяемые на основе различных сценариев грузовой базы и географии перевозок.

При расчёте потребной пропускной способности для определения мероприятий по развитию железнодорожной инфраструктуры в изменяемых эксплуатационных условиях необходимо учитывать t_{max} , дифференцированное для месяца максимального проведения «окон» и месяца максимальных перевозок в рамках разработки вариантных технологических режимов [14].

Расчёт коэффициента снижения допустимых размеров движения грузовых поездов, зависящего от технической вооруженности участка и технологии пропуска поездов.

Для основных ходов сети проведён анализ наличия совпадений директивного и месячного плана окон (Екатеринбург – Балезино – Волховстрой, Екатеринбург – Куровская – Паприха, Сызрань – Саратов – Им.М.Горького – Разъезд 9 км, Екатеринбург – Называевская – Московка – Инская, Екатеринбург – Исилькуль (Путевой пост 274 2км) – Входная – Алтайская, Инская – Мариинск – Тайшет, Алтайская – Междуреченск – Тайшет, Тайшет – Петровский Завод, Петровский Завод – Архара, Архара – Хабаровск, Тайшет – Хани, Хани – Комсомольск):

- При совпадении всех параметров, кроме длительности (352 перегона совпадают на основных ходах из 650);
- При совпадении всех параметров (413 перегонов на основных ходах из 720).

Вывод: Вариантные ГДП закрывают все основные хода сети.

На всех основных ходах присутствуют месячные окна без ВГДП.

Приведён расчёт по направлению Екатеринбург-Сорт – Волховстрой I на основе пропускной способности перегонов (за месяц) по расчёту, где объединены месячные и директивные окна (где есть размеры движения ВГДП) с указанием перегонов (таблицы 2.1 и 2.2). Из этих данных выбраны перегоны на участках с минимальной пропускной способностью за месяц и сравнены с перегонами, где данные по вариантному графику были по стыкам и УРЛБ.

Таблица 2.1 – Сравнение среднесуточных технически допустимых размеров движения по регионам влияния (междорожные стыковые пункты), поездов/сутки

<i>Участок</i>	<i>ВГДП</i>	<i>ВРЕМЯ</i>	<i>Перегон для расчёта</i>
Екатеринбург-Балезино	56,3	59,1	Шумково-Кишерть
Балезино-Свеча	74,2	75,0	Котельнич-Даровница
Свеча-Кошта	62,8	62,9	Вохтога-Лежа и Туфаново-Паприха
Кошта-Волховстрой I	86,4	87,0	Заборье-Подборовье

Таблица 2.2 – Сравнение среднесуточных технически допустимых размеров движения между техническими станциями, поездов/сутки

<i>Участок</i>	<i>ВГДП</i>	<i>ВРЕМЯ</i>	<i>Перегон для расчёта</i>
Екатеринбург – Шаля	63,9	63,0	Сарга-Пастушиный
Шаля – Пермь-Сорт	56,3	59,1	Шумково-Кишерть
Пермь-Сорт -Балезино	60,9	71,7	Чепца-Пибаньшур
Балезино -Лянгасово	74,6	76,3	Зуевка-Кордягино и Кожиль-Яр
Лянгасово-Шарья	63,9	65,1	Котельнич-Даровница
Шарья-Лоста			Вохтога-Лежа и Туфаново-Паприха
	62,8	62,9	
Лоста-Бабаево	86,4	87,0	Вологда I-Вологда II
Бабаево-Волховстрой I	90,4	90,5	Заборье-Подборовье

В результате получены участки для расчёта и для анализа.

Предлагается технология расчёта коэффициента снижения допустимых размеров движения грузовых поездов, зависящего от технической вооруженности участка и технологии пропуска поездов, с определением искомых значений на основе фактических данных по формуле 2.12:

$$\Omega = \frac{(n_{\text{ср}} - n_{\text{ок}}) \times 24}{n_{\text{ср}} \times T_{\text{ок}}}, \quad (2.12)$$

где $n_{\text{ср}}$ – среднесуточные размеры движения в сутки без окон, поездов/сутки;

$n_{\text{ок}}$ – среднесуточные размеры движения в сутки с окнами (длительность проведения окна больше или равна 4,0 часа), поездов/сутки;

$T_{\text{ок}}$ – среднесуточная продолжительность проведения окон (для оконных дней), час.

Расчётные коэффициенты для направления Екатеринбург-Сорт – Волховстрой I (по продолжительности проводимого окна):

- 4-8 часов – 0,24;
- 8-12 часов – 0,11;
- 12-18 часов – 0,12;
- 18-24 часа – нет окон.

Если $n_{\text{ср}}$ – максимальные размеры движения в месяц, то:

- 4-8 часов – 0,61;
- 8-12 часов – 0,51;
- 12-18 часов – 0,07;
- 18-24 часа – нет окон.

Для расчёта рассмотрены данные об исполненных окнах на участках, с принятием к расчёту окон дольше 4 часов, так как окна меньшей продолжительности в основном заложены как технологические в нормативном ГДП. В таблице 2.3 приведены результаты расчётов коэффициентов для основных направлений сети.

С целью апробации алгоритма проведено сравнение среднесуточных размеров движения по участкам между техническими станциями направления Екатеринбург – Волховстрой I (таблицы 2.4 и 2.5) с использованием в оконный день размеров движения по ВГДП и по формуле, учитывающей продолжительность «окна» и рассчитанные коэффициенты.

Анализ результатов расчёта в таблице показывает, что расхождения минимальны и рассчитанные коэффициенты могут быть использованы в практических расчётах при планировании.

Таблица 2.3 – Рассчитанные коэффициенты для основных направлений сети

Участок	Продолжительность проводимых окон, час			
	4-8	8-12	12-18	18-24
Лиски – Лихая – Батайск – Тимашевская	0,63	нет	нет	нет
Сызрань – Им.М.Горького – Разъезд 9 км	0,65	0,54	нет	нет
Екатеринбург-Сорт – Юдино – Орехово-Зуево – Лоста	0,58	0,52	0,31	нет
Екатеринбург-Сорт – Лянгасово – Волховстрой I	0,61	0,51	0,07	нет
Екатеринбург-Сорт – Исилькуль – Алтайская	0,71	0,51	0,34	нет
Екатеринбург-Сорт – Называевская – Инская	нет	0,67	нет	нет
Инская – Тайшет – Петровский Завод – Хабаровск II	0,63	0,60	0,45	0,29
Междуреченск – Тайшет	0,76	0,70	нет	0,28
Тайшет – Лена-Восточная	0,80	нет	0,26	0,27
Лена-Восточная – Хани – Тайшет – Февральск – Комсомольск-Сорт	0,73	0,65	0,58	нет

Таблица 2.4 – Сравнение среднесуточных технически допустимых размеров движения по регионам влияния (междорожные стыковые пункты) после расчёта коэффициентов, поездов/сутки

Участок	ВГДП	ВРЕМЯ	Перегон для расчёта
Екатеринбург-Балезино	56,3	62,2	Шумково-Кишерть
Балезино-Свеча	74,2	76,6	Котельнич-Даровница
Свеча-Кошта	62,8	63,4	Вохтога-Лежа и Туфаново-Паприха
Кошта-Волховстрой I	86,4	88,8	Заборье-Подборовье

Таблица 2.5 – Сравнение среднесуточных технически допустимых размеров движения между техническими станциями после расчёта коэффициентов, поездов/сутки

Участок	ВГДП	ВРЕМЯ	Перегон для расчёта
Екатеринбург – Шаля	63,9	64,2	Сарга-Пастушиный
Шаля – Пермь-Сорт	56,3	62,2	Шумково-Кишерть
Пермь-Сорт -Балезино	60,9	75,5	Чепца-Пибаньшур
Балезино -Лянгасово	74,6	77,3	Зуевка-Кордягино и Кожиль-Яр
Лянгасово-Шарья	63,9	65,7	Котельнич-Даровница
Шарья-Лоста	62,8	63,4	Вохтога-Лежа и Туфаново-Паприха
Лоста-Бабаево	86,4	88,8	Вологда I-Вологда II
Бабаево-Волховстрой I	90,4	90,8	Заборье-Подборовье

Рассчитанные коэффициенты снижения допустимых размеров движения грузовых поездов, зависящие от технической вооруженности участка и технологии пропуска поездов, учитывают существующие особенности проведения ремонтно-строительных работ на направлениях сети железных дорог. Полученные значения возможно использовать при планировании эксплуатационной работы.

2.5 Выводы по главе 2

1. Вариантный технологический режим эксплуатационной работы полигона железнодорожной сети (далее – ВТР) разрабатывается в условиях действия прогнозируемых ограничений в работе полигонов. Условия эксплуатационной работы, при которых рациональна разработка ВТР, классифицированы по причинам ограничений, условиям эксплуатационной работы и продолжительности действия. Описаны условия перехода от нормативной технологии эксплуатационной работы к вариантному технологическому режиму.

2. Сформулированы особенности технологии работы технических железнодорожных станций в рамках ВТР; в результате сделан вывод о необходимости разработки типового модуля имитационного моделирования, учитывающего двойственную технико-технологическую природу узла (подразделения железнодорожной сети). Её характеризуют, с одной стороны, компоненты типовой инфраструктуры и железнодорожных операций и, с другой стороны, уникальные технико-технологические особенности. Предложена методика разработки типового модуля с описанием инфраструктурной и технологической составляющих, позволяющая ускорить разработку модели и повысить её качество. Описан порядок определения расчётных зависимостей в модели узла.

3. С помощью предложенной методики описан типовой имитационный модуль основного вида технических станций на полигонах железнодорожной сети, участвующего в организации поездной работы, – сортировочная (участковая) станция.

4. Для моделирования узлов предложены модели типовых развязок для имитационной модели, классифицирующиеся по зонам возникновения враждебности потоков.

5. Рассчитаны коэффициенты снижения допустимых размеров движения грузовых поездов, зависящего от технической вооруженности участка и

технологии пропуска поездов, учитывающие существующие особенности проведения ремонтно-строительных работ на направлениях сети железных дорог. Полученные значения возможно использовать при планировании эксплуатационной работы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ВАРИАНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

3.1 Методические положения по прогнозированию транспортных потоков, инфраструктурных и перевозочных ресурсов, возможных затруднений в эксплуатационной работе на основе потоковой модели полигона железнодорожной сети

3.1.1 Основные положения

Прогнозируемые долгосрочные ограничения пропускной и перерабатывающей способности полигонов характеризуются определенными параметрами составляющих эксплуатационной работы, которые формируют условия для разработки вариантных технологических режимов [57]. Для исследования вариантных технологических режимов эксплуатационной работы на различных уровнях объединений элементов инфраструктуры и управления (станция, участок, дорога или полигон) предлагается использование гибридного модельного комплекса, позволяющего решать задачи:

А) определения зависимостей расчётных величин структурных элементов полигонов;

Б) сравнения ключевых параметров работы полигонов и характеристик взаимодействия элементов при вариантных технологических режимах [8].

В рамках гибридного модельного комплекса компоненты анализа статистики и прогнозирования обеспечивают расчет динамики и структуры транспортных потоков, сетевые потоковые модели – распределение этих потоков, имитационные модели – показатели работы полигонов сети [216]. Имитационное моделирование осуществляется на двух уровнях:

1) на моделях отдельных элементов инфраструктуры [184] исследуются характеристики их функционирования с определением функциональных зависимостей;

2) на моделях полигонов [160] – характеристики взаимодействия элементов для дальнейшего сравнения вариантов технологии работы полигона в рамках вариантных технологических режимов. Возможность применения данного подхода рассмотрена в работе [216].

Разработка вариантного технологического режима работы полигона в условиях действия длительного ограничения (до нескольких суток) начинается с определения продолжительности действия ограничения и места его действия (перегон, участок или железнодорожная техническая станция). Для модели ограничивающего элемента ($M_{огр}$) задаются основные технические и технологические параметры: число главных путей ($G_{гл(i,j)}$); средства сигнализации и связи ($G_{сцб(i,j)}$); вид тяги ($G_{тяг(i,j)}$); нормы массы и длины грузовых поездов ($G_{мас(i,j)}$ и $G_{длин(i,j)}$); продолжительность технологических «окон» ($T_{ок(i,j,d)}$); размеры пассажирского движения ($n_{пасс(i,j,d)}$), сохраняемых на участке; объемы движения местных поездов на участке ($n_{мест(i,j,d)}$) (формула (3.1)) [8].

Определение размеров грузового движения на основе остающейся пропускной способности участка в условиях ограничения ($n_{груз(i,j,d)}$), с учетом принимаемой технологии работы в период ограничения производится по формуле (3.2) (рисунок 3.1), данная величина равна сумме произведений размеров движения грузовых поездов категорий k , сохраняемых на участке, на коэффициент съема категории (k) грузовых поездов. Исходя из средней продолжительности «окон» на участке ($T_{ок(i,j,d)}$) определяется величина снимаемой пропускной способности участка ($n_{сним(i,j,d)}$) (формула (3.3)). Число отклоняемых грузовых поездов ($n_{откл(i,j,d)}$) зависит от плановых размеров движения ($n_{план(i,j,d)}$) и остающейся пропускной способности (формула (3.4)) (см. рисунок 3.1).

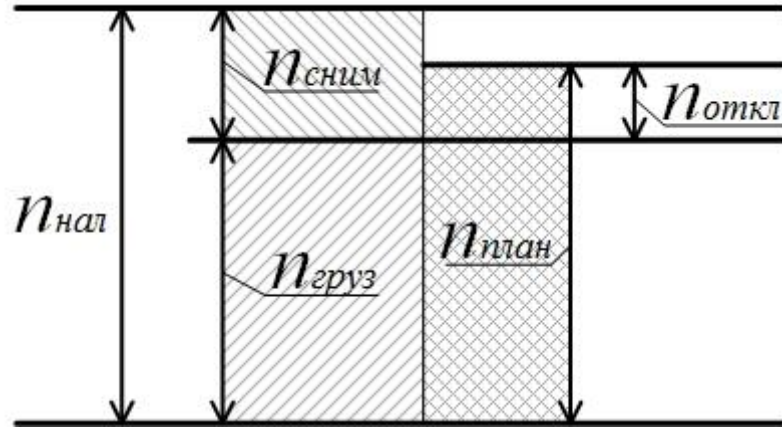


Рисунок 3.1 – Пропускная способность и размеры движения на участке

$$M_{огр} = \{ G_{гл(i,j)}; G_{сиб(i,j)}; G_{тяг(i,j)}; G_{мас(i,j)}; G_{длин(i,j)}; T_{ок(i,j,d)}; n_{насс(i,j,d)}; n_{мест(i,j,d)} \}, \quad (3.1)$$

$$n_{груз(i,j,d)} = n_{нал(i,j,d)} - n_{сним(i,j,d)} = \sum n_{груз(i,j,k,d)} \varepsilon_k, \quad [\text{поездов/сут}] \quad (3.2)$$

$$n_{груз(i,j,d)} = n_{нал(i,j,d)} - n_{сним(i,j,d)} = \sum n_{груз(i,j,k,d)} \varepsilon_k, \quad [\text{поездов/сут}] \quad (3.3)$$

$$n_{откл(i,j,d)} = n_{план(i,j,d)} - n_{груз(i,j,d)}, \quad [\text{поездов/сут}] \quad (3.4)$$

где i, j – номера технических станций, ограничивающих участок;

d – продолжительность действия ограничения;

k – категории грузовых поездов;

$n_{нал(i,j,d)}$ – наличная пропускная способность по участку $i-j$, поездов/сутки;

$n_{откл\ груз(i,j,d)}$ – число отклоняемых поездов с участка $i-j$, поездов/сутки;

Ω – коэффициент снижения допустимых размеров движения грузовых поездов, зависящий от $G_{гл(i,j)}$, $G_{сиб(i,j)}$ и технологии пропуска поездов;

ε_k – коэффициент съема категории (k) грузовых поездов.

На основе величины отклонения грузовых поездов ($n_{откл(i,j,d)}$) выполняется решение задачи по распределению данного потока на сети неориентированного графа прилегающих участков (рисунок 3.2). Решение задачи по распределению отклоняемого потока ($n_{откл(i,j,d)}$) производится посредством гибридного модельного комплекса, где последовательно производятся расчёты показателей различных

$R_{\text{бунк}}(n)$ – парк железнодорожной станции, представленный бункером (n), характеризующийся рядом параметров, представляемых в виде вектор-функции;

$R_{\text{соед}}(l)$ – соединения (l) бункеров между собой (перегон, соединительные пути);

$R_{\text{пер}}(t)$ – операция (t) технологической цепочки в модели с перемещением, описываемая вектор-функцией;

$R_{\text{б.пер}}(t)$ – операция (t) технологической цепочки в модели без перемещения.

С помощью модели для конкретных условий работы участков и их конфигурации, также описываемых в формуле (3.1), возможно решать практические задачи по построению ранее указанных функциональных зависимостей. На основе рассматриваемого графа (рисунок 3.2) для участка 13-12-11-10 выполнено построение зависимости (формула (3.6)), (рисунок 3.3) для возможных конфигураций размеров грузового и пассажирского движения на участке (допустимых наличной пропускной способностью участка). Данные зависимости используются при разработке вариантов модели M_2 посредством АС ПРОГРЕСС [8].

$$V_{\text{уч}}(pas, gr; m) = \sum nl(m) / \sum nt_{\text{уч}}(m), \forall m, M_1(m), [\text{км/ч}] \quad (3.6)$$

где $\sum nl(m)$ – поездо-километры пробега грузовых поездов в подварианте (m) модели (M_1) для размеров движения грузовых (gr) и пассажирских (pas) поездов;

$\sum nt_{\text{уч}}(m)$ – поездо-часы грузовых поездов движения по участку.

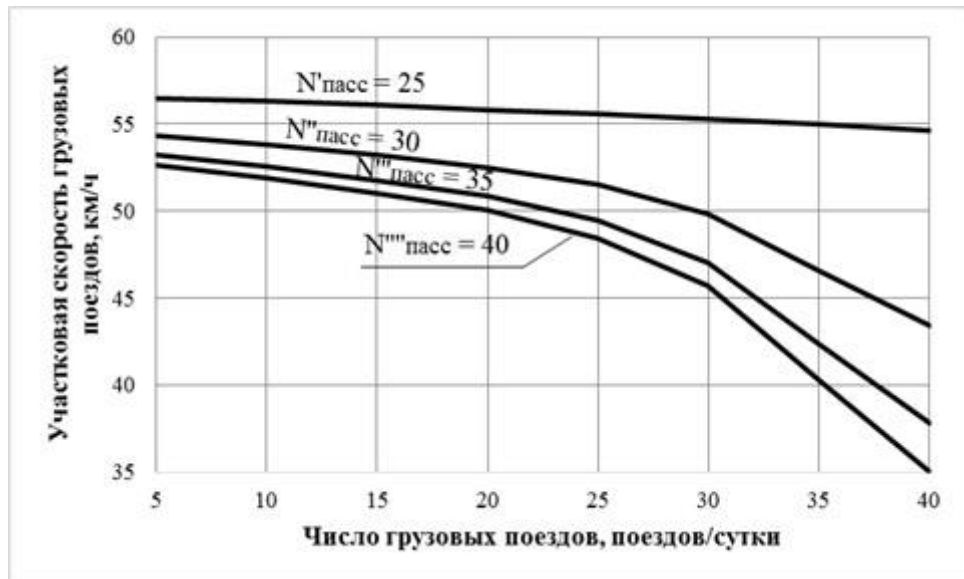


Рисунок 3.3 – Зависимость участковой скорости от размеров движения грузовых и пассажирских поездов на участке 13-12-11-10

Модель полигона сети в АС ПРОГРЕСС (M_2), согласно [160], включает в себя «совокупность взаимосвязанных сетевых моделей, описывающих: сеть перегонов и отдельных пунктов (неориентированный граф G_1); сеть УОЛ и УРЛБ, выделенных технических и грузовых станций (ориентированный граф G_2); сеть назначений плана формирования поездов и отправительских (груженых и порожних) маршрутов (ориентированный граф G_3); технологических объектов работы вагонного парка (ориентированный граф G_4)». Графы после накладки расчётных корреспонденций вагонопотоков обретают поездопотоки ($n_{i,j,k}$) и определяется загрузка элементов сети ($\psi_{i,j}$); парки локомотивов ($P_{i,j,k}$). В итоге рассчитываются зависящие эксплуатационные расходы на продвижение поездопотока ($E_{зав}(m)$). [8] Среди вариантов технологии работы в условиях длительного ограничения выбирается наиболее экономичный вариант при обеспечении устойчивого функционирования сети под которым в данной работе принимается надёжность рассчитываемых элементов, стремящаяся к 1,0 ($H_{i,j} \Rightarrow 1,0$).

$$M_{2,m} = \{ G_1; G_2; G_3; G_4 \Rightarrow n_{i,j,k}; \psi_{i,j}; P_{i,j,k} \}, \forall m, M_2(m), \quad (3.7)$$

$$E_{заб}(m) \Rightarrow \min \wedge n_{нал(i,j,d)} \geq Cn_{зруз(i,j,d)}; C\psi_{i,j} \leq C\psi_{max i,j} \quad (3.8)$$

Максимальная технологически допустимая загрузка элементов сети определяется расчётами в модели M_I , которая зависит от надёжности рассчитываемого элемента (H) (формула (3.9)):

$$M_I(m) = \{ \psi_{i,j}; H_{i,j} \}, H_{i,j} \Rightarrow 1, \quad (3.9)$$

Алгоритм проведения разработки вариантного технологического режима в условиях действия длительного ограничения с использованием гибридного имитационного модельного комплекса, включающего в себя автоматизированные системы ИМЕТРА и ПРОГРЕСС, приведён на рисунке 3.4.

При анализе существующей технологии полигона, а также при разработке перспективной схемы тягового обслуживания применялись: «подсистема ввода и корректировки предложений и анализа изменения показателей плана формирования грузовых поездов (СИАП)», подсистема «Разработки и ведения плана организации (формирования) маршрутов» (АСОВ-ПФМ), подсистема «Расчет экономически целесообразных направлений вагонопотоков на полигонах сети железных дорог» (СЕТЬ-3). В совокупности данные средства позволяют провести детальный анализ исполненных вагонопотоков.

При анализе технологии работы железнодорожных станций, а также конфигурации путевой структуры и последующем использовании информации для выполнения расчетов пропускной способности использованы: АС ведения технологических процессов (АС ВТП), АС технико-распорядительных актов (АС ТРА), АС расчета пропускной и перерабатывающей способности станции (АС ППСС), подсистема «Компьютерный паспорт сортировочной станции» (КПСС). Совместное использование данных систем позволяет выполнить точные расчеты пропускной способности станционной инфраструктуры, а наличие обширной базы данных позволяет упростить данный процесс [8].

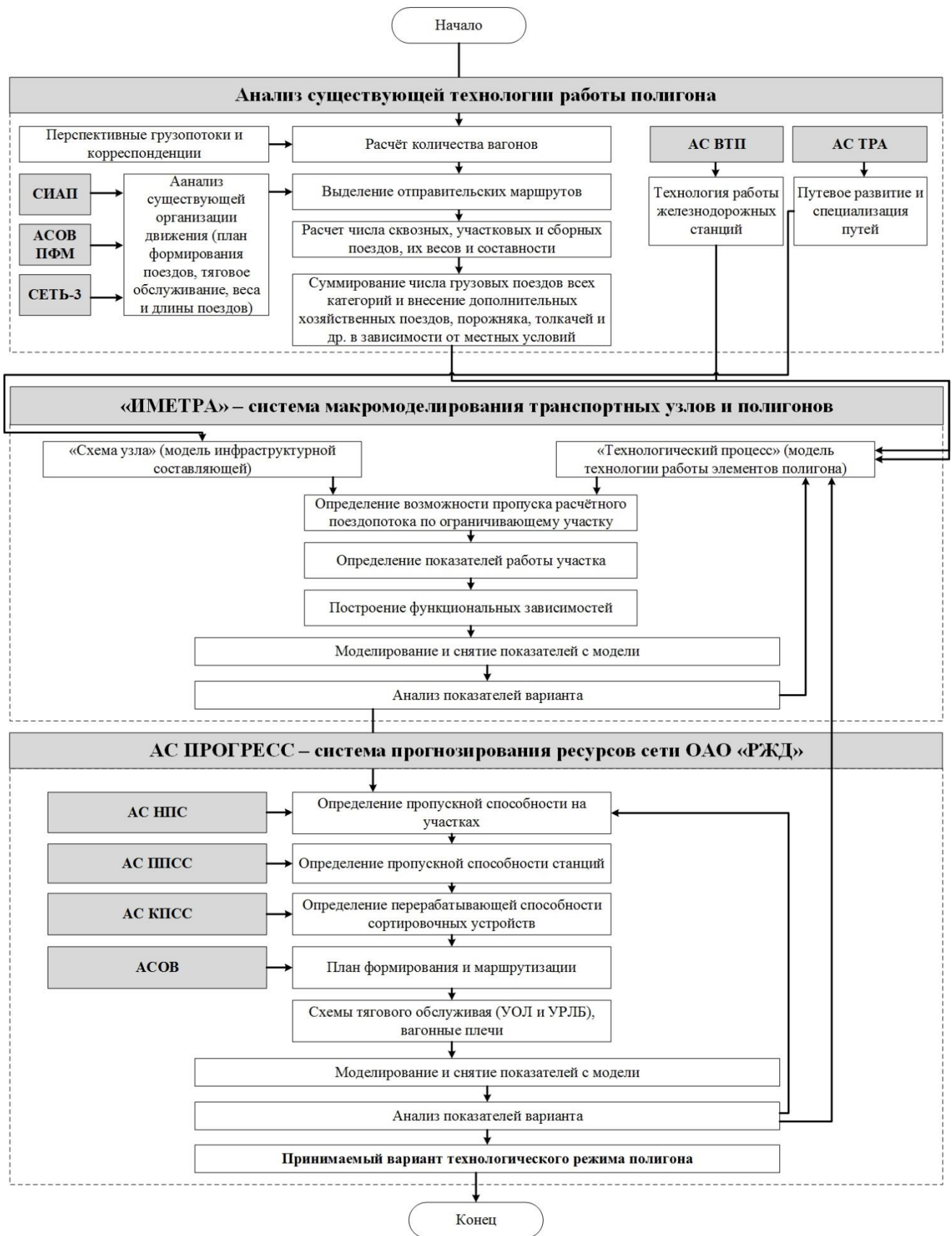


Рисунок 3.4 – Алгоритм проведения разработки вариантного технологического режима в условиях действия длительного ограничения с использованием гибридного имитационного модельного комплекса

Применение предложенных основных принципов построения гибридного модельного комплекса позволяет учитывать технологические особенности участков железнодорожной сети, таких как время, необходимое для выполнения работ по содержанию технических устройств и плановых видов ремонта устройств (t_{mex}), имеющее разную продолжительность в различные месяцы и годы для участка. Это даёт возможность определения результирующей пропускной способности участков в зависимости от сезонных изменений потоков пассажирских и грузовых поездов, объёмов проведения работ по содержанию технических устройств и плановых видов ремонта устройств, а также предупреждать возникновение «узких мест» на инфраструктуре и эффективно использовать резервы, возникающие в результате изменения t_{mex} [14].

3.1.2 Методика работы полуавтоматического переключателя назначений

Для сокращения дефицитов инфраструктуры в сетевой потоковой модели (АС ПРОГРЕСС) предлагается нижеследующая методика работы полуавтоматического переключателя назначений плана формирования и маршрутизации.

Этап 1. Задание вариантов переключения.

- 1) Задание опорных точек (участок («запрет»)) (с этого направления переключаем поезда) с построением пути следования:
 - начало и конец направления;
 - станции кружности.
- 2) Задание вариантов переключения с построением пути следования.

Этап 2. Для определения резервов и дефицитов на каждом участке производится расчет минимальной величины резервов/дефицитов на перегонах, образующих участок. Резерв/ дефицит – разница между пропускной способностью и загрузкой перегона поездами:

$$n_{\text{рез/деф}} = n_{\text{проп}} \times \alpha_{\text{то}} - n_{\text{загр}}, \text{ при } n_{\text{рез}} > 0; n_{\text{деф}} \leq 0 \quad (3.10)$$

где $n_{\text{проп}}$ – пропускная способность на перегоне, поездов/сутки;

$n_{\text{деф}}$ – загрузка перегона поездами, поездов/сут;

$\alpha_{\text{то}}$ – коэффициент надежности транспортного обслуживания.

К рассмотрению принимаются участки («запреты») только с дефицитами:

$$n_{\text{рез/деф}} < 0 \quad (3.11)$$

Этап 3. Определение порядка рассмотрения вариантов перекладки назначений.

Варианты перекладки назначений, введенных в НСИ вариантов «кружностей» рассматриваются в порядке убывания модуля произведения длины участка, для которого ищется путь объезда, на максимальный модуль дефицита на среди перегонов. Для этого определяется коэффициент DL:

$$DL = | n_{\text{рез/деф}} | \times L_{\text{уч}} \quad (3.12)$$

где $L_{\text{уч}}$ – длины участка, для которого ищется путь объезда, км.

Этап 4. Перекладка назначений

1) Перекладка назначений, следующих по ПФП и ПФМ (частичное изменение путей следования) ($n_{\text{пер}}$), выполняется для всех назначений кроме:

- назначений, которые начинаются и/или заканчиваются на рассматриваемом участке ($n_{\text{доезд}}$);
- контейнерных назначений ($n_{\text{конт}}$);
- назначений, мощность которых ($n_{\text{назн}}$) больше модуля дефицита на участке.

$$n_{\text{пер}} = \left\{ n_{\text{назн}} \left| \left\{ \begin{array}{l} n_{\text{доезд}} \in n_{\text{назн}} \wedge n_{\text{доезд}} \notin n_{\text{пер}}, \\ n_{\text{конт}} \in n_{\text{назн}} \wedge n_{\text{конт}} \notin n_{\text{пер}}, \\ n_{\text{назн}} < |n_{\text{деф}}| \end{array} \right. \right. \right\} \quad (3.13)$$

2) Частичное изменение пути следования производится путем замены части пути следования назначения по участку с ограничением на альтернативный путь следования из НСИ вариантов «кругностей» (см. рисунок 3.5).

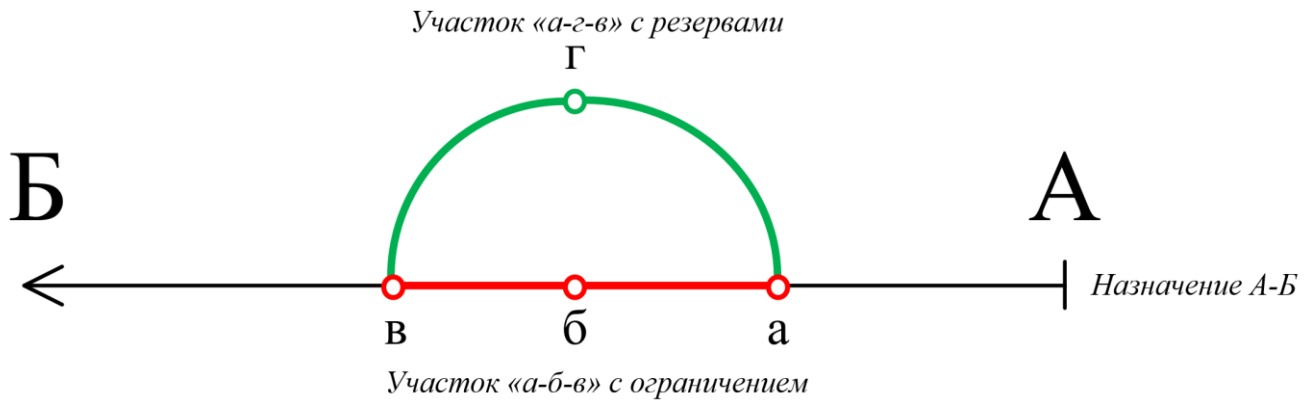


Рисунок 3.5 – Изменение части пути следования с участка с ограничениями на участок с резервами пропускной способности

3) Перекладка осуществляется в порядке уменьшения мощности назначения ($n_{\text{назн}}$).

4) Перекладка осуществляется до состояния пока на участке, на который отклоняем, резерв при следующей перекладке не станет отрицательным ($n_{\text{рез}} < 0$), либо дефицит на участке отклонения после перекладки становится больше нуля ($n_{\text{деф}} > 0$).

5) По участкам, где произведена перекладка, а также участкам, которые пересекаются с перекадываемым, после выполнения перекладок $n_{\text{деф}}$ пересчитывается.

Этап 5. Остановка перекладки всех назначений.

Перекладка назначений прекращается, когда выполняется одно из условий при любой дальнейшей попытке выполнения перекладок, т.е. на всех участках с

ограничениями устранены дефициты или на всех альтернативных путях следования будут исчерпаны резервы:

$$n_{\text{рез}} < 0 \wedge n_{\text{деф}} > 0 \quad (3.14)$$

3.1.3 Определение размеров движения на участках с учётом месячной неравномерности

Разработка перспективной технологии работы и оценки возможности пропуска потоков по инфраструктуре требует учета ремонтно-строительных «окон», в условиях многовариантности сценариев развития инфраструктуры и потоков на планируемый период не всегда возможно получить подробный директивный план проведения «окон». По этой причине для укрупненной оценки загрузки инфраструктуры необходимо решение, позволяющее основываясь на ретроспективных данных получить коэффициент, позволяющий учитывать проведение «окон» и масштабируемый в условиях изменения объемов тонно-километровой работы. В связи с неравномерностью объёмов проведения ремонтно-путевой кампании на направлениях сети ОАО «РЖД» в течение года, считается целесообразным, полагаясь на максимальный месяц проведения «окон» на рассматриваемых направлениях, определять размеры движения на участках с учётом месячной неравномерности [14]:

1) Проводится расчет среднесуточной продолжительности проведения окон на рассматриваемых направлениях:

$$T_{\text{ок}}^{\text{ср}} = \frac{\sum \max(T_{\text{ок}})}{d_i} \quad (3.15)$$

где $T_{\text{ок}}$ – продолжительность «окна» на участке за сутки, мин.;

d – число дней в месяце i .

2) Определяется месяц максимальной среднесуточной продолжительности «окон» ($i_{ок}$):

$$\max(T_{ок}^{cp}) \rightarrow i_{ок} \quad (3.16)$$

3) Рассчитываются среднесуточные исполненные размеры движения грузовых поездов на участке:

$$n_{гр}^{cp} = \frac{\sum n_{гр}}{d_i} \quad (3.17)$$

где $n_{гр}$ – число грузовых поездов за одни сутки, поездов/сутки.

4) Определяется месяц максимальных среднесуточных исполненных размеров движения грузовых поездов на участке ($j_{гр}$):

$$\max(n_{гр}^{cp}) \rightarrow j_{гр} \quad (3.18)$$

5) Для укрупненного анализа влияния «окон» (в условиях отсутствия директивного плана-графика) на пропускную способность участков определяется коэффициент отношения месячных размеров движения к максимальным ($k_{ок}$) для последующего уточнения реальной пропускной способности участков:

$$k_{ок} = \frac{n_{гр}^{cp}(i)}{n_{гр}^{cp}(j)} \quad (3.19)$$

Проведен расчёт среднесуточной продолжительности проведения окон на направлениях по исполненным данным за 2018-2020 годы (таблицы Б.1-Б.3 Приложения Б), где для каждого месяца определено максимальное значение среднесуточной продолжительности «окна» по направлениям А-Б-В и Г-Д-Е. На основе максимальных значений среднесуточной продолжительности «окон» по годам определены максимальные значения продолжительности «окон» среди 3-х лет (таблица Б.4 Приложения Б). Для направления А-Б-В месяцем максимального проведения «окон» принят **июль**, для направления Г-Д-Е – **август** [14].

Проведен расчёт среднесуточных исполненных размеров движения в нечётном направлении за 2018-2020 годы (таблицы Б.5-Б.7 Приложения Б). На основе максимального значения среднесуточных размеров движения по участкам рассчитаны $k_{ок}$ за 2018-2020 годы (таблицы Б.8-Б.10 Приложения Б). На основе $k_{ок}$ по годам определены максимальные коэффициенты ежемесячно, их значения приведены в таблице Б.11 Приложения А.

Выполнены расчеты $k_{ок}$, приведенные в Б.12 Приложения Б, позволяющие учитывать неравномерность объёмов проведения ремонтно-путевой кампании на направлениях А-Б-В и Г-Д-Е, с помощью $k_{ок}$ можно учитывать данный фактор при расчете пропускной способности.

3.1.4 Методические положения расчёта рисков неосвоения объёмов перевозок с учётом длительности ремонтно-путевых работ

В соответствии с поручением Президента Российской Федерации В.В. Путина № Пр-950 от 05.06.2021 (далее – Поручение 950) Правительству Российской Федерации совместно с ОАО «РЖД» поручено обеспечить проведение инвентаризации технического состояния железнодорожных путей общего пользования на предмет наличия лимитирующих ограничений пропускной способности, а также просроченных сроков всеми видами ремонта и по результатам утвердить Программу по поэтапному выводу к 2030 году с прогнозом на период до 2035 г. путевого комплекса на нормативный уровень (далее – Программа).

Для решения данного вопроса предложены методические положения расчёта рисков неосвоения объёмов перевозок с учётом длительности ремонтно-путевых работ при реализации Программы. В процессе оценки рисков учтено влияние не только «окон» по текущему содержанию, ремонту, но и развития инфраструктуры.

На основе данных о перспективных объёмах погрузки на расчётные g лет с использованием АС ПРОГРЕСС выполнены вариантыные расчеты рисков неосвоения перевозок при двух вариантах ремонта инфраструктуры и реализации

строительных мероприятий. Влияние объёмов проведения «окон» на полигоны рассмотрено по дорогам с определением лимитирующего сечения на полигоне (расчёт величины снижения допустимых размеров движения Δn_g производится по формуле (3.20)). Пропускная способность участков принята на основе перспективных значений пропускной способности на расчётные годы (n_g^{**}), а провозная способность полигонов на основе величин, утверждённых нормативными документами.

$$\Delta n_g = \Delta n_{1\text{й год}} \times \frac{\sum H_g}{\sum H_{1\text{й год}}}, \quad (3.20)$$

где $\sum H_g$ – суммарный объём проводимых окон на расчётный год g , часов;

$\sum H_{1\text{й год}}$ – суммарный объём проводимых окон на первый год, часов.

Рассчитаны риски неосвоения перевозок (P) для вариантов проведения ремонта инфраструктуры по существующей технологии и с учетом закупки высокопроизводительной техники (формула (3.21)).

$$P = \Delta n * \alpha, \text{ если } \Delta n < 0, \quad (3.21)$$

где α – коэффициент перевода поездопотока в грузопотоки в год.

На рисунках 3.6-3.7 приведены средневзвешенные значения выработки путевых машинных станций (ПМС) по всем видам ремонтов и риски неосвоения перевозок. Как видно из рисунка, выработка во 2-4 годах снижается относительно первого года в связи с износом существующей техники и незначительной закупкой новой, в 5-10 годах идёт равная закупка техники в течении года и увеличении производительности ПМС при росте объёмов перевозок на всём рассматриваемом периоде. В результате к пятому году риски неосвоения перевозок снижаются до минимума. Результаты расчётов для стыковых пунктов приведены на рисунке 3.8, где для вариантов с увеличением выработки ПСМ и без него приведена технически допустимая передача для стыкового пункта ($n_g^{**} - \Delta n_g$) в сравнении с n_g^{**} и образованием на стыковой пункт ($n_{обр}$).

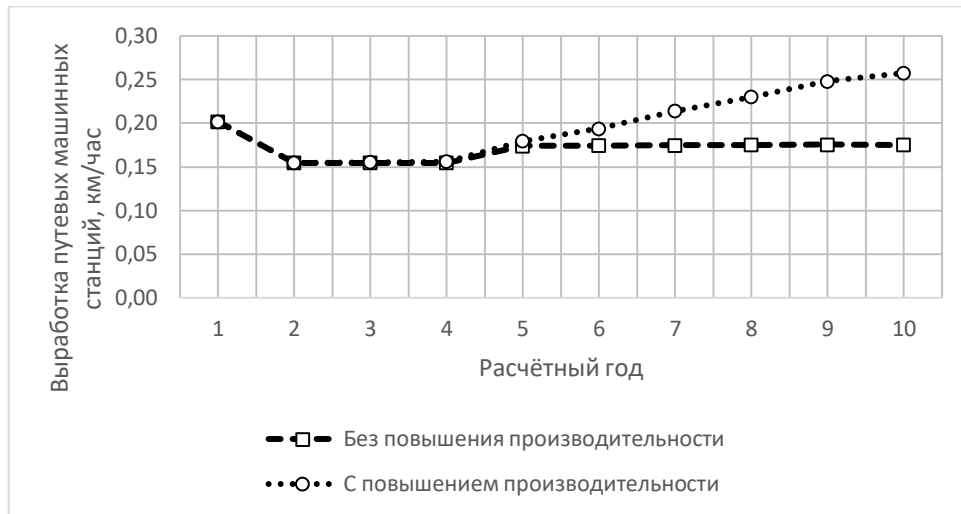


Рисунок 3.6 – Выработка ПМС на расчётные годы

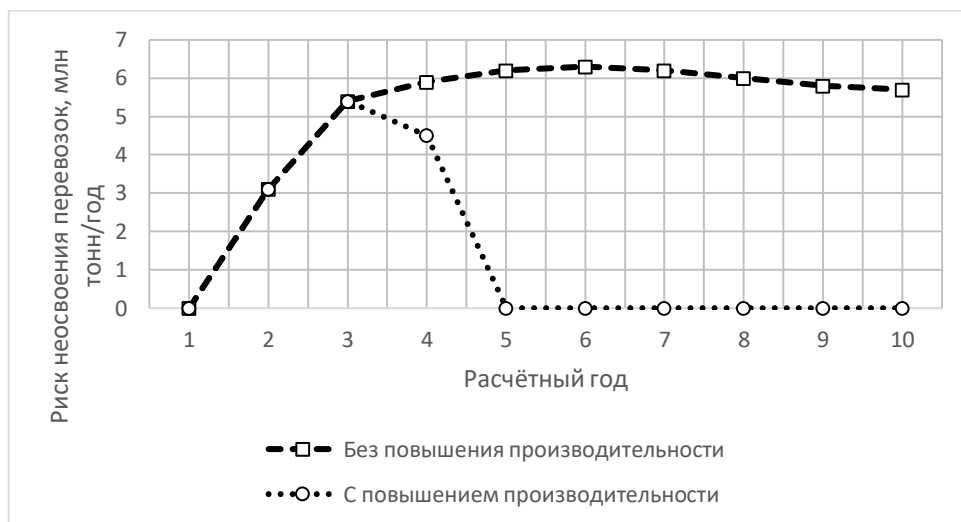


Рисунок 3.7 – Риски неосвоения перевозок на расчётные годы

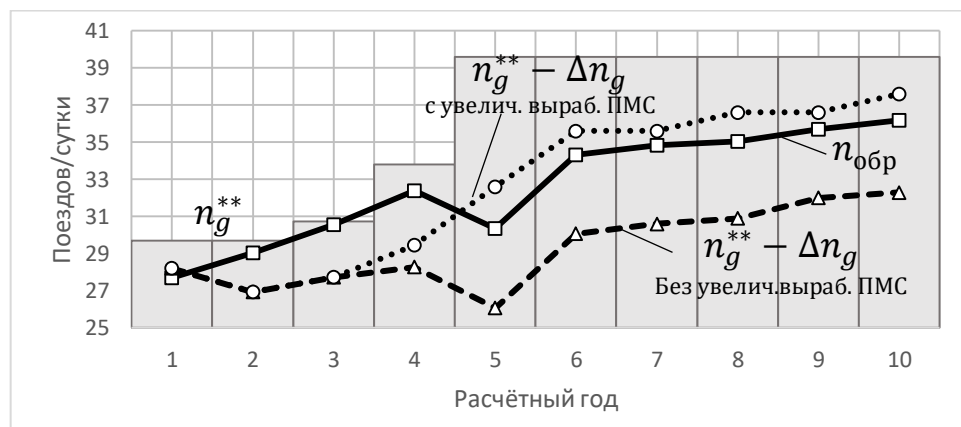


Рисунок 3.8 – Изменение технически допустимых размеров передачи по стыковому пункту полигона

Ниже приведена подробная методика расчёта рисков неосвоения объемов перевозок с учётом длительности ремонтно-путевых работ:

1) Определение технически допустимых размеров передачи в поездах за крайние 12 месяцев по участкам расчета (матрица A1).

Среднегодовые технически допустимые размеры передачи за первый год рассчитываются по формуле (3.22):

$$n_1^* = \frac{\sum_1^{12} n_i^*}{12}, \quad (3.22)$$

где n_i^* – среднемесячные технически допустимые размеры передачи в месяц i , поездов/сутки.

$$A1 = \begin{pmatrix} n_{1,1}^* & \cdots & n_{1,j}^* \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{i,1}^* & \cdots & n_{i,j}^* \end{pmatrix}, \quad (3.23)$$

где j – расчетный участок.

2) Определение технически допустимых размеров передачи без ремонтных окон за $1 \dots g$ годы ($n_1^{**}, n_2^{**}, \dots, n_g^{**}$) (матрица A2):

$$A2 = \begin{pmatrix} n_{1,1}^{**} & \cdots & n_{1,j}^{**} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{g,1}^{**} & \cdots & n_{g,j}^{**} \end{pmatrix}, \quad (3.24)$$

где g – расчетный год.

3) Расчёт величины снижения допустимых размеров движения на первый год выполняется по формуле (3.25):

$$\Delta n_1^{\text{доп}} = n_1^{**} - n_1^*, \quad (3.25)$$

4) Расчёт величины снижения допустимых размеров движения на $2 \dots g$ годы выполняется по формуле (3.26):

$$\Delta n_g^{\text{доп}} = \Delta n_1^{\text{доп}} \times \frac{\sum H_g}{\sum H_1}, \quad (3.6)$$

где $\sum H_g$ – суммарный объём проводимых окон на расчётный год (матрица A3), часов;

$\sum H_1$ – суммарный объём проводимых окон на первый год, часов.

$$A3 = \begin{pmatrix} \Delta n_{1,1}^{\text{доп}} & \cdots & \Delta n_{1,j}^{\text{доп}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta n_{g,1}^{\text{доп}} & \cdots & \Delta n_{g,j}^{\text{доп}} \end{pmatrix}, \quad (3.27)$$

5) Расчёт снижения передачи по годам по стыковым пунктам выполняется по формуле (3.28) (матрица A4):

$$\Delta n = \begin{cases} n_{\text{обр}} - (n_g^{**} - \Delta n_g^{\text{доп}}), & \text{если } n_{\text{обр}} > n_g^{**} - \Delta n_g^{\text{доп}}; \\ 0, & \text{если } n_{\text{обр}} \leq n_g^{**} - \Delta n_g^{\text{доп}} \end{cases}, \quad (3.28)$$

где $n_{\text{обр}}$ – величина образования поездопотока на стык, поездов/сутки.

$$A4 = \begin{pmatrix} \Delta n_{1,1} & \cdots & \Delta n_{1,j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \Delta n_{g,1} & \cdots & \Delta n_{g,j} \end{pmatrix}, \quad (3.29)$$

6) Расчёт величины рисков неосвоения объемов погрузки по формуле (3.30) (матрица A5):

$$A5 = \begin{pmatrix} P_{1,1} & \cdots & P_{1,j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{g,1} & \cdots & P_{g,j} \end{pmatrix}. \quad (3.30)$$

3.2 Разработка вариантов эксплуатационной работы полигона

3.2.1 Параметры плана формирования грузовых поездов

При разработке вариантных технологических режимов может возникнуть необходимость изменения плана формирования грузовых поездов. Расчет плана формирования грузовых поездов предлагается выполнять с использованием Программного обеспечения технологии организации вагонопотоков (АСОВ) Подсистема автоматизированного расчёта сетевого плана формирования грузовых поездов с учётом вариативности экономических параметров СПФ-2.

3.2.1.1 Методика определения необходимости перерасчета сетевого плана формирования грузовых поездов (ПФП)

Для решения задачи определения необходимости перерасчета ПФП предлагается использовать нижеследующую методику.

Автоматизированный расчет плана формирования грузовых поездов в СПФ-2 выполняется на основе исходных данных. Предлагается вносить изменения в следующие параметры расчета:

- Исходные корреспонденции вагонопотоков;
- Пропускные способности перегонов;
- Параметры потенциальных назначений плана формирования (используемых как первоначальные возможные варианты назначений, в которые могут быть включены потоки);
- Параметры работы станций (технически допустимые размеры переработки и допустимое число назначений формируемых поездов);
- Иерархия порядка прокладки корреспонденций по сети потенциальных назначений.

Проведена разработка классификации факторов и их влияния на исходные данные для расчета ПФП, которая приведена на рисунке 3.9. Для определения

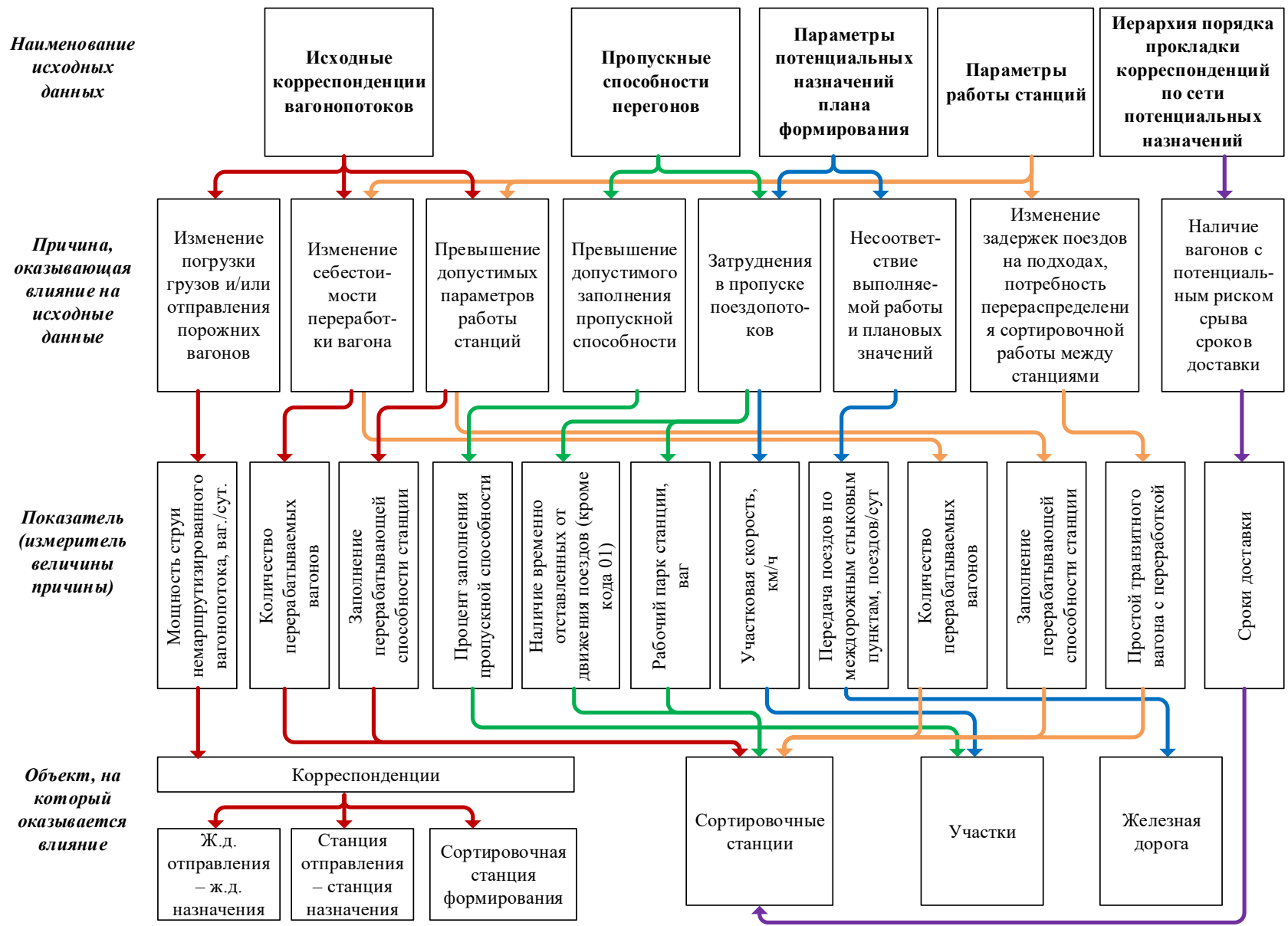


Рисунок 3.9 – Классификации факторов и их влияния на исходные данные для расчета ПФП

необходимости перерасчета ПФП производится оценка изменения показателя относительно нормативного значения (ΔZn) на протяжении периода времени более T^* . Перечень факторов, влияющих на запуск автоматического перерасчёта плана формирования поездов приведен в таблице 3.1.

Величина порогового отклонения моделируемого значения показателя (*мод*) от нормативного (*норм*) ΔZn , которые являются настраиваемыми в ходе выполнения расчетов, кроме процента заполнения пропускной способности ($\gamma_y^{пс\ мод} > \gamma_y^{пс\ норм}$), наличия временно отставленных от движения поездов ($N_x^{отст} > 0$) и сроков доставки ($t_x^{дост\ мод} > t_x^{дост\ норм}$).

Минимально необходимая продолжительность отклонения изменения показателя (T) на величину ΔZn – настраиваемая величина (T^*), настройка выполняется при выполнении расчетов. Условие (по времени) запуска перерасчета приведено ниже:

$$T_{Zn} > T_{Zn}^* . \quad (3.31)$$

3.2.1.2 Методика автоматизированного улучшения базового решения

В Инструктивных указаниях по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» [157] «после расчета базового варианта плана формирования осуществляется проверка ряда ограничений и логических условий, которые возможно осуществить только после прокладки всех струй вагонопотоков и определения всех назначений плана формирования, с диалоговой корректировкой решения, включающей:

устранение петель в маршрутах вагонопотоков по сети УРЛБ (под «петлей» в маршруте следования потока здесь понимается часть пути, началом и концом которого является одна и та же сортировочная система);

удаление «слабых» назначений, не являющихся обязательными и не отвечающих ограничению по минимальной мощности сквозных назначений, с

Таблица 3.1 – Факторы, влияющие на запуск автоматического перерасчёта плана формирования поездов

Наименование исходных данных	Причина, оказывающая влияние на исходные данные	Показатель (измеритель величины причины)	Объект, на который оказывается влияние	Порог отклонения от исходных или расчётных значений	
				Величина (Zn)	Продолжительность отклонения (T)
1	2	3	4	5	6
Исходные корреспонденции вагонопотоков	Изменение погрузки грузов и/или отправления порожних вагонов	Мощность струи немаршрутизированного вагонопотока, ваг./сут. (N)	Корреспонденции: 1) Железная дорога отправления назначения (j); 2) Станция отправления (k) – станция назначения (m); 3) Сортировочная станция формирования (x).	$\Delta N_{i,j}^d = N_{i,j}^{d \text{ мод}} - N_{i,j}^{d \text{ норм}}$, где <i>норм</i> – нормативное значение; <i>мод</i> – моделируемое значение. $\Delta N_{k,m}^c = N_{k,m}^{c \text{ мод}} - N_{k,m}^{c \text{ норм}}$	$T_{N_{i,j}^d} > T_{N_{i,j}^{d*}}$ $T_{N_{k,m}^c} > T_{N_{k,m}^{c*}}$
	Изменение себестоимости переработки вагона	Количество перерабатываемых вагонов ($N_x^{\text{пер}}$)	Сортировочные станции (x)	$\Delta N_x^{\text{пер}} = N_x^{\text{пер мод}} - N_x^{\text{пер норм}}$	$T_{N_x^{\text{пер}}} > T_{N_x^{\text{пер}*}}$
	Превышение допустимых параметров работы станций	Заполнение перерабатывающей способности станции ($N_x^{\text{пс}}$)	Сортировочные станции (x)		$\Delta N_x^{\text{пс}} = N_x^{\text{сп мод}} - N_x^{\text{пс норм}}$
Пропускные способности перегонов	Превышение допустимого заполнения пропускной способности	Процент заполнения пропускной способности ($\gamma_y^{\text{сп}}$)	Участки (y)	$\gamma_y^{\text{пс мод}} > \gamma_y^{\text{пс норм}}$	$T_{\gamma_y^{\text{сп}}} > T_{\gamma_y^{\text{сп}*}}$

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
Пропускные способности перегонов	Затруднения в пропуске поездопотоков	Наличие временно отставленных от движения поездов ($N_x^{отст}$)	Сортировочные и участковые станции (x)	$N_x^{отст} > 0$	$T_{N_x^{отст}} > T_{N_x^{отст}}^*$
		Рабочий парк станции, ваг (N_x^p)	Сортировочные и участковые станции (x)	$\Delta N_x^p = N_x^{p \text{ мод}} - N_x^{p \text{ норм}}$	$T_{N_x^p} > T_{N_x^p}^*$
Параметры потенциальных назначений плана формирования	Несоответствие выполняемой работы и плановых значений	Передача поездов по междорожным стыковым пунктам, поездов/сут ($n_i^{сд}$)	Железная дорога (i)	$\Delta n_i^{сд} = n_i^{сд \text{ мод}} - n_i^{сд \text{ норм}}$	$T_{n_i^{сд}} > T_{n_i^{сд}}^*$
	Затруднения в пропуске поездопотоков	Участковая скорость, км/ч ($v_y^{уч}$)	Участки (y)	$\Delta v_y^{уч} = v_y^{уч \text{ мод}} - v_y^{уч \text{ норм}}$	$T_{v_y^{уч}} > T_{v_y^{уч}}^*$
Параметры работы станций	Изменение задержек поездов на подходах	Простой транзитного вагона с переработкой ($t_x^{сп}$)	Сортировочные станции (x)	$\Delta t_x^{сп} = t_x^{сп \text{ мод}} - t_x^{сп \text{ норм}}$	$T_{t_x^{сп}} > T_{t_x^{сп}}^*$
	Себестоимости переработки вагона				
	Потребность перераспределения сортировочной				
	Изменение себестоимости переработки вагона	Количество перерабатываемых вагонов ($N_x^{пер}$)	Сортировочные станции (x)	$\Delta N_x^{пер} = N_x^{пер \text{ мод}} - N_x^{пер \text{ норм}}$	$T_{N_x^{пер}} > T_{N_x^{пер}}^*$
Превышение допустимых параметров работы станций	Заполнение перерабатывающей способности станции ($N_x^{пс}$)	Сортировочные станции (x)	$\Delta N_x^{пс} = N_x^{пс \text{ мод}} - N_x^{пс \text{ норм}}$	$T_{N_x^{пс}} > T_{N_x^{пс}}^*$	
Иерархия порядка прокладки корреспонденций по сети потенциальных назначений	Наличие вагонов с потенциальным риском срыва сроков доставки	Сроки доставки ($t_x^{дост}$)	Сортировочные станции (x)	$t_x^{дост \text{ мод}} > t_x^{дост \text{ норм}}$	по событию

расчетом новых путей следования по назначениям всех вагонопотоков, которые были прикреплены к удаленным назначениям;

разукрупнение назначений с мощностью, превышающей заданную технологом, с выделением «удлиненных» сквозных назначений».

После выполнения расчета плана формирования грузовых поездов (базового решения) необходимо верифицировать результат по критериям предотвращения роста расходов на формирование поездов и продвижения вагонопотоков. Предлагается следующая методика автоматизированного улучшения базового решения.

В ходе проверки результатов расчета ПФП на основе исполненных вагонопотоков и действующего плана формирования грузовых поездов необходимо определить период анализа фактических данных ($T_{ан}$):

$$T_{ан} = T_{расч} , \quad (3.32)$$

где $T_{расч}$ – период, на который выполнялся расчёт ПФП, сут.

Каждое предложение, полученное по итогам расчета ПФП (базового решения), верифицируется:

1) Удаление «слабых» назначений, не являющихся обязательными и не отвечающих ограничению по минимальной мощности сквозных назначений:

- Проверка наличия предлагаемого к удалению «слабого» назначения $N_{j,i,gr}^{расч}$ в действующем ПФП, если есть, то назначение можно удалить, если это группа многорупного поезда или стоит запрет удаления «слабого» – удаление назначения запрещено:

$$\{N_{j,i,gr}^{расч} \rightarrow \emptyset\} \in \{N_{j,i,gr}^{расч} = N_{j,i,gr}^{норм}\} \quad (3.33)$$

где $N_{j,i,gr}^{норм}$ – назначение в действующем ПФП со станции j на i с количеством групп gr .

- Проверка фактической мощности ($N_i^{\text{ан}}$) назначения (i) на удаление «слабого» назначения в соответствии с пунктом 3.4.19 [157]:

$$\{N_i^{\text{расч}} \rightarrow \emptyset\} \in \{N_i^{\text{ан}} < N_{\text{min}}\} \quad (3.34)$$

где $N_i^{\text{расч}}$ – расчетная мощность «слабого» назначения (i), ваг./сут.;

N_{min} – минимально допустимая мощность назначения в соответствии с пунктом 3.4.19 [157], ваг/сут.

2) Разукрупнение назначений с мощностью, превышающей заданную технологом, с выделением «удлиненных» сквозных назначений:

- Первое назначение $N_{i,1}^{\text{расч}}$ из «удлиненных» сквозных назначений в фактических потоках проверяется на возможность подавления, если оно не удалится как «слабое» назначение, то определяется второе назначение из «удлиняемых» $N_{i,2}^{\text{расч}}$ в фактических потоках и проверяется на удаление как «слабого», если оно удалится, то предложение к «удлинению» сквозного назначения не принимается:

$$\{N_{i,1}^{\text{расч}} \wedge N_{i,2}^{\text{расч}} \rightarrow \{N_i^{\text{расч}}\}\} \in \{N_{i,1}^{\text{ан}} > N_{\text{min}} \wedge N_{i,2}^{\text{ан}} > N_{\text{min}}\} \quad (3.35)$$

где $\{N_i^{\text{расч}}\}$ – множество назначений в расчетном ПФП.

3) Устранение петель в маршрутах вагонопотоков по сети УРЛБ:

- Проверяем, чтобы назначение $N_{i,j,k}^{\text{расч}}$ из которого переключаются ЕСР совпадало с первой станцией устранения петель в маршрутах вагонопотоков (s), исключаем области, которые не совпадают по исходному назначению:

$$\{N_{i,j,k}^{\text{расч}} \rightarrow \{N_i^{\text{расч}}\}\} \in \{j = s\} \quad (3.36)$$

где j – станция, через которую проходит назначение $N_{i,j,k}^{\text{расч}}$.

3.2.1.3 Методика расчёта областей включения с учётом действующей технологии развоза «местных» вагонопотоков

Для формирования полноценного плана формирования грузовых поездов необходим расчет областей включения вагонов в назначения, которые по станции должны охватывать все ЕСП сети. Существующие математические методы, рассчитывающие области включения по принципу «а далее», т.е. по графу сети от конечных станций, на которые по ПФП следуют вагонопотоки, производится поиск тяготеющих к ней станций путем определения кратчайших расстояний до станций (пункт 3.12.1 [157]). Данный алгоритм в условиях применения в автоматизированных системах в некоторых случаях даёт результат, расходящийся с технологией развоза местного груза от станций ПФП. Для учёта данного фактора предлагается следующая методика расчета областей включения, основной отличительной особенностью является использование действующего ПФП по расчетным станциям как основы для развоза местного груза с этой станции (алгоритм применения данной методики представлен на рисунке 3.10).

Определение области, включаемой в станцию назначения агрегированной корреспонденции (это разагрегация корреспонденции, но на все прилегающие станции, включая «нулевые» корреспонденции):

- Выполняется на основе действующего ПФП по станции назначения агрегированной корреспонденции, где исключаются области включения назначений на расчётные станции, все остальные области включения – область включения агрегированной корреспонденции;

- Для двусторонних сортировочных станций аналогичные действия, но из общего перечня ЕСП 01000-99999 исключаются ЕСП назначений на расчётные станции без учёта системности станции;

- 1) После расчёта ПФП дублируются области включения в назначения из действующего ПФП таким образом, чтобы:

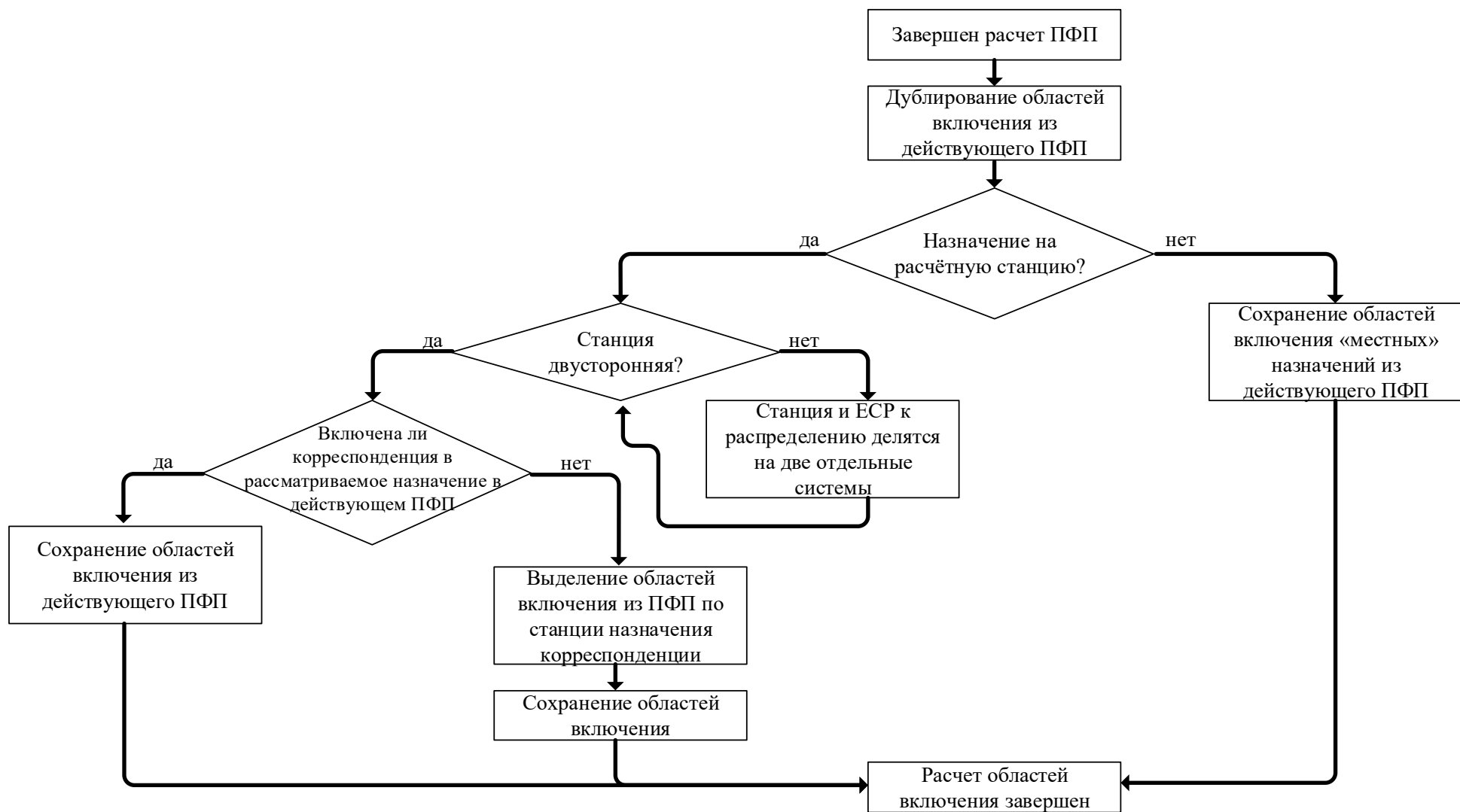


Рисунок 3.10 – Алгоритм расчёта областей включения с учётом действующей технологии развоза «местных» вагонопотоков

- «местный» план (назначения не на расчётные станции) копируется из действующего ПФП и не корректируется в дальнейшем, т.е. область, включаемая в станцию назначения агрегированной корреспонденции, является неделимой в процессе расчёта областей включения;

- Области включения в назначениях на расчётные станции являются массивом, который подлежит распределению по назначениям расчёта в полном объёме (полный охват).

2) Прокладываются «нулевые» корреспонденции до всех агрегированных станций назначения.

3) Проверяется, включены ли агрегированные корреспонденции в назначение, если:

- Агрегированная корреспонденция включена в назначение, но ЕСР этой станции нет в продублированных из действующего ПФП областях, то из п.п. 1 берётся область, включаемая в станцию назначения агрегированной корреспонденции;

- Агрегированная корреспонденция включена в назначение, ЕСР этой станции есть в продублированных из действующего ПФП областях – действие не требуется.

4) Проверяется полный охват ЕСР по расчётной станции.

5) Проверяется отсутствие ЕСР, взятых из «местного» плана по станции, если они всё-таки есть, то они принудительно возвращаются в назначения местного плана.

После введения особых условий, ЕСР с особыми условиями вписываются в соответствующие назначения, а для базовых ЕСР через «КРОМЕ» исключаются из базовых.

3.2.2 Параметры директивного плана технологических окон

Директивный план технологических окон в рамках разработки вариантных технологических режимов принимается как входная информация, его корректировка не проводится. Директивные «окна» для ВТР выступают в роли ограничения, область применения ВТР по отношению к директивным «окнам» определяется на основе классификации, приведенной в параграфе 2.1.

В условиях вариативности направлений погрузки, планов эксплуатационной работы, ограниченности в механизированных средствах путевых машинных станций возникает потребность в выполнении расчетов технически допустимых размеров движения поездов по участкам. В настоящее время при расчётах в АС ПРОГРЕСС используются данные АС АПВО, содержащие информацию о количестве ниток в вариантном графике движения поездов [217, 160]. В основном такая информация содержится в утвержденных месячных и директивных планах проведения «окон». В случае, когда вариантные графики отсутствуют (например, при изменении географии погрузки или среднесрочном планировании) расчёты технически допустимых размеров движения поездов в оконные сутки ($n_{ок}$) выполняются с использованием коэффициента снижения допустимых размеров движения грузовых поездов, зависящего от технической вооруженности участка и технологии пропуска поездов [8, 217]:

$$n_{ок} = n_{ГДП} - \frac{n_{ГДП} \times T_{ок} \times \Omega}{24}, \text{ если } T_{ок} \neq 0 \wedge n_{ВГДП} = \emptyset, \quad (3.37)$$

где $n_{ГДП}$ – графические размеры движения грузовых поездов в сутки без окон, поездов/сутки;

$n_{ВГДП}$ – размеры движения грузовых поездов по вариантному графику движения поездов в оконные сутки, поездов/сутки;

$T_{ок}$ – продолжительность проведения «окна», час;

Ω – коэффициент снижения допустимых размеров движения грузовых поездов, зависящий от технической вооруженности участка и технологии пропуска поездов.

Коэффициент Ω может рассчитываться в зависимости от $T_{ок}$ (см. параграф 2.4), но в таком случае технология подвода и вывода хозяйственных поездов с места проведения работ учитывается косвенно. Так как подвод вывод хозяйственных поездов производится в период до и после проведения «окна», размеры движения в течении которого по формуле (3.37) остаются неизменными. Предлагается усовершенствование формулы расчета $n_{ок}$ с добавлением в неё переменной $n_{хоз}$:

$$n_{ок} = n_{ГДП} - \frac{n_{ГДП} \times T_{ок} \times \Omega}{24} - n_{хоз}, \text{ если } T_{ок} \neq 0 \wedge n_{ВГДП} = \emptyset, \quad (3.38)$$

где $n_{хоз}$ – число ниток хозяйственных поездов для подвода/вывода путевой техники к месту проведения работ.

Число ниток хозяйственных поездов зависит от продолжительности проведения «окна»:

$$n_{хоз} = \begin{cases} n_{хоз}^{ПОДВ} + n_{хоз}^{ВЫВ}, \text{ если } T_{ок} < 1 \text{ сут.}; \\ n_{хоз}^{ПОДВ}, \text{ если } T_{ок} = 1 \text{ сут.} \wedge d_{ок} = T_{ок}; \\ n_{хоз}^{ВЫВ}, \text{ если } T_{ок} = 1 \text{ сут.} \wedge d_{ок} = T_{ок} + 1 \rightarrow n_{ок} = n_{ГДП} - n_{хоз}; \\ n_{хоз}^{ПОДВ}, \text{ если } T_{ок} > 1 \text{ сут.} \wedge d_{ок} = 1; \\ n_{хоз}^{ВЫВ}, \text{ если } T_{ок} > 1 \text{ сут.} \wedge d_{ок} = T_{ок}, \end{cases} \quad (3.39)$$

где $n_{хоз}^{ПОДВ}$ – число ниток хозяйственных поездов для подвода путевой техники к месту проведения работ, ниток;

$n_{хоз}^{ВЫВ}$ – число ниток хозяйственных поездов для вывода путевой техники с места проведения работ, ниток;

$d_{ок}$ – номер оконного дня.

3.2.3 Параметры норм массы и длин грузовых поездов

При моделировании вариантного технологического режима в составе гибридного модельного комплекса на сетевой потоковой модели для определения показателей в модели существует проблема определения технологически допустимых размеров грузового движения в вагонах, средней длины назначения в вагонах и средней длины поездов, выполняющих развоз вагонов до станций назначения вагонов. В действующих нормативных документах и автоматизированных системах отсутствует методика расчета указанных показателей, учитывающая особенности данных, содержащихся в автоматизированных системах.

Методические положения по расчету технологически допустимых размеров грузового движения в вагонах, средней длины назначения в вагонах и средней длины поездов, выполняющих развоз вагонов до станций назначения вагонов приведены ниже.

Технологически допустимые размеры грузового движения в вагонах ($N_{тех.доп.}$):

$$N_{тех.доп.} = \sum N_{назн} \times \left(\frac{n_{тех.доп.}}{n_{уч}} \right), \quad (3.40)$$

где $\sum N_{назн}$ – сумма вагонов $N_{назн}$ во всех назначениях (*назн*), ваг/сут;

$n_{тех.доп.}$ – технологически допустимые размеры грузового движения по участку, поездов/сутки;

$n_{уч}$ – расчётные размеры движения по участку, поездов/сутки.

Средний состав назначения (m):

а) если есть средний состав по статистическим данным по назначениям: средний состав по статистическим данным;

б) если нет среднего состава по статистическим данным по назначениям:

для назначения по ПФП –

$$m_{\text{ПФП}} = \frac{Q_{\text{УРЛБ}}^{\text{min}}}{P_{\text{дин дор}}^{\text{гр}} + T_{\text{дор отпр}}}, \quad (3.41)$$

где $Q_{\text{УРЛБ}}^{\text{min}}$ – минимальный унифицированный вес для УРЛБ, образующих путь следования назначения (по данным СЕТИ-3), тонн;

$P_{\text{дин}}^{\text{гр}}$ – средняя динамическая нагрузка вагона по дороге отправления назначения, т/ваг;

$T_{\text{дор отпр}}$ – средняя масса тары вагона по дороге отправления назначения, т/ваг;

для назначения по ПФМ (порожнее) – длина состава в физических вагонах (если есть), если нет, то в условных вагонах по плану маршрутизации;

для назначения по ПФМ (грузёное) –

$$m_{\text{ПФМ}}^{\text{гр}} = \frac{Q_{\text{назн}}}{P_{\text{дин груза}}^{\text{гр}} + T_{\text{РПС}}}, \quad (3.42)$$

где $Q_{\text{назн}}$ – вес состава данного назначения (по данным ПФМ), тонн;

$P_{\text{дин}}^{\text{гр}}$ – средняя динамическая нагрузка вагона по роду груза, т/ваг;

$T_{\text{дор отпр}}$ – масса тары вагона по роду подвижного состава, т/ваг.

в) для поездов, выполняющих развоз вагонов до станций назначения вагонов, следующих по 1 дороге: средневзвешенный средний состав по перегонам, образующим «доезд»

$$m_{\text{доезд}} = \frac{\sum (m_{\text{пер}} \times n_{\text{пер}})}{\sum n_{\text{пер}}}, \quad (3.43)$$

где $m_{\text{пер}}$ – средний состав поезда по перегону, ваг/поезд;

$n_{\text{пер}}$ – число поездов на перегоне.

г) для поездов, выполняющих развоз вагонов до станций назначения вагонов, следующих более чем по 1 дороге:

$$m_{\text{доезд}}^{>1 \text{ дор}} = \frac{Q_{\text{дор отпр}}}{P_{\text{дин дор}}^{\text{гр}} + T_{\text{дор отпр}}}, \quad (3.44)$$

где $Q_{\text{дор отпр}}$ – средний вес поезда по дороге отправления, тонн.

В связи с неполнотой описания ПФП в информационных системах сведений о ПФП с других железнодорожных администраций возникает задача прокладки корреспонденций с других администраций в назначениях для учета в сетевой потоковой модели. Для решения задачи предлагаются следующие нижеуказанные методические принципы решения.

Порядок прокладки межгосударственных корреспонденций с зарубежных станций, по которым не описан ПФП (для импорта и транзита):

1) Для межгосударственных корреспонденций определяется стыковой пункт входа на территорию РФ в соответствии с [157];

2) Определяются назначения, проходящие через выбранный межгосударственный стыковой пункт, от станций расформирования данных назначений строим дальнейший путь по ПФП, из построенных вариантов путей следования выбирается кратчайший и принимается как путь следования корреспонденции в назначениях;

3) Путь следования от станции погрузки до первой станции переработки, рассматриваемой в п. 2, считается поездом, выполняющим развоз вагонов до станций назначения вагонов, и строится по кратчайшему пути следования [16].

3.2.4 Параметры технологии тягового обслуживания полигонов железнодорожной сети

Параметры технологии тягового обслуживания при разработке вариантного технологического режима работы полигона железнодорожной сети разрабатываются в увязке с действующей технологией в «нормальных» условиях её работы. При направлении поездов кружностью [12] внутри полигона требуется

перераспределение тяговых ресурсов, что возможно рассчитать аналитически в зависимости от потребных объёмов перевозок, исходя из коэффициента потребности локомотивов [157].

$$k_{\Pi} = k_{\Pi.г.} - \frac{L_{уч}}{12 \times V_{уч.г}} + \frac{L_{уч}}{12 \times V_{уч.гр}} + \frac{[(1 - \alpha'_{тр}) \times (t'_{ож.пер.р}) - (t'_{ож.пер.г}) + (1 - \alpha''_{тр}) \times (t''_{ож.пер.р}) - (t''_{ож.пер.г})]}{24} \quad (3.45)$$

где $k_{\Pi.г.}$ – коэффициент потребности локомотивов для УРЛБ по форме ЦДЛ-13 (нормативный график);

$L_{уч}$ – длина участка, км;

$V_{уч.г}$ – участковая скорость по нормативному графику, км/ч;

$V_{уч.гр}$ – участковая скорость при заданных размерах грузового движения, км/ч;

$\alpha_{тр}$ – коэффициент транзитности по станции, ограничивающей УРЛБ;

$t_{ож.пер.р}$ – время ожидания локомотивом отправления с поездом по станции, ограничивающей УРЛБ, при расчётных размерах грузового движения, ч;

$t_{ож.пер.г}$ – время ожидания отправления по станции, ограничивающей УРЛБ, при графиковых размерах грузового движения, ч;

' – значения для начальной станции, ограничивающей УРЛБ;

'' – значения для конечной станции, ограничивающей УРЛБ.

Для расчёта $V_{уч.гр}$ используется имитационная модель участка, которая по заданным законам распределения значений величин (интервалов поступающего потока, времен выполнения операций, а также среднесуточных размеров грузового движения) позволяет учитывать неравномерность движения в рассматриваемый период, техническое оснащение участка и путевое развитие станций [8].

В рамках поставленной задачи по оценке тяговых ресурсов поездной работы при нескольких вариантах тягового обслуживания полигона в зависимости от порядка отклонения поездопотоков от участка действия длительного ограничения проведено моделирование участковых скоростей для различных конфигураций

соотношения размеров грузового движения на полигоне (рисунок 3.11). Результаты моделирования $V_{\text{уч.гр}}$ для участков а) 1-5-7-4; б) 1-8-9-10; в) 10-11-12-13-7; г) 9-5 (цифры – условные номера технических станций на рисунке 3.11) приведены на рисунке 3.12 [3].

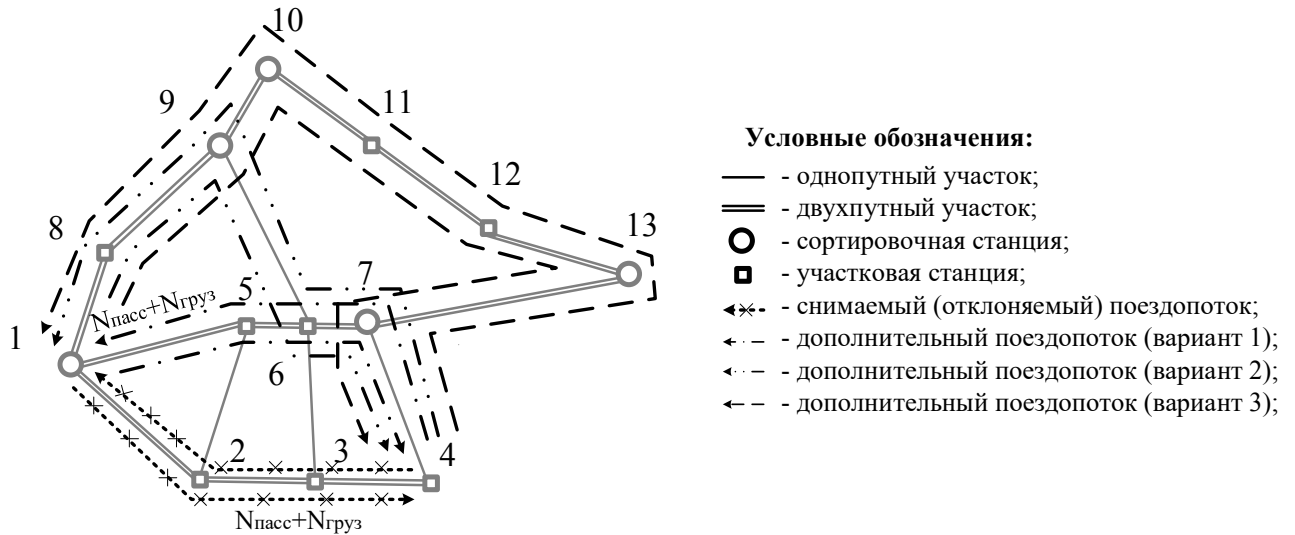


Рисунок 3.11 – Моделируемый полигон

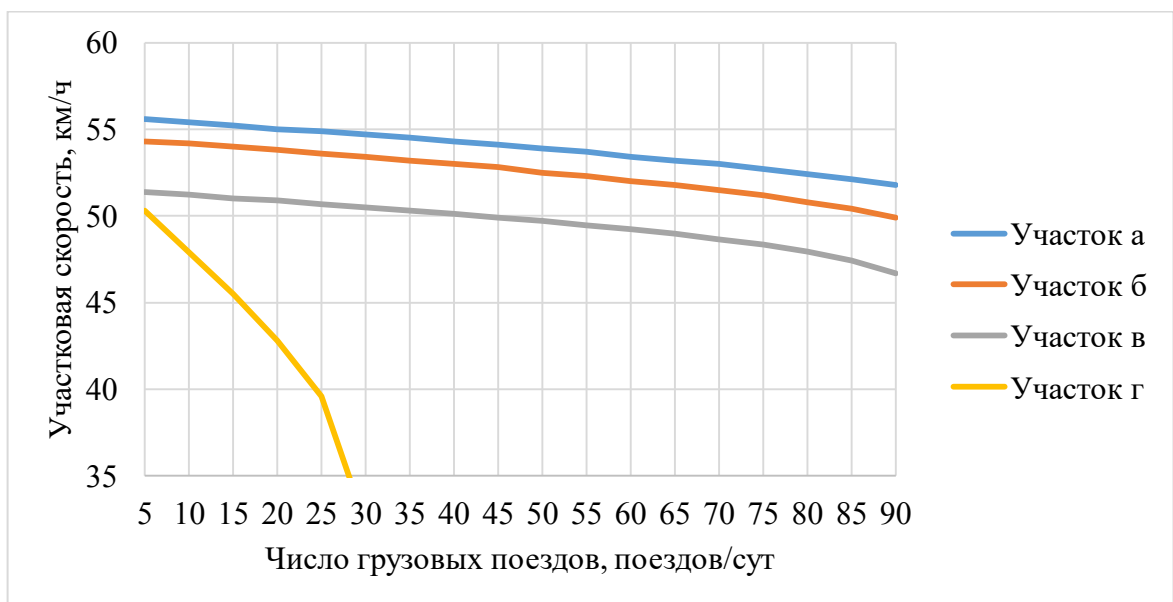


Рисунок 3.12 – Зависимости участковой скорости грузовых поездов на участках а-г от размеров грузового движения

После корректировки нормативного $k_{\text{п}}$ для полигона проверяется достаточность наличия исправных локомотивов для обеспечения перевозок. Сравнение вариантов отклонения поездопотоков предлагается проводить на основе

коэффициента надёжности расчётной технологии тягового обслуживания полигона для УРЛБ ($H_{р.тяг.}$) по формуле (3.46):

$$H_{р.тяг.} = 1 - \frac{(\alpha_{задерж} n_{задерж} + n_{отст})}{n_{потр}} \quad (3.46)$$

где $n_{задерж}$ – среднесуточное число задержанных поездов на технических станциях в ожидании локомотива, поездов/сутки;

$\alpha_{задерж}$ – доля поездов, задержки которых привели к негативным последствиям (неприём или невывоз других поездов техническими станциями, оставление от движения без локомотивов);

$n_{отст}$ – среднесуточное число несданных / непринятых на полигон поездов из-за отсутствия обеспечения локомотивами и бригадами, поездов/сутки;

$n_{потр}$ – потребное к перевозке среднесуточное число поездов, поездов/сутки.

Имитационное моделирование работы полигона при использовании рассчитанного числа локомотивов на участках для определения коэффициента надёжности рассматриваемой технологии тягового обслуживания полигона для УРЛБ ($H_{р.тяг.}$) проводилось со снятием показателей $n_{задерж}$ и $n_{отст}$, $\alpha_{задерж}$. Величина $\alpha_{задерж}$ определяется подсчётом операций: неприём или невывоз поездов техническими станциями, оставление от движения без локомотивов.

Для различных конфигураций перераспределения поездопотока (варианты 1 – 3, см. рисунок 3.11) проведено моделирование работы полигона с расчётом $H_{р.тяг.}$ результаты расчётов приведены в таблице 3.2. Вариант 2 имеет наибольшее значение надёжности, что позволяет сделать вывод, что наиболее устойчивым вариантом переключения поездопотоков в условиях длительного ограничения в части выбора эффективной технологии тягового обслуживания полигона является второй вариант [3].

Таблица 3.2 – Коэффициент надёжности расчётной технологии тягового обслуживания полигона для УРЛБ

Вариант	$H_{р.тяг}$
1	0,95
2	0,97
3	0,73

3.2.5 Параметры технологии работы технических станций

Основной переменной величиной принят коэффициент занятости по времени путей парка приёма (δ) [136]. Данный параметр позволяет учитывать необходимость технологических резервов мощности стационарных устройств, обуславливаемых двумя группами факторов: 1) компенсация неуправляемых воздействий на перевозочный процесс; 2) обеспечение условий для упреждающих управляющих воздействий на перевозочный процесс [187]. В связи с этим, парк приёма рассматривается в качестве регулирующего элемента системы [10].

Коэффициент занятости путей по времени в приемных и приемо-отправочных парках в общем случае для всех категорий поездов определяется:

$$\delta = [n_p(t_{зан.р} + t_{ож.р}) + n_{уг}t_{ож.р} + n_{тр}(t_{зан.тр} + t_{ож.отпр}) + n_{сф}(t_{зан.оп} + t_{ож.отпр})]/(1440\Pi) \quad (3.47)$$

где Π – число путей в парке; количество поездов соответствующих категорий в сутки n_p (расформировываемых), $n_{тр}$ (транзитных без переработки), $n_{сф}$ (своего формирования) и угловых передач $n_{уг}$ и затраты времени на один поезд (передачу) $t_{зан.р}$, $t_{ож.р}$, $t_{зан.тр}$, $t_{зан.оп}$, $t_{ож.отпр}$ определяются по данным Приложения 1 [157].

Фактическая эксплуатационная надёжность работы комплекса расформирования определяется в зависимости от коэффициента δ .

Число задерживаемых поездов в сутки определяется по формуле:

$$n_3 = (1-0.01H)n_p \quad (3.48)$$

Общее время задержек поездов на подходах к станции в течение суток, мин, с учетом замедления τ_3 и последующего разгона τ_p определяется по формуле:

$$T_3 = t_3 n_p + (\tau_3 + \tau_p) n_3 = (t_{31} + \tau_3 + \tau_p) n_3, \quad (3.49)$$

где t_3 – среднее время задержки на подходе к станции, приходящееся на один грузовой поезд, мин;

t_{31} – то же, приходящееся на один задерживаемый поезд, мин.

Снижение участковой скорости грузовых поездов в связи с задержками поездов на подходе к станции

$$\Delta V_{уч} = \frac{n_{гр} L_{уч}}{\frac{n_{гр} L_{уч}}{V_{уч}} + n_3 t_{31}} - V_{уч}, \quad (3.50)$$

где $V_{уч}$ – участковая скорость грузовых поездов, определяемая в соответствии с Приложением 2 [157], км/ч;

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

$L_{уч}$ – длина участка, км.

Моделируемый комплекс для расчета требуемых зависимостей надежности и задержек представляет собой совокупность бункерных элементов (станционных парков), связанных между собой каналами. Основной поток в расформирование поступает в парк приёма и затем генерируется поток своего формирования (рисунок 3.13).

Загрузка враждебного элемента вызывалась проследованием дополнительного поездопотока. Данный элемент представляет собой подход к станции, и с помощью него определялись величины задержек входящего поездопотока в зависимости от загрузки парка приёма [10].

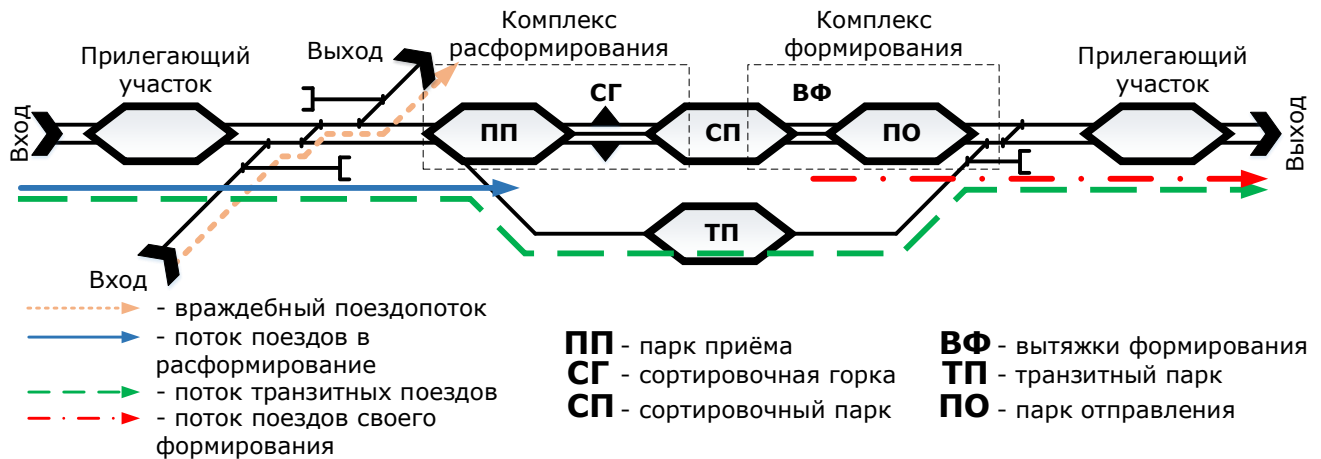


Рисунок 3.13 – Схема моделируемого комплекса расформирования

Движение поездов в модели представляло собой совокупность элементарных технологических операций с перемещением, а также операций в парках станции с занятием путевого развития – ожидание обработки по прибытии, техническое обслуживание и коммерческий осмотр по прибытии и по отправлению, прицепка горочного локомотива, расформирование и формирование. В ходе моделирования произведено множество экспериментов, в ходе которых пошагово менялся уровень потока в расформирование при определённых уровнях загрузки враждебного элемента и таким образом получены искомые зависимости. Работа парка отправления моделировалась с учётом взаимодействия с транзитным парком при различных конфигурациях входящего потока как по количеству, так и по соотношению транзитных поездов и поездов своего формирования [10].

Результаты расчета зависимостей для указанных значений приведены в главе 4.

Для того, чтобы обосновано включать в ВТР тот или иной корректирующий типовую технологию фактор на основе предложенной классификации в разделе 2 нужно определить те факторы, которые принимаются априори (принимаемые без расчета). В основном это технологические факторы, предусмотренные нормативными документами или сложившимися вагонопотоками в рассматриваемый период. Схожими факторами являются определяемые

инфраструктурными ограничениями. Целесообразность учета некоторых факторов необходимо обосновать, т.к. при различных входных данных один и тот же фактор может оказывать разное влияние (принимаемые путем решения технико-экономической задачи). Соответственно, фактор, который более эффективно устранить, в принимаемой технологии работы станции не учитывается.

Для решения технико-экономической задачи предлагается сравнивать расходы для существующей с альтернативной технологией и дополнительными расходами, вызванными изменением технологии.

$$\sum_n^{i=1} N_i t_i e_{\text{вч}} + \sum_p^{j=1} M_j^x t_j^x e_{j \text{лок}}^x + \sum_q^{k=1} t_l e_{l \text{ч}} < (>) \sum_c^{a=1} N_a t_a e_{\text{вч}} + \sum_d^{b=1} M_b^y t_b^y e_{b \text{лок}}^y + \sum_f^{g=1} t_h e_{h \text{ч}} \quad (3.51)$$

где i, j, k – операции при существующей технологии;

a, b, g – операции при изменении технологии;

t_i, t_a – дополнительные затраты времени, на технологическую операцию, связанные с вагонами, ч;

t_j^x, t_b^y – дополнительные затраты времени, на технологическую операцию, связанные с локомотивами соответствующей категории, ч;

$t_{i,j,l,a,b,h}$ – дополнительные затраты времени, на технологическую операцию i, j, l, a, b, h ч;

$N_{i,a}$ – суточное количество вагонов, участвующих в дополнительных затратах времени, шт.;

M_j^x, M_b^y – суточное количество локомотивов соответствующей категории, участвующих в дополнительных затратах времени, шт.;

$e_{\text{вч}}$ – расходная ставка вагоно-часа, руб;

$e_{j \text{лок}}^x, e_{b \text{лок}}^y$ – расходная ставка локомотиво-часа соответствующей категории, руб;

$e_{l\text{ ч}}, e_{h\text{ ч}}$ – расходная ставка человеко-часов (локомотивные бригады, оперативно-диспетчерский персонал и т.д.), руб.

В обобщенном виде можно представить, как

$$\sum_n^{i=1} E_i < (>) \sum_k^{j=1} E_j + \sum_d^{b=1} E_d \quad (3.52)$$

где, E_i – расходы на дополнительные затраты времени, вызванные ограничивающим фактором, руб;

E_j – расходы на дополнительные затраты времени, вызванные изменением технологии, руб;

E_d – дополнительные расходы, вызванные изменением технологии, руб.

Далее, если расходы, вызванные ограничивающим фактором, превышают расходы при изменении технологии, то рассматриваемый фактор при моделировании не учитывается и к расчету не принимается, а также требует устранения.

$$\sum_n^{i=1} E_i > \sum_k^{j=1} E_j + \sum_d^{b=1} E_d \rightarrow \text{Фактор в норматив не включается} \quad (3.53)$$

В противном случае, этот фактор включается в технологию работы станции, Моделирование и расчёты выполняются с учётом этого барьерного места.

$$\sum_n^{i=1} E_i < \sum_k^{j=1} E_j + \sum_d^{b=1} E_d \rightarrow \text{Фактор включается в норматив} \quad (3.54)$$

Стоит отметить, что список факторов и условий непостоянен. Необходимо периодически проводить анализ работы станции с целью поиска ограничивающих факторов, и при возникновении новых проводить пересчёт показателей эксплуатационной работы станции. Такой подход к разработке технологии работы

станции в условиях прогнозируемых ограничений сортировочной станции позволяет выбрать рациональный вариант изменения технологии работы [1].

3.3 Выводы по главе 3

1. Предложена технология построения гибридного модельного комплекса для исследования вариантных технологических режимов эксплуатационной работы, включающего в себя сетевую потоковую (АС ПРОГРЕСС) и имитационную (ИМЕТРА) модели. Рассмотрено определение размеров грузового движения на основе остающейся пропускной способности участка в условиях ограничения, с учетом принимаемой технологии работы в период ограничения. Максимальная технологически допустимая загрузка элементов сети определяется расчётами в модели, которая зависит от надёжности рассчитываемого элемента.

2. С помощью имитационной модели для конкретных условий работы участков и их конфигурации, решена практическая задача по построению зависимости участковой скорости от размеров движения грузовых и пассажирских поездов на участке (допустимых наличной пропускной способностью участка). Данные зависимости используются при разработке оценке вариантов технологии эксплуатационной работы в АС ПРОГРЕСС.

3. Для сокращения дефицитов инфраструктуры в сетевой потоковой модели предложена методика работы полуавтоматического переключателя назначений.

4. Для укрупненного анализа влияния «окон» (в условиях отсутствия директивного плана-графика) на пропускную способность участков предложена методика определения коэффициента отношения месячных размеров движения к максимальным для последующего уточнения реальной пропускной способности участков.

3. Разработаны методические положения расчета рисков неосвоения объемов перевозок с учётом длительности ремонтно-путевых работ. Влияние объёмов проведения «окон» на полигоны рассматривается по дорогам с определением

лимитирующего сечения на полигоне, т.е. группы междорожных стыковых пунктов скомпонованы таким образом, чтобы сумма резервов/дефицитов по данным стыкам учитывала все возможные варианты кружностей потоков.

4. Предложена классификация факторов, влияющих на исходные данные для расчета ПФП по причине, измерителю и объекту. Описана методика определения необходимости перерасчета сетевого ПФП.

5. Разработана методика автоматизированного улучшения базового решения, позволяющая верифицировать результат автоматизированного расчета сетевого плана формирования.

6. Предложен алгоритм расчёта областей включения с учётом действующей технологии развоза «местных» вагонопотоков, дополняющий существующий метод расчёта.

7. Разработаны методические положения расчёта технически допустимых размеров движения поездов в оконные сутки с учётом технологии работы хозяйственных поездов.

8. Даны методические положения по расчету технологически допустимых размеров грузового движения в вагонах, для использования в сетевой потоковой модели.

9. Предложены методические положения расчёта надёжности планируемой технологии тягового обслуживания полигона с построением имитационной модели работы полигона.

10. Разработана модель типового имитационного модуля сортировочной станции, предложены принципы расчёта показателей, надёжности и величины задержек в модели. Основной переменной величиной при исследовании параметров комплекса расформирования сортировочной станции принят коэффициент занятости по времени путей парка приёма (δ). Предложен вариант решения технико-экономической задачи для определения эффективности изменения технологии работы станции.

4 ПРИМЕНЕНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТАННЫХ РЕШЕНИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ ВАРИАНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПОЛИГОНОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СЕТИ

4.1 Применение результатов в комплексных проектах развития железнодорожной инфраструктуры

В основном существующие принципы нормирования эксплуатационной работы в условиях длительных ограничений основаны на модификации нормативной технологии путем разработки вариантных графиков движения поездов, переключения потоков поездов в оперативном порядке или в рамках задания сменно-суточного планирования, увеличения длины и массы поездов.

Для разработки вариантных технологических режимов с учётом особенностей работы полигонов на перспективу, исходя из перспективных корреспонденций вагонопотоков и рассматриваемой технологии организации эксплуатационной работы полигона железнодорожной сети посредством потоковой модели полигона железнодорожной сети проводится моделирование работы для определения возможных затруднений в эксплуатационной работе. После чего проводится повторное моделирование для достижения требуемого уровня надёжности организации перевозок [14] (рисунок 4.1), т.е. надёжность элементов инфраструктуры не должна быть ниже, чем в предшествующем варианте:

$$H_i > H_{i-1} \quad (4.1)$$

где H_i – надёжность варианта i ;

H_{i-1} – надёжность предшествующего варианта $i-1$.

$$H = \frac{n_3}{n_{\text{п}}} \quad (4.2)$$

где n_3 – число задерживаемых поездов на элементе, поездов;
 n_{Π} – общее число поездов, проходящих через элемент, поездов.



Рисунок 4.1 – Алгоритм разработки перспективной технологии работы полигона и потребных мероприятий

С применением методики [185] разработаны разделы «Технологической части «Предварительного технико-экономической оценки Северного широтного хода» и существующей сети железных дорог в границах полигона (Северная ж.д. и Свердловская ж.д.)» (далее – Работа), где с помощью системы ИМЕТРА определены мероприятия по повышению пропускной и провозной способности станций рассматриваемого полигона по вариантам различной установленной длины грузовых поездов на направлении Коноша II – Обская.

Рассматриваемое в Работе направление Коноша II – Обская Северной ж.д., протяженностью 1667 км, включает в себя 8 участковых, 13 грузовых и 53 промежуточные станции, 29 разъездов и обгонных пунктов. При моделировании

работы таких сложных систем логично перейти от структурного подхода к функциональному или макро моделированию, основным преимуществом которого является отсутствие необходимости в подробном описании технологии работы каждого элемента инфраструктуры. Данный подход реализован с помощью имитационной системы моделирования ИМЕТРА.

Вместе с тем, работа указанной системы моделирования должна соотноситься с действующими методиками по решению поставленной задачи, в частности, с аналитическими методами и принятой технологией расчетов. Так, на рисунке 4.2 представлена схема, в которой отражен общий алгоритм последовательного решения задач, решаемых в рамках Работы, включая роль автоматизированных систем (АС) [7].

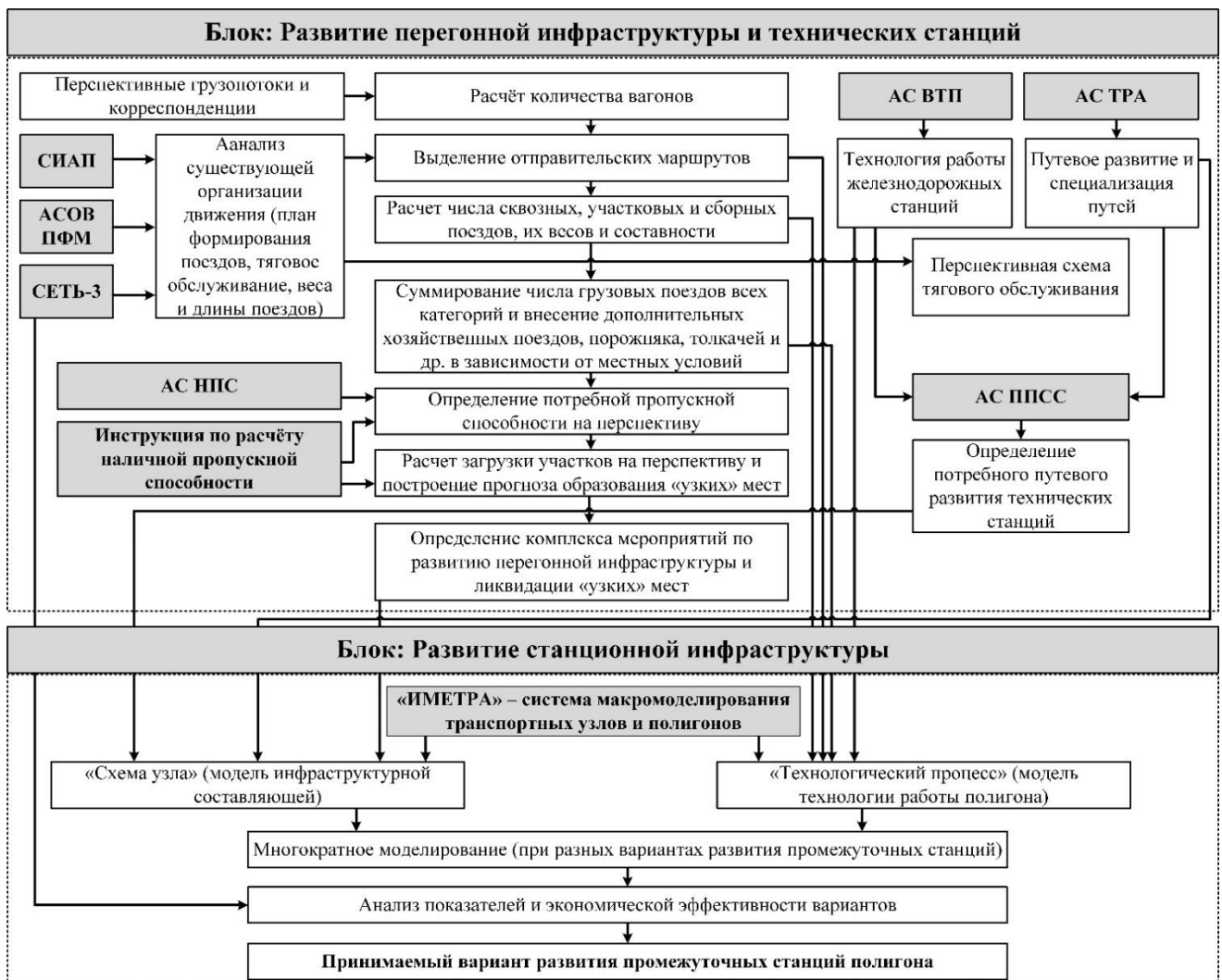


Рисунок 4.2 – Схема взаимодействия автоматизированных систем при решении задач развития железнодорожных направлений

При анализе существующей технологии организации движения, а также при разработке перспективной схемы тягового обслуживания применялись: «подсистема ввода и корректировки предложений и анализа изменения показателей плана формирования грузовых поездов (СИАП)», подсистема «Разработки и ведения плана организации (формирования) маршрутов» (АСОВ-ПФМ), подсистема «Расчет экономически целесообразных направлений вагонопотоков на полигонах сети железных дорог» (СЕТЬ-3). В совокупности данные средства позволяют провести детальный анализ вагонопотоков: осуществить распределение направлений следования вагонов в узлах транспортной сети, выделить маршрутизированный и транзитный поток, осуществить переключение вагонопотоков по критерию наименьших эксплуатационных затрат.

При анализе технологии работы железнодорожных станций, а также конфигурации путевой структуры и последующем использовании информации для выполнения расчетов пропускной способности использованы: АС ведения технологических процессов (АС ВТП), АС технико-распорядительных актов (АС ТРА), АС расчета пропускной и перерабатывающей способности станции (АС ППСС). Совместное использование данных систем позволяет выполнить точные расчеты пропускной способности станционной инфраструктуры, а наличие обширной базы данных позволяет упростить данный процесс [8].

Вычисления, связанные с перегонной составляющей Работы выполнены с помощью АС «Паспорт наличной пропускной способности железных дорог ОАО «РЖД» - позволяет учесть устройства, связанные с тяговым электроснабжением, деповскими и экипировочным оборудованием. Основа работы системы – Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД» [190].

Мероприятия в части развития промежуточных станций, разъездов и обгонных пунктов определены с помощью системы имитационного моделирования ИМЕТРА. Вышеуказанные автоматизированные системы явились источниками исходных данных для подсистем ИМЕТРЫ – инфраструктурной и технологической основы ее работы. На рисунке 4.2 приведена схема

взаимодействия АС и имитационной модели. Ввод исходных данных (технологическая часть) и отладка работы модели происходили параллельно – при моделировании железнодорожных направлений такой значительной протяженности, как Коноша II – Обская, требуется пошагово увеличивать сложность её работы; в противном случае высока вероятность ошибки [7].

Исследование возможности изменения технологии работы направления Коноша II – Обская Северной ж.д. в условиях проведения ремонтно-строительных окон (условное обозначение подвариантов «О»), назначении летних пассажирских поездов (условное обозначение подвариантов «П») проведено в двух основных вариантах:

вариант 1 – при существующем стандарте длин грузовых поездов 57 условных вагонов;

вариант 2 – при пропуске части поездов длиной 71 условный вагон.

Описание характеристик подвариантов приведено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристики подвариантов моделирования

Наименование	Длина грузовых поездов, у.в.	Размеры движения грузовых поездов (в т.ч. 71 у.в.), поездов/сутки
1О	57	Коноша II – Сольвычегодск – 40 Сольвычегодск – Сосногорск – 34 Сосногорск – Чум – 29 Чум – Обская – 24
2О	71	Коноша II – Сольвычегодск – 36 (21) Сольвычегодск – Сосногорск – 30 (21) Сосногорск – Чум – 26 (20) Чум – Обская – 22 (17)
1П	57	Коноша II – Сольвычегодск – 40 Сольвычегодск – Сосногорск – 34 Сосногорск – Чум – 29 Чум – Обская – 24
2П	71	Коноша II – Сольвычегодск – 36 (21) Сольвычегодск – Сосногорск – 30 (21) Сосногорск – Чум – 26 (20) Чум – Обская – 22 (17)

В вариантах 1О и 2О к моделированию в качестве исходных данных принят директивный план-график проведения «окон» на 2021 год.

В вариантах 1П и 2П моделируется пропуск пассажирских поездов на перспективу 2025 года (см. таблицу 4.2).

Таблица 4.2 – Размеры движения пассажирских поездов дальнего следования

Участок	Пар поездов в сутки	
	зима	лето
Коноша II – Сольвычегодск	8	12
Сольвычегодск – Печора	9	14
Печора – Чум	8	12
Чум – Обская	3	5

Схемы моделей участков Коноша II – Сосногорск, Сосногорск – Обская приведены на рисунках 4.3 и 4.4. Для подвариантов 2О и 2П в условиях ввода поездов длиной 71 у.в., превышающей унифицированную на участке – 57 у.в. также учитывались положения раздела 6 Распоряжения [218].

По результатам моделирования 4 подвариантов проведено сравнение следующих показателей:

- простой транзитных грузовых поездов по техническим станциям (рисунок 4.5);
- время нахождения грузовых поездов на рассматриваемом полигоне;
- участковая скорость на рассматриваемом полигоне (рисунок 4.6);
- задержки поездов по неприёму (приложение В);
- загрузки парков решающих станций.

Изменение показателей по вариантам:

Среднее снижение простоя транзитного вагона без переработки составило по подварианту 1О относительно 2О – 0,03 ч, для 1П относительно 2П – 0,02 ч.

Средний прирост участковой скорости по подварианту 1О относительно 2О составил 0,88 км/ч, для 1П относительно 2П – 1,59 км/ч.

Снижение количества задержек по неприему для подварианта 1О к 2О – 0,13, для 1П к 2П – 0,07.

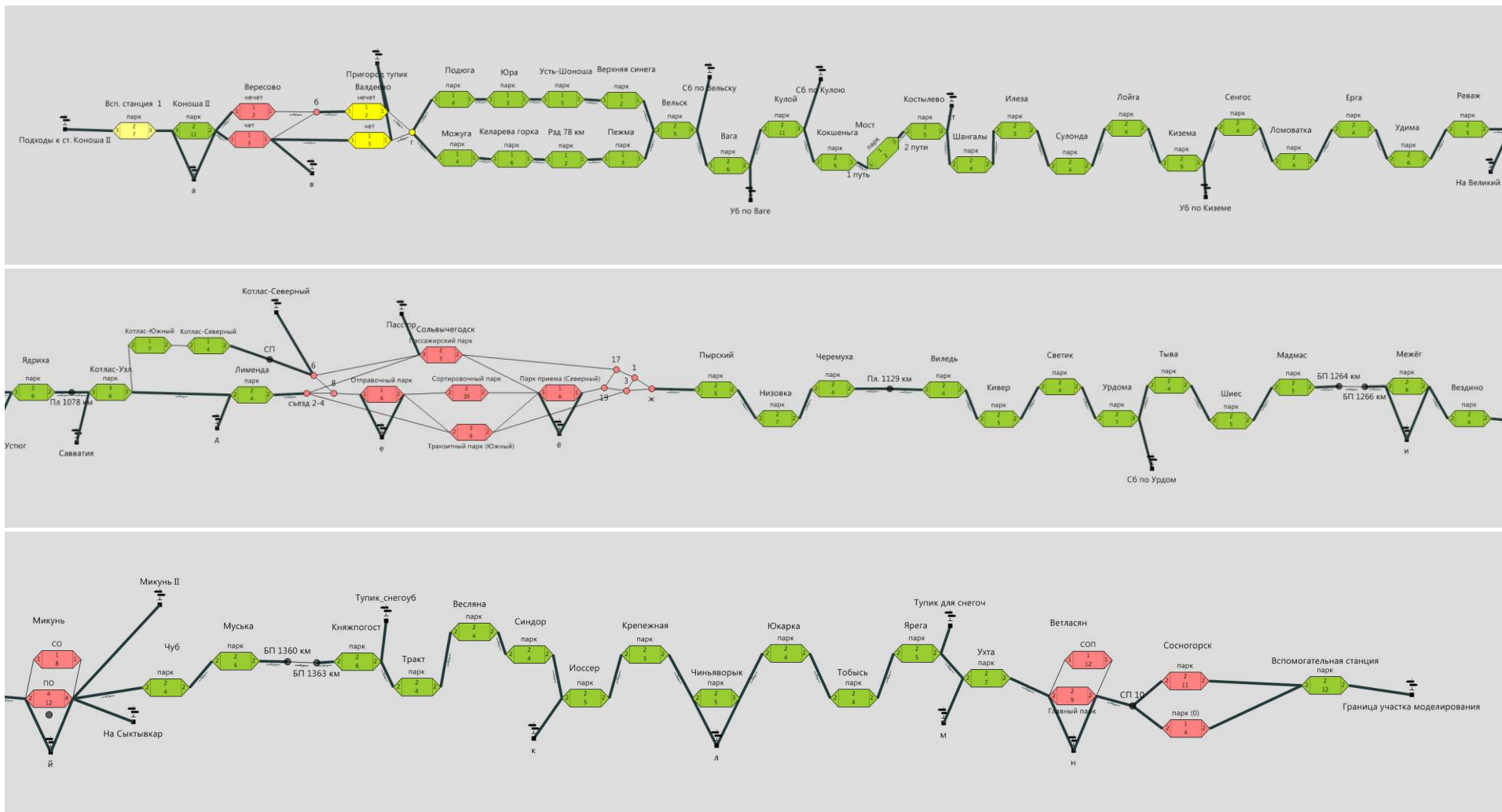


Рисунок 4.3 – Схема участка Коноша II – Сосногорск

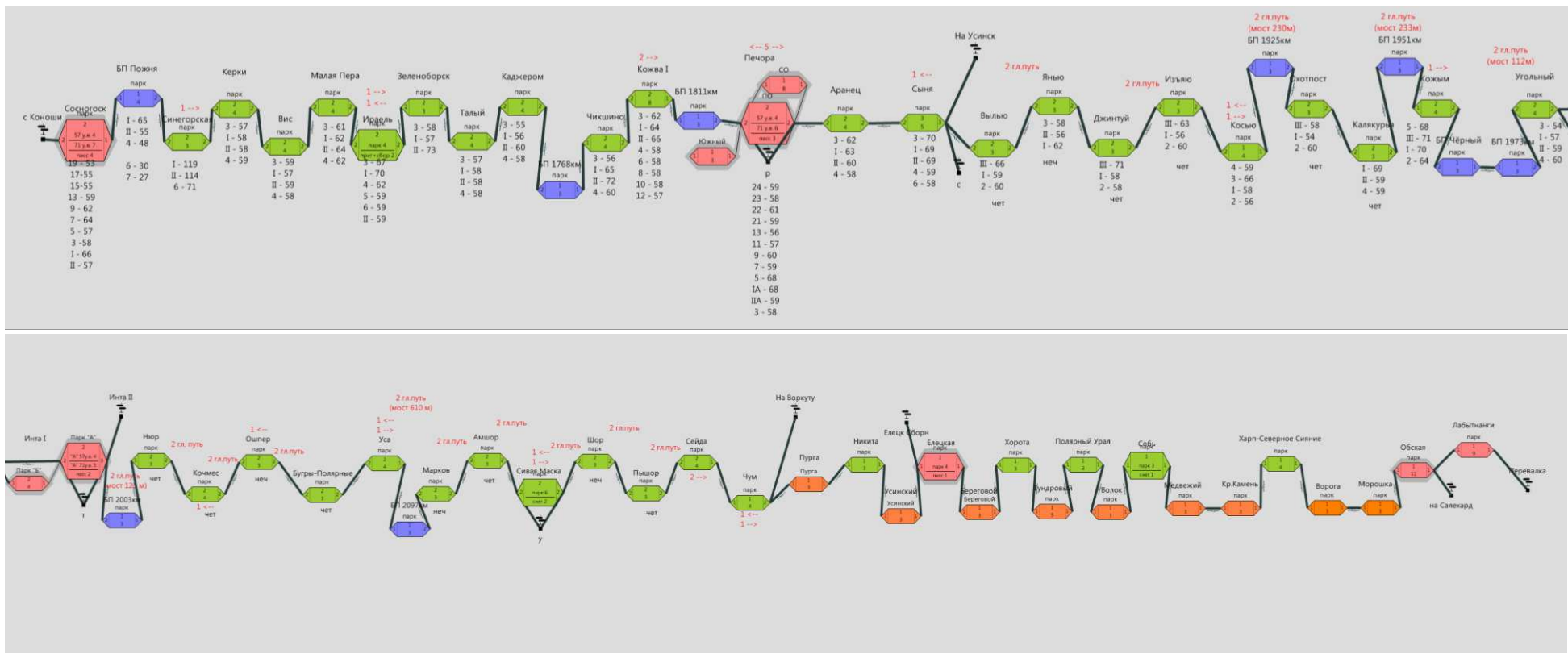


Рисунок 4.4 – Схема участка Сосногорск – Обская

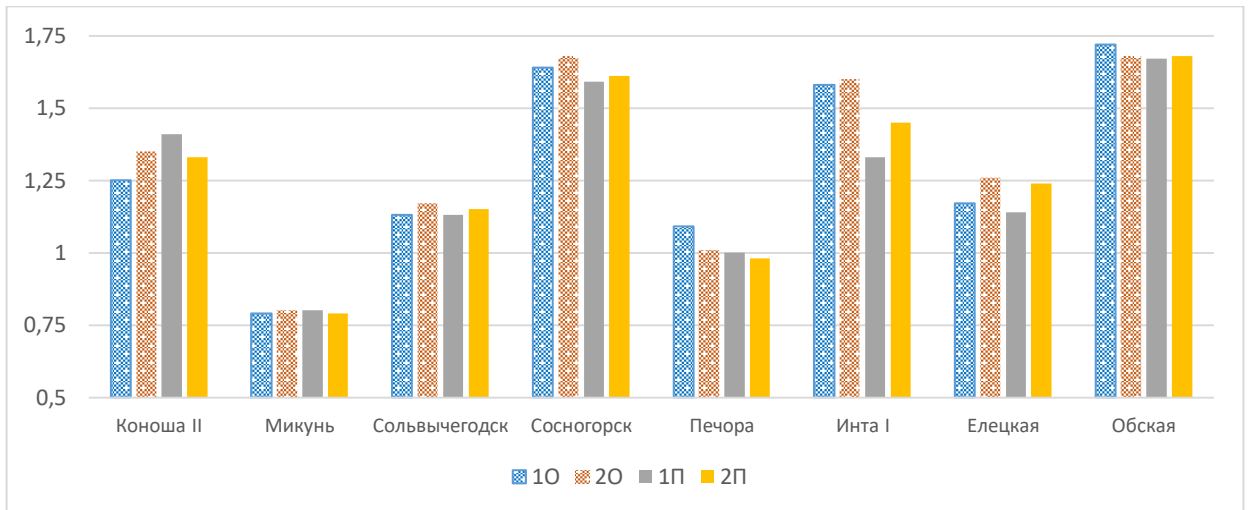


Рисунок 4.5 – Простой транзитных вагонов без переработки на технических станциях по подвариантам (1О, 2О, 1П и 2П)

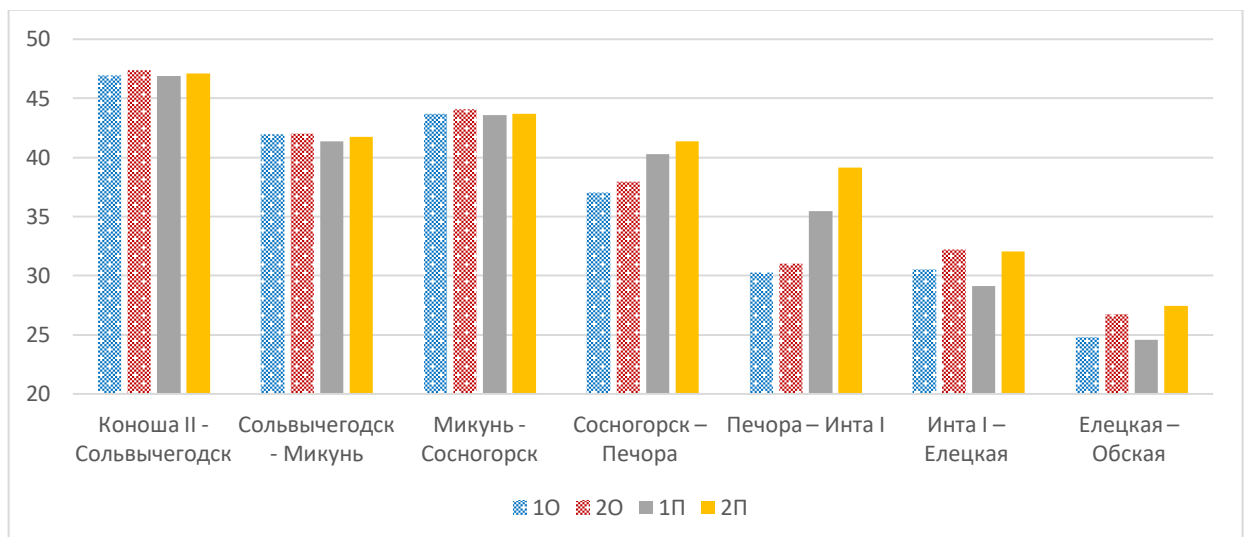


Рисунок 4.6 – Участковая скорость по подвариантам (1О, 2О, 1П и 2П)

Проведен расчет надежности элементов инфраструктуры (см. рисунок 4.7), подтверждается её повышение в подвариантах 2О и 2П, следовательно, данное технологическое решение в рамках полигона применимо.

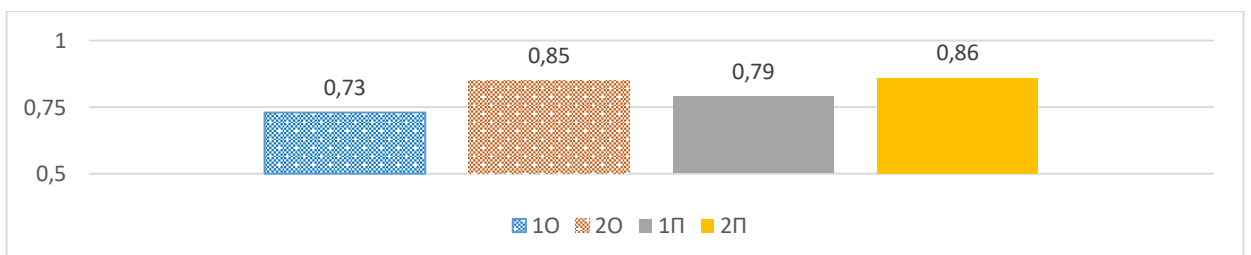


Рисунок 4.7 – Надежность элементов инфраструктуры

Следующим этапом проведено сравнение эксплуатационных затрат с помощью подсистемы СЕТЬ-3 (рисунок 4.8), где также учтено сокращение количество операций перелома длины по станции Коноша II. Расходы на один вагон при длине поезда 71 у.в. (варианты 2О и 2П) по сравнению с 57 у.в. (варианты 1О и 1П) снизились на 7,5% (в 2О) и 6,9% (в 2П).

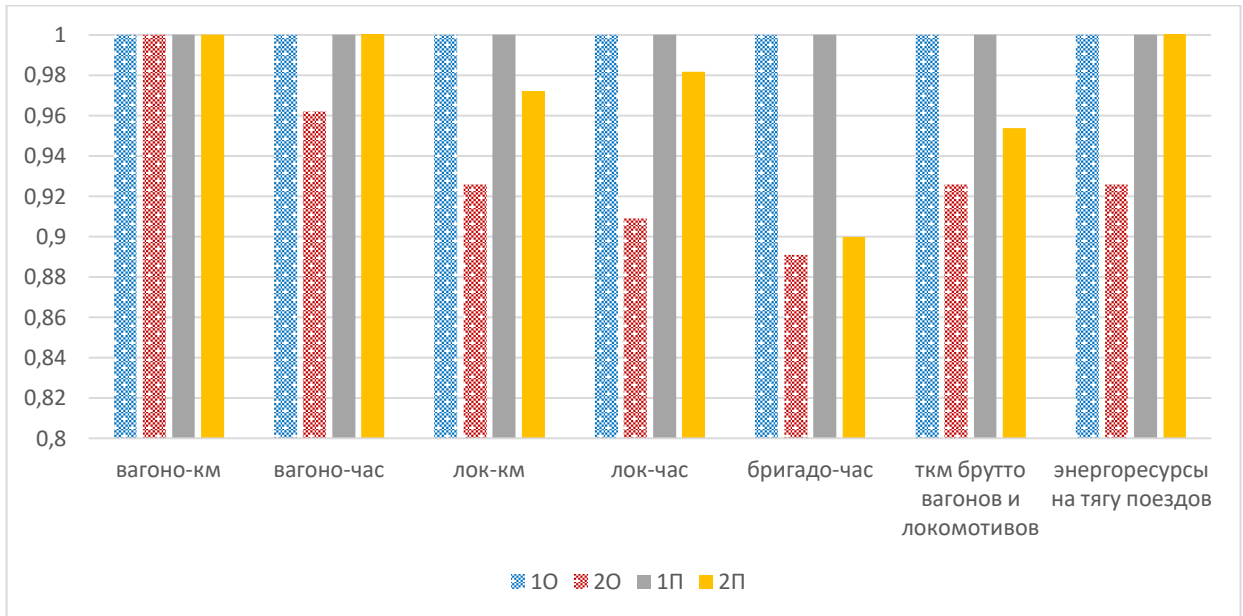


Рисунок 4.8 – Снижение зависящих эксплуатационных расходов на один вагон (по составляющим) при различных нормах длины грузового поезда (в долях от исходного варианта 1О и 1П)

Организация движения грузовых поездов с нормой длины 71 у.в. является более технологически эффективной по сравнению с нормой длины в 57 у.в. в условиях проведения ремонтно-строительных «окон» за счет:

1. Меньших размеров грузового движения (уменьшение на 9-10%);
2. Пропуска по оставшемуся пути двухпутного перегона большего количества вагонов за одни сутки или во внеоконное время по однопутному;
3. Снижения потребного количества локомотивных бригад на 11,2%;
4. Увеличения участковой скорости на 2,5%;
5. Отсутствия операций по перелому веса и длины поездов при организации движения поездов.

Организация движения грузовых поездов с нормой длины 71 у.в. является более технологически эффективной по сравнению с нормой длины в 57 у.в. в условиях увеличения числа пассажирских поездов в летний период за счет:

1. Меньших размеров грузового движения (уменьшение на 9-10%);
2. Использования резервов пропускной способности, образовавшейся за счёт снижения размеров грузового движения, для пропуска пассажирских поездов, обладающим большим коэффициентом съема;
3. Снижения потребного количества локомотивных бригад на 9,3%;
4. Увеличения участковой скорости на 1,6%;
5. Отсутствия операций по перелому веса и длины поездов при организации движения поездов.

Использование системы ИМЕТРА, в увязке с другими автоматизированными системами и базами данных, позволило провести сравнение различных вариантов изменения технологии работы направления Коноша II – Обская в условиях проведения ремонтно-строительных окон, назначении летних пассажирских поездов с увеличением нормы длины грузового поезда с 57 до 71 условного вагона. Подтверждено увеличение надежности элементов инфраструктуры, увеличение участковой скорости, снижение простоя по техническим станциям, а также снижение зависящих эксплуатационных расходов на один вагон.

4.2 Применение в мероприятиях по улучшению технологии работы и управления транспортными потоками на полигонах железнодорожной сети

4.2.1 Расчет числа ниток хозяйственных поездов для технически допустимого числа грузовых поездов по участкам

В целях определения среднесетевых значений числа ниток хозяйственных поездов для подвода и вывода путевой техники с места проведения работ в «окно» ($n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ПОДВ}}$ и $n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ВЫВ}}$, соответственно) для выполнения укрупненных вариантных расчетов

технически допустимого числа грузовых поездов по участкам был проведен анализ вариантных графиков движения поездов проведения длительных «окон» (>6 часов) и получены значения, приведённые в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Среднесетевые значения $n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ПОДВ}}$ и $n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ВЫВ}}$

Продолжительность проведения «окна», часов (суток)	$n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ПОДВ}}$, НИТОК	$n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ВЫВ}}$, НИТОК
6-12 (0,34-0,5)	4	4
12-24 (0,5-1,0)	5	5
24-48 (1-2)	6	6
72 (3)	8	8
120 (5)	12	12
192 (8)	16	16

4.2.2 Расчет технически допустимого числа грузовых поездов по участкам

Для проверки возможности выполнения установленных объемов капитального ремонта пути при увеличении провозной способности в границах одного из полигонов сети ОАО «РЖД» по заявленным сценариям выполнения работ на расчётный год проведены расчеты технически допустимого числа грузовых поездов по перегонам с последующим определением значений по участкам полигона.

Расчеты выполнялись с применением АС ПРОГРЕСС, положений параграфа 3.2.2 и выше приведённых среднесетевых значений $n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ПОДВ}}$ и $n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ВЫВ}}$. Графиковые размеры движения грузовых поездов приняты в соответствии с плановыми значениями на расчетный год. Были рассчитаны следующие варианты:

- 1) выполнение работ в односуточные закрытия;
- 2) выполнение работ с закрытием на 24 и 6 часов через 3-е суток;
- 3) выполнение работ с закрытием на 22 и 6 часов через 3-е суток;

- 4) выполнение работ в трехсуточные закрытия;
- 5) выполнение работ в восьмисуточные закрытия;
- 6) выполнение работ в «окна» продолжительностью 12 часов 4 раза в неделю;
- 7) выполнение работ в «окна» продолжительностью 12 часов 3 раза в неделю;
- 8) выполнение работ в «окна» продолжительностью 12 часов через день;
- 9) выполнение работ 2-х суточными закрытиями.

Схема полигона, по которому проводились расчеты приведены на рисунке 4.9. Пример посуточных значений технически допустимого числа грузовых поездов по участкам приведен на рисунке 4.10.

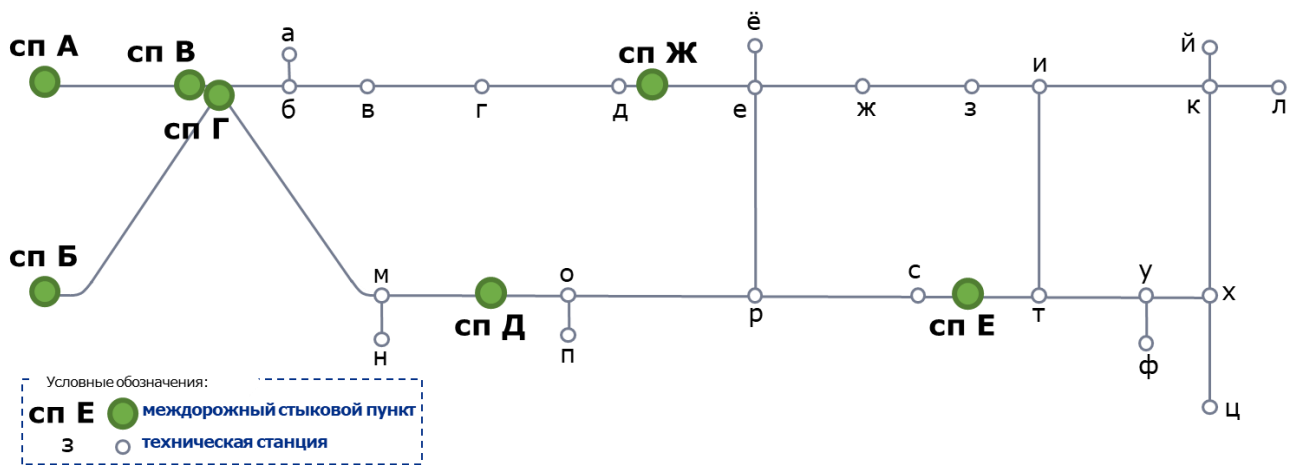


Рисунок 4.9 – Схема полигона

Результаты расчетов технически допустимого числа грузовых поездов на участках полигона ежемесячно приведены в таблицах 4.4-4.12. Где серым цветом выделены «оконные» месяцы, белым – «безоконные», среднемесячные значения для оконных и безоконных периодов приведены в одноименных столбцах.

Перегоны	Графиковые размеры движения	Число ниток в технолог. "окно"	Ср. мес.	01 июл.	02 июл.	03 июл.	04 июл.	05 июл.	06 июл.	07 июл.	08 июл.	09 июл.	10 июл.	11 июл.	12 июл.	13 июл.	14 июл.	15 июл.	16 июл.	17 июл.	18 июл.	19 июл.	20 июл.	21 июл.	22 июл.	23 июл.	24 июл.	25 июл.	26 июл.	27 июл.	28 июл.	29 июл.	30 июл.	31 июл.	
А-Б	91	12	87,52	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	
Б-в	90	12	86,52	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	
в-г	92	12	75,1	21	37	37	37	37	37	37	21	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	
Г-д	92	12	88,52	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	
д-е	92	12	88,52	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	
е-ё	91	12	87,52	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	
ё-ж	91	12	87,52	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	
ж-з	90	12	86,52	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	
з-и	90	12	86,52	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	
и-й	90	12	75,1	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	20	36	36	36	36	36	36	20	78
й-к	90	12	75,1	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	
к-л	92	12	88,52	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	
л-м	92	12	88,52	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	
м-н	92	12	88,52	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	
н-о	93	12	89,52	93	93	81	93	93	81	93	93	93	81	93	93	81	93	93	93	81	93	93	81	93	93	93	81	93	93	81	93	93	93	81	
о-п	92	12	88,52	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	
п-р	90	12	86,52	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	
р-с	90	12	86,52	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	
с-т	92	12	88,52	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	
т-у	92	12	88,52	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	92	92	80	92	92	92	80	
у-ф	91	12	87,52	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	
ф-х	90	12	86,52	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	
х-ц	90	12	86,52	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	
ц-ч	91	12	87,52	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	
ч-ш	91	12	87,52	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	
ш-щ	90	12	86,52	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	90	90	78	90	90	90	78	
щ-ъ	91	12	87,52	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	91	91	79	91	91	91	79	
ъ-ы	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
ы-ь	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
ь-э	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
э-ю	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
ю-я	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
я-ба	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
ба-ва	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
ва-га	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
га-да	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
да-еа	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
еа-ёа	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	
ёа-жа	81	3	59,97	81	81	78	81	81	78	81	81	81	16	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	16	81	78	81	81	78	81	81	78	
жа-за	81	3	59,97	81	81	78	81	81	78	81	81	81	16	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	16	81	78	81	81	78	81	81	78	
за-Б	81	3	80,13	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	81	81	78	81	81	81	78	

56 - плановые окна 70 - технологические окна

Рисунок 4.10 – Посуточные значение технически допустимого числа грузовых поездов на участке А-Б

Таблица 4.4 – Среднесуточное технически допустимое число грузовых поездов на участках полигона ежемесячно (вариант 1)

Участок	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	безоконный период	оконный период	ГОД
сп А – сп В	62,4	62,2	62,7	62,3	49,8	51,0	49,8	49,5	50,7	61,6	62,6	62,4	62	50	57,3
сп В – сп Ж	27,9	27,9	27,9	27,7	20,9	20,2	21,7	19,9	23,2	25,9	25,6	26,3	27	21	24,6
сп Ж – е	27,6	27,6	27,6	27,5	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	27,6	27,5	27,6	28	25	26,3
е – и	20,9	20,8	20,8	21,0	17,8	17,8	17,9	17,8	17,9	20,8	20,9	20,9	21	18	19,6
и – к	26,0	25,9	25,9	25,9	22,9	22,9	23,0	22,9	22,9	25,9	25,9	25,9	26	23	24,7
к – л	33,8	33,7	33,7	33,8	30,7	30,7	30,8	30,7	30,7	33,7	33,8	33,7	34	31	32,5
сп Б – сп Г	31,6	30,9	31,1	27,0	20,2	23,0	22,6	23,8	19,5	29,7	31,0	30,8	30	22	26,8
сп Г – м	79,9	79,3	77,6	77,1	61,3	63,6	64,8	57,9	56,3	63,9	74,0	77,8	76	61	69,5
м – сп Д	86,9	86,8	86,9	86,8	83,9	84,1	83,9	83,9	84,1	72,5	83,5	86,9	86	82	84,2
сп Д – р	79,5	79,5	79,4	79,7	53,2	53,4	54,9	54,1	63,8	74,3	79,3	79,8	79	56	69,2
р – сп Е	94,3	94,1	94,2	94,3	83,8	83,5	84,7	82,2	83,4	92,6	94,3	94,2	94	84	89,6
сп Е - г	98,9	98,5	98,7	98,8	87,0	85,5	92,3	95,7	95,6	98,7	98,8	98,7	99	91	95,6
г - х	97,9	97,5	97,7	97,9	94,7	94,6	88,0	86,9	94,6	97,7	97,9	97,7	98	92	95,3
х -ц	94,1	93,6	93,9	94,0	85,3	83,4	83,3	82,5	84,4	89,0	94,0	93,9	93	84	89,3
ц и далее	97,0	96,9	97,0	96,9	94,0	94,2	94,0	94,0	93,9	97,2	96,9	97,0	97	94	95,7

Таблица 4.5 – Среднесуточное технически допустимое число грузовых поездов на участках полигона ежемесячно (вариант 2)

Участок	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	безоконный период	оконный период	ГОД
сп А – сп В	62,4	62,2	62,7	61,0	44,7	51,0	49,8	52,7	52,0	61,6	62,6	62,4	62	50	57,1
сп В – сп Ж	27,9	27,8	27,8	27,7	21,5	21,4	22,3	19,7	20,6	26,0	27,4	27,7	27	21	24,8
сп Ж – е	27,6	27,6	27,6	27,5	24,6	24,6	24,6	24,0	21,5	27,6	27,5	27,6	28	24	26,0
е – и	20,9	20,8	20,8	21,0	17,8	17,8	17,9	17,8	17,9	20,8	20,9	20,9	21	18	19,6
и – к	26,0	25,9	25,9	25,9	22,9	22,9	23,0	22,9	22,9	25,9	25,9	25,9	26	23	24,7
к – л	33,8	33,7	33,7	33,8	30,7	30,7	30,8	30,7	30,7	33,7	33,8	33,7	34	31	32,5
сп Б – сп Г	31,6	30,9	31,1	30,7	28,0	28,2	27,7	27,8	19,5	29,7	31,0	30,8	31	26	28,9
сп Г – м	79,1	78,3	76,4	69,4	61,9	69,4	60,6	57,1	58,1	58,5	77,8	78,8	74	61	68,8
м – сп Д	86,9	86,8	86,9	85,3	72,7	83,2	83,9	79,3	73,5	79,6	85,7	85,7	86	79	82,5
сп Д – р	79,5	79,5	79,4	76,8	56,6	54,3	54,9	52,4	63,7	74,3	79,3	79,8	78	56	69,2
р – сп Е	94,3	94,1	94,2	92,6	83,8	83,5	83,9	80,5	74,8	92,6	94,3	94,2	94	81	88,6
сп Е - г	98,9	98,5	98,7	98,8	87,0	85,5	92,3	93,7	84,0	98,7	98,8	98,7	99	88	94,5
г - х	97,9	97,5	97,7	97,9	94,7	94,6	88,0	85,0	83,2	97,7	97,9	97,7	98	89	94,1
х -ц	94,1	93,6	93,9	94,0	85,3	83,4	83,3	80,7	71,3	87,1	94,0	93,9	93	81	87,9
ц и далее	97,0	96,9	97,0	96,9	94,0	94,2	94,0	92,1	82,4	97,2	96,9	97,0	97	91	94,6

Таблица 4.7 – Среднесуточное технически допустимое число грузовых поездов на участках полигона помесечно (вариант 3)

Участок	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	безоконный	оконный	год
сп А – сп В	62,4	62,2	62,7	62,3	59,4	51,2	53,3	51,3	49,9	61,4	59,5	62,4	62	53	58,2
сп В – сп Ж	27,9	27,9	27,9	27,7	21,3	20,3	20,6	20,0	23,2	26,1	25,3	26,6	27	21	24,6
сп Ж – е	27,6	27,6	27,6	27,5	24,6	24,6	24,6	24,6	24,6	27,6	27,5	27,6	28	25	26,3
е – и	20,9	20,8	20,8	21,0	17,6	17,5	17,5	17,3	17,7	20,8	20,9	20,9	21	18	19,5
и – к	26,0	25,9	25,9	25,9	21,1	20,5	20,7	20,6	21,4	25,9	25,9	25,9	26	21	23,8
к – л	33,8	33,7	33,7	33,8	28,3	27,7	29,9	30,7	30,7	33,7	33,8	33,7	34	29	32,0
сп Б – сп Г	31,6	30,9	31,1	27,0	20,2	23,0	22,6	23,8	19,5	29,7	31,0	30,8	30	22	26,8
сп Г – м	79,9	79,6	78,2	75,5	68,3	60,5	61,0	62,1	54,0	71,2	80,0	79,9	78	61	70,8
м – сп Д	86,9	86,8	86,9	86,8	83,9	84,1	83,9	75,7	73,6	86,9	86,8	86,9	87	81	84,1
сп Д – р	79,5	79,5	79,4	79,7	44,5	44,1	46,1	59,3	73,0	77,9	79,3	79,8	79	53	68,5
р – сп Е	94,3	94,1	94,2	94,3	75,6	75,0	77,4	75,6	75,0	87,3	94,3	94,2	93	76	85,9
сп Е - т	98,9	98,5	98,7	98,8	89,8	86,5	90,6	95,7	95,6	98,7	98,8	98,7	99	92	95,8
т - х	97,9	97,5	97,7	97,9	94,7	94,6	93,0	87,5	94,1	97,7	97,9	97,7	98	93	95,7
х -ц	94,1	93,6	93,9	94,0	85,3	82,9	86,5	79,7	78,1	90,7	94,0	93,9	93	83	88,9
ц и далее	97,0	96,9	97,0	96,9	94,0	94,2	94,0	94,0	93,9	97,2	96,9	97,0	97	94	95,7

Таблица 4.8 – Среднесуточное технически допустимое число грузовых поездов на участках полигона помесечно (вариант 4)

Участок	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	безоконный	оконный	год
сп А – сп В	62,4	62,2	62,7	62,3	60,0	60,2	60,0	60,0	59,9	62,4	62,6	62,4	62	60	61,4
сп В – сп Ж	27,9	27,9	27,9	27,7	21,8	20,8	21,2	16,9	23,8	25,5	25,4	26,9	27	21	24,5
сп Ж – е	27,6	27,6	27,6	27,5	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	27,6	27,5	27,6	28	25	26,6
е – и	20,9	20,8	20,8	21,0	18,4	18,4	18,5	18,4	18,5	20,8	20,9	20,9	21	18	19,9
и – к	26,0	25,9	25,9	25,9	23,5	23,5	23,6	23,5	23,5	25,9	25,9	25,9	26	23	24,9
к – л	33,8	33,7	33,7	33,8	31,3	31,3	31,4	31,3	31,3	33,7	33,8	33,7	34	31	32,7
сп Б – сп Г	31,6	30,9	31,1	30,7	20,8	23,6	23,2	24,4	20,1	29,7	31,0	30,8	31	22	27,3
сп Г – м	79,9	79,6	77,4	76,3	51,4	55,4	58,3	59,7	66,0	79,9	80,0	79,9	79	58	70,3
м – сп Д	86,9	86,8	86,9	86,8	84,5	84,7	70,2	81,6	84,7	86,9	86,8	86,9	87	82	84,5
сп Д – р	79,5	79,5	79,4	79,7	56,1	52,7	53,6	54,4	63,5	79,4	79,3	79,8	80	56	69,7
р – сп Е	94,3	94,1	94,2	94,3	72,7	68,4	70,5	64,8	75,0	94,2	94,3	94,2	94	70	84,2
сп Е - т	98,9	98,5	98,7	98,8	71,8	69,1	90,9	96,3	96,2	98,7	98,8	98,7	99	85	93,0
т - х	97,9	97,5	97,7	97,9	95,3	95,2	84,5	84,2	95,2	97,7	97,9	97,7	98	91	94,9
х -ц	94,1	93,6	93,9	94,0	74,2	71,7	70,9	67,0	78,8	94,1	94,0	93,9	94	73	85,0
ц и далее	97,0	96,9	97,0	96,9	94,6	94,8	94,6	94,6	94,5	97,2	96,9	97,0	97	95	96,0

Таблица 4.9 – Среднесуточное технически допустимое число грузовых поездов на участках полигона ежемесячно (вариант 5)

Участок	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	безоконный	оконный	год
сп А – сп В	62,4	62,2	62,7	60,0	36,2	35,4	52,7	42,0	46,1	62,4	62,6	62,4	62	42	53,9
сп В – сп Ж	27,9	27,9	27,9	27,7	21,3	18,1	20,9	16,6	23,6	25,5	25,4	26,9	27	20	24,1
сп Ж – е	27,6	27,6	27,6	27,5	24,9	21,3	24,9	24,9	25,0	27,6	27,5	27,6	28	24	26,2
е – и	20,9	20,8	20,8	21,0	18,2	18,1	18,3	18,2	18,2	20,8	20,9	20,9	21	18	19,8
и – к	26,0	25,9	25,9	25,9	23,2	23,2	23,3	23,2	23,2	25,9	25,9	25,9	26	23	24,8
к – л	33,8	33,7	33,7	33,8	31,1	31,0	31,1	31,1	31,0	33,7	33,8	33,7	34	31	32,6
сп Б – сп Г	31,6	30,9	31,1	27,0	20,5	25,9	22,9	24,1	19,8	29,7	31,0	30,8	30	23	27,1
сп Г – м	79,9	78,0	68,5	74,6	49,0	39,3	51,5	61,7	73,9	79,9	80,0	79,9	77	55	68,0
м – сп Д	86,9	86,8	86,9	86,8	79,3	72,4	84,2	84,2	84,4	86,9	86,8	86,9	87	82	84,4
сп Д – р	79,5	79,5	79,4	79,7	40,5	34,6	34,8	36,4	53,6	79,4	79,3	79,8	80	40	63,0
р – сп Е	94,3	94,1	94,2	94,3	73,5	54,2	66,3	68,3	57,3	87,2	94,3	94,2	93	64	81,0
сп Е - т	98,9	98,5	98,7	98,8	69,6	82,3	96,2	96,0	95,9	98,7	98,8	98,7	99	88	94,3
т - х	97,9	97,5	97,7	97,9	95,0	75,5	95,3	95,0	94,9	97,7	97,9	97,7	98	91	95,0
х -ц	94,1	93,6	93,9	94,0	91,2	78,5	61,3	73,6	63,8	94,1	94,0	93,9	94	74	85,5
ц и далее	97,0	96,9	97,0	96,9	94,3	81,0	94,3	94,3	94,3	97,2	96,9	97,0	97	92	94,8

Таблица 4.10 – Среднесуточное технически допустимое число грузовых поездов на участках полигона ежемесячно (вариант б)

Участок	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	безоконный	период	оконный	период	год
сп А – сп В	62,4	62,2	62,7	57,1	49,9	51,7	51,3	54,0	58,3	62,4	62,6	62,4	62	53	58,1		
сп В – сп Ж	27,9	27,9	27,9	27,7	20,2	19,4	19,6	15,3	22,2	25,5	25,4	26,9	27	19	23,8		
сп Ж – е	27,6	27,6	27,6	27,5	23,6	23,6	23,6	23,6	23,6	27,6	27,5	27,6	28	24	25,9		
е – и	20,9	20,8	20,8	21,0	16,8	16,8	16,9	16,8	16,9	20,8	20,9	20,9	21	17	19,2		
и – к	26,0	25,9	25,9	25,9	21,9	21,9	22,0	21,9	21,9	25,9	25,9	25,9	26	22	24,2		
к – л	33,8	33,7	33,7	33,8	29,7	29,7	29,8	29,7	29,7	33,7	33,8	33,7	34	30	32,1		
сп Б – сп Г	31,6	30,9	31,1	27,0	19,2	22,0	21,6	22,8	18,5	29,7	31,0	30,8	30	21	26,4		
сп Г – м	79,9	79,6	78,5	75,2	65,9	63,9	61,4	62,5	58,8	73,8	80,0	79,9	78	63	71,6		
м – сп Д	86,9	86,8	86,9	86,8	82,9	83,1	74,9	68,8	83,1	86,9	86,8	86,9	87	80	83,4		
сп Д – р	79,5	79,5	79,4	79,7	59,6	56,8	56,8	56,8	56,8	69,7	79,3	79,8	78	57	69,5		
р – сп Е	94,3	94,1	94,2	94,3	77,1	75,0	75,5	74,6	75,0	78,6	93,3	94,2	92	75	85,0		
сп Е - т	98,9	98,5	98,7	98,8	80,7	87,0	94,9	94,7	94,6	98,7	98,8	98,7	99	90	95,3		
т - х	97,9	97,5	97,7	97,9	93,7	89,8	83,7	93,7	93,6	97,7	97,9	97,7	98	91	94,9		
х -ц	94,1	93,6	93,9	91,9	78,1	77,1	76,8	82,0	89,7	94,1	94,0	93,9	94	81	88,3		
ц и далее	97,0	96,9	97,0	96,9	93,0	93,2	93,0	93,0	92,9	97,2	96,9	97,0	97	93	95,3		

Таблица 4.11 – Среднесуточное технически допустимое число грузовых поездов на участках полигона ежемесячно (вариант 7)

Участок	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	безоконный период	оконный период	год
сп А – сп В	62,4	62,2	62,7	58,5	51,9	53,1	53,8	54,8	54,6	62,4	62,6	62,4	62	54	58,5
сп В – сп Ж	27,9	27,9	27,9	27,7	21,5	20,8	20,9	16,6	23,6	25,5	25,4	26,9	27	21	24,4
сп Ж – е	27,6	27,6	27,6	27,5	24,9	25,0	24,9	24,9	25,0	27,6	27,5	27,6	28	25	26,5
е – и	20,9	20,8	20,8	21,0	18,2	18,1	18,3	18,2	18,2	20,8	20,9	20,9	21	18	19,8
и – к	26,0	25,9	25,9	25,9	23,2	23,2	23,3	23,2	23,2	25,9	25,9	25,9	26	23	24,8
к – л	33,8	33,7	33,7	33,8	31,1	31,0	31,1	31,1	31,0	33,7	33,8	33,7	34	31	32,6
сп Б – сп Г	31,6	30,9	31,1	27,0	20,5	23,3	22,9	24,1	19,8	29,7	31,0	30,8	30	22	26,9
сп Г – м	79,9	79,6	78,5	75,2	69,7	69,9	68,4	65,5	64,4	66,5	76,1	79,9	77	68	72,8
м – сп Д	86,9	86,8	86,9	86,8	84,2	84,4	84,2	75,0	74,0	85,4	86,8	86,9	87	81	84,0
сп Д – р	79,5	79,5	79,4	79,7	63,1	61,8	61,0	61,0	64,2	76,2	79,3	79,8	79	62	72,0
р – сп Е	94,3	94,1	94,2	94,3	81,8	79,6	80,1	79,2	80,5	90,6	94,3	94,2	94	80	88,1
сп Е – т	98,9	98,5	98,7	98,8	85,2	84,8	96,2	96,0	95,9	98,7	98,8	98,7	99	92	95,8
т – х	97,9	97,5	97,7	97,9	95,0	94,9	85,5	90,1	94,9	97,7	97,9	97,7	98	92	95,4
х – ц	94,1	93,6	93,9	91,9	81,4	81,9	80,8	81,4	80,9	93,2	94,0	93,9	94	81	88,4
ц и далее	97,0	96,9	97,0	96,9	94,3	94,5	94,3	94,3	94,3	97,2	96,9	97,0	97	94	95,9

Таблица 4.12 – Среднесуточное технически допустимое число грузовых поездов на участках полигона ежемесячно (вариант 8)

Участок	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	безоконный период	оконный период	год
сп А – сп В	62,4	62,2	62,7	57,6	44,0	45,4	49,2	50,6	53,7	62,4	62,6	62,4	62	49	56,3
сп В – сп Ж	27,9	27,9	27,9	27,7	19,2	18,4	18,6	14,3	21,2	25,5	25,4	26,9	27	18	23,4
сп Ж – е	27,6	27,6	27,6	27,5	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	27,6	27,5	27,6	28	23	25,5
е – и	20,9	20,8	20,8	21,0	15,8	15,8	15,9	15,8	15,9	20,8	20,9	20,9	21	16	18,8
и – к	26,0	25,9	25,9	25,9	20,9	20,9	21,0	20,9	20,9	25,9	25,9	25,9	26	21	23,8
к – л	33,8	33,7	33,7	33,8	28,7	28,7	28,8	28,7	28,7	33,7	33,8	33,7	34	29	31,7
сп Б – сп Г	31,6	30,9	31,1	27,0	18,2	21,0	20,6	21,8	17,5	29,7	31,0	30,8	30	20	25,9
сп Г – м	79,9	79,6	78,5	75,6	66,6	65,0	60,6	58,5	49,5	66,6	80,0	79,9	77	60	70,0
м – сп Д	86,9	86,8	86,9	86,8	81,9	82,1	77,9	70,4	76,4	86,9	86,8	86,9	87	79	83,1
сп Д – р	79,5	79,5	79,4	79,7	58,6	55,8	55,8	55,8	56,5	63,6	79,3	79,8	77	56	68,6
р – сп Е	94,3	94,1	94,2	94,3	77,6	75,5	75,9	75,0	75,4	80,8	94,3	94,2	92	76	85,5
сп Е – т	98,9	98,5	98,7	98,8	81,9	79,4	86,6	93,7	93,6	98,7	98,8	98,7	99	87	93,9
т – х	97,9	97,5	97,7	97,9	92,7	92,6	82,9	80,0	92,6	97,7	97,9	97,7	98	88	93,8
х – ц	94,1	93,6	93,9	91,9	78,1	76,6	76,5	77,2	76,6	87,0	94,0	93,9	93	77	86,1
ц и далее	97,0	96,9	97,0	96,9	92,0	92,2	92,0	92,0	91,9	97,2	96,9	97,0	97	92	94,9

Таблица 4.13 – Среднесуточное технически допустимое число грузовых поездов на участках полигона ежемесячно (вариант 9)

Участок	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	безоконый период	оконый период	год
сп А – сп В	62,4	62,2	62,7	52,8	50,6	50,1	48,0	49,1	54,2	62,4	62,6	62,4	61	50	56,6
сп В – сп Ж	27,9	27,9	27,9	23,4	21,3	20,8	20,9	16,6	23,6	25,5	25,4	26,9	26	21	24,0
сп Ж – е	27,6	27,6	27,6	27,6	24,9	25,0	24,9	24,9	25,0	27,6	27,5	27,6	28	25	26,5
е – и	20,9	20,8	20,8	20,8	18,2	18,1	18,3	18,2	18,2	20,8	20,9	20,9	21	18	19,7
и – к	26,0	25,9	25,9	25,9	23,2	23,2	23,3	23,2	23,2	25,9	25,9	25,9	26	23	24,8
к – л	33,8	33,7	33,7	33,7	31,1	31,0	31,1	31,1	31,0	33,7	33,8	33,7	34	31	32,6
сп Б – сп Г	31,6	30,9	31,1	27,0	20,5	23,3	22,9	24,1	19,8	29,7	31,0	30,8	30	22	26,9
сп Г – м	79,9	79,6	78,5	75,6	57,9	55,1	54,4	64,9	66,7	78,5	74,5	79,9	78	60	70,5
м – сп Д	86,9	86,8	86,9	86,8	84,2	84,4	76,3	73,1	84,4	86,9	86,8	86,9	87	82	84,2
сп Д – р	79,5	79,5	79,4	79,7	47,4	50,1	50,9	69,4	77,2	79,4	79,3	79,8	80	59	71,0
р – сп Е	94,3	94,1	94,2	94,3	66,5	60,2	79,1	91,5	91,5	94,2	94,3	94,2	94	78	87,4
сп Е – т	98,9	98,5	98,7	98,8	78,4	81,7	96,2	96,0	95,9	98,7	98,8	98,7	99	90	94,9
т – х	97,9	97,5	97,7	97,9	95,0	94,9	83,7	87,3	94,9	97,7	97,9	97,7	98	91	95,0
х – ц	94,1	93,6	93,9	91,2	77,2	74,6	77,2	73,3	82,9	94,1	94,0	93,9	94	77	86,7
ц и далее	97,0	96,9	97,0	96,9	94,3	94,5	94,3	94,3	94,3	97,2	96,9	97,0	97	94	95,9

Без учёта $n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ПОДВ}}$ и $n_{\text{ХОЗ}}^{\text{ВЫВ}}$ расчетные размеры движения составили бы значения в среднем выше на 3,1 поезда в сутки по участку, следовательно применение числа ниток хозяйственных поездов $n_{\text{ХОЗ}}$ при расчете технически допустимого числа грузовых поездов $n_{\text{ОК}}$ на участках повышает точность прогнозирования.

4.2.3 Расчеты в рамках сквозного производственного планирования в месячном разрезе

В соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» от 25 ноября 2020 г. № 2603/р [39] (в редакции распоряжения 903/р от 5 апреля 2022 г. [40]) «О внесении изменений в документы в области сквозного производственного планирования ОАО «РЖД» в рамках выполняются ежемесячные расчеты прогнозных параметров

эксплуатационной работы в АС ПРОГРЕСС с применением положений, описанных в параграфах 3.10, 3.2.2-3.2.5 настоящей диссертации.

Ниже приведены результаты расчетов на один из месяцев 2022 года. Выполнен расчет прогнозной передачи поездов и вагонов по междорожным стыковым пунктам (таблица 4.13) с использованием АС ПРОГРЕСС (на основе прогнозной «шахматки» погрузки в разрезе «дорога-дорога» и проекта месячного плана «окон» (из автоматизированной системы АПВО), а также прогнозные качественные показатели использования локомотивного парка и параметры их содержания и качественных показателей их использования.

4.1 Применение в нормативно-методических документах ОАО «РЖД»

В декабре 2018 г. были утверждены и введены в действие обновленные Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» [157], заменившие редакцию этого документа, действовавшую с 2006 г. [156]. Переработка Инструктивных указаний связана с новым подходом к управлению вагонопотоками и структурными изменениями в ОАО «РЖД» [207].

Расчетные нормативы организации вагонопотоков, представляющие собой технико-экономические характеристики станций, узлов и участков, не только учитывают фактические условия их работы, но и исходят из эффективной технологии и взаимодействия между собой. Расчетные зависимости модернизированы с учетом результатов, полученных на основе многовариантных вычислений на имитационных моделях узлов и направлений железнодорожной сети [207].

Таблица 4.14 – Прогнозная передача поездов и вагонов по основным междорожным стыковым пунктам

Технический параметр	Стыковые пункты																													
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	Й	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Ц	Ш	Щ	Э	Ю	Я	А1	Б1	В1	Г1
Графические размеры движения поездов	12	26	23	18	90	60	62	35	37	8	65	29	26	40	18	40	16	72	60	65	50	50	90	30	70	80	30	95	20	85
Число оконных дней	4	9	5	7	9	10	10	10	0	0	14	0	3	2	0	0	5	6	8	8	14	6	3	15	25	10	18	17	13	16
Размеры движения поездов по вариантному графику	5	19	16	12	70	45	42	25	36	8	45	24	14	34	18	40	6	57	50	50	27	40	80	20	57	60	22	70	10	74
"Съём" поездов в сутки по вариантному графику	7	7	7	6	20	15	20	10	1	0	20	5	12	6	0	0	10	15	10	15	23	10	10	10	13	20	8	25	10	11
Число дней проведения технологических окон	21	21	21	21	21	21	21	21	15	21	16	15	21	21	15	15	21	17	21	21	16	15	21	7	5	21	10	13	15	8
"Съём" поездов в технологическое окно	7	8	8	6	20	13	14	9	7	4	16	5	20	7	6	1	и	16	10	15	22	9	11	11	8	20	10	12	10	12
Технологически допустимые размеры движения поездов с учётом "окон"	6,2	18,3	16,2	12,4	70	45,9	45,5	25,4	33,5	5,2	47,1	26,5	10,8	34,7	15	39,5	6,6	59,9	50,3	50,5	27,5	43,5	81,3	22,4	57,8	59,3	21,9	75,6	10,7	75,9
Коэффициент технической надёжности	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,98	1	1	1	1	0,96	0,96	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,98	0,98	0,98
Технологически допустимые размеры движения с учётом Кнад, поездов	6,11	18,12	16,07	12,28	69,3	45,44	44,62	25,11	33,17	5,1	46,19	26,5	10,8	34,7	15	37,92	6,37	59,33	49,83	49,49	27,26	43,07	80,49	21,98	56,68	57,55	21,21	72,61	10,45	74,41
Средний состав поезда	40	54,4	58,6	53,4	72,1	57,9	66,4	68,7	63,4	59	77,3	66,3	57,4	66,7	59,3	62,1	62,3	72,8	61,4	69,1	62,8	66,6	75,9	66,6	67,9	67	68,2	65,7	52,7	66,2
Технологически допустимые размеры передачи с учётом Кнад, ваг/сут	244	986	942	656	4997	2631	2963	1725	2103	301	3571	1757	620	2314	890	2355	397	4320	3060	3420	1712	2868	6109	1464	3848	3856	1447	4770	551	4926
Число порожних вагонов, планируемых к передаче	0	40	65	15	425	135	560	395	300	60	65	45	25	45	60	190	5	75	110	190	115	270	210	0	95	65	0	30	0	703
Число временно отставленных от движения вагонов	0	10	0	5	10	0	0	5	0	0	20	210	90	170	70	120	15	10	0	80	180	45	10	0	320	445	0	495	0	485
Допустимая погрузка через стыковой пункт с учётом Кнад, ваг/сут	244	936	877	636	4562	2496	2403	1325	1803	241	3486	1502	505	2099	760	2045	377	4235	2950	3150	1417	2553	5889	1464	3433	3346	1447	4245	551	3738
Допустимая погрузка через стыковой пункт с учётом Кнад поездов/сут	6,1	17,2	15	11,9	63,3	43,1	36,2	19,3	28,4	4,1	45,1	22,7	8,8	31,5	12,8	32,9	6	58,2	43	45,6	22,6	38,3	77,6	22	50,6	49,9	21,2	64,6	10,5	56,5
Погрузка по сумме стыков с учётом Кнад	244	936	877	636	4562	2496	2403	1325	1803	241	3436	1502	505	2099	760	2045	377	7184	3150	1417	8442	4898	4793	4796	3738					
	6,1	17,2	15	11,9	63,3	43,1	36,2	19,3	28,4	4,1	45,1	22,7	8,8	31,5	13,8	32,9	6	106,2	45,6	22,6	115,9	72,5	71,2	75,1	56,5					
Передача по сумме стыков с учётом Кнад	244	986	942	656	4997	2631	2963	1725	2103	301	3571	1757	620	2314	890	2355	397	7379,08	3420	1712	8977,09	5312,52	5302,64	5321,24	4926					
	6,11	18,12	16,07	12,28	69,3	45,44	44,62	25,11	33,17	5,1	46,19	26,5	10,8	34,7	15	37,92	6,37	109,16	49,49	27,26	123,55	78,66	78,76	83,06	74,41					

Задержки на подходах к техническим станциям возникают при превышении технически допустимых размеров переработки вагонов и (или) технически допустимого количества назначений формируемых поездов [88]. Задержки вызывают дополнительное снижение участковой скорости и влекут за собой повышенную потребность в тяговых и энергетических ресурсах, которые являются наиболее весомой составляющей прямых производственных расходов при оценке вариантов организации вагонопотоков в поезда [207]. На основе предложенных в работе методических положений по разработке типового модуля имитационного моделирования (сортировочная станция) в целях решения практических эксплуатационных задач, в частности по определению надёжности работы комплекса расформирования (H) и задержек (t_3), возникающих при различных конфигурациях входящего потока в расформирование и формируемого потока, проведён ряд экспериментов для получения графиков расчётных зависимостей (на примере односторонней сортировочной станции с последовательным расположением парков). Также получены зависимости для модели, включающих развязку противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе к сортировочной станции [9]. Данные результаты использованы при разработке [157], а также разработанные зависимости использованы при разработке «Программного обеспечения технологии организации вагонопотоков (АСОВ) Подсистемы автоматизированного расчёта сетевого плана формирования грузовых поездов с учётом вариативности экономических параметров СПФ-2».

Расчётным элементом определения параметров комплекса расформирования принят парк приёма станции, для комплекса формирования – парк отправления.

Схемы моделей приведены на рисунках 4.11 и 4.12.

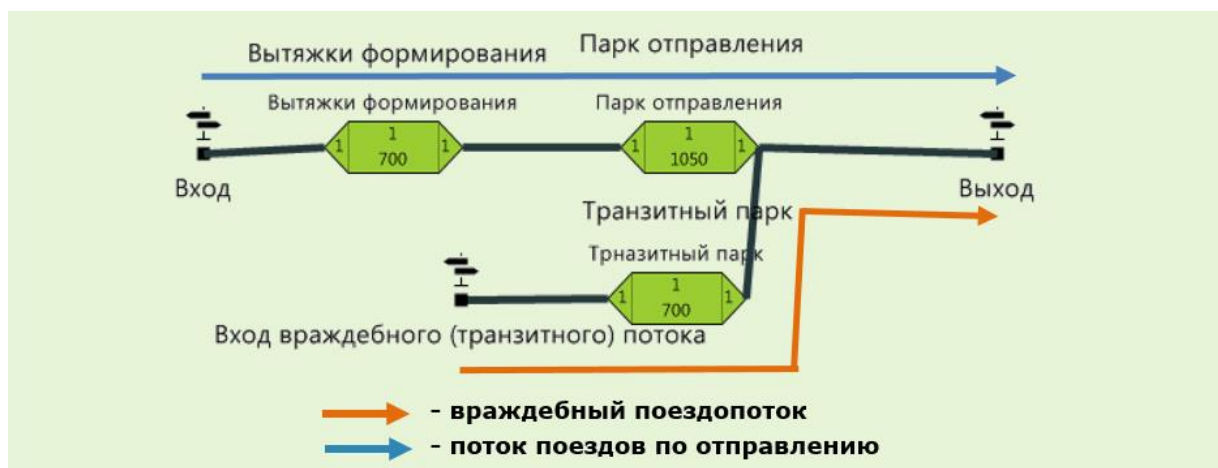


Рисунок 4.11 – Схема модели для определения параметров работы парка отправления

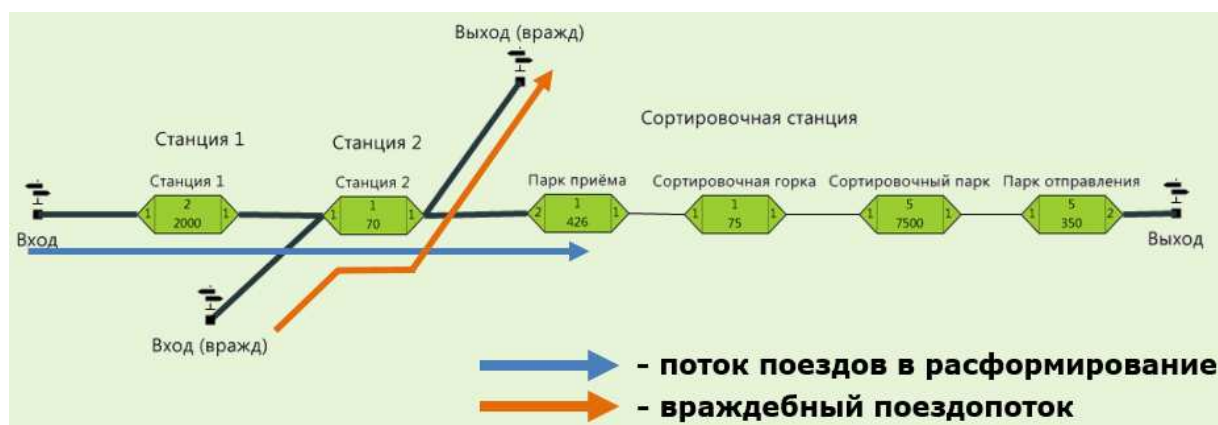


Рисунок 4.12 – Схема модели для определения параметров работы парка приёма

Данные по сериям модельных экспериментов были обработаны стандартными методами регрессионного анализа и представлены в виде графиков следующих зависимостей:

- надёжности комплекса расформирования от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (рисунок 4.13);
- среднее время задержки разборочного поезда на подходе от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (для задерживаемых поездов и в среднем для поездопотока) (рисунок 4.14);
- надёжности комплекса расформирования от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (с учётом загрузки входного участка и развязкой

противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе) (рисунок 4.15);

- среднее время задержки разборочного поезда на подходе от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (с учётом загрузки входного участка и развязкой противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе) (для задерживаемых поездов и в среднем для поездопотока) (рисунок 4.16);

- среднее время задержки на подходе, приходящегося на один задерживаемый разборочный поезд, в зависимости от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (с учётом загрузки входного участка и развязкой противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе) (рисунок 4.17);

- технически допустимой загрузки парка отправления от средневзвешенного простоя отправляемых поездов (рисунок 4.18);

- времени ожидания отправления поезда своего формирования от загрузки выходного участка при разном числе поездов своего формирования (рисунок 4.19) [9].

Проведённые серии модельных экспериментов позволили выявить ряд особенностей функциональных зависимостей. Так, например, при занятости парка приёма по времени (δ) менее 0,5 надёжность работы комплекса расформирования достигает практически 100% (рисунок 4.13). С этими данными согласуется зависимость задержки на подходе t_z , приходящейся на один разборочный поезд (от общего числа), в зависимости от коэффициента занятости по времени путей парка приёма δ [10](рисунок 4.14).

Однако, зависимость надёжности N работы комплекса расформирования от загрузки входного участка $\gamma_{\text{вход}}$ (с враждебным элементом на подходе) показала иные результаты – здесь уровень надёжности снижается при небольшой величине коэффициента занятости по времени путей парка приёма; при этом, чем больше загрузка входного участка, тем быстрее это происходит (рисунок 4.15).

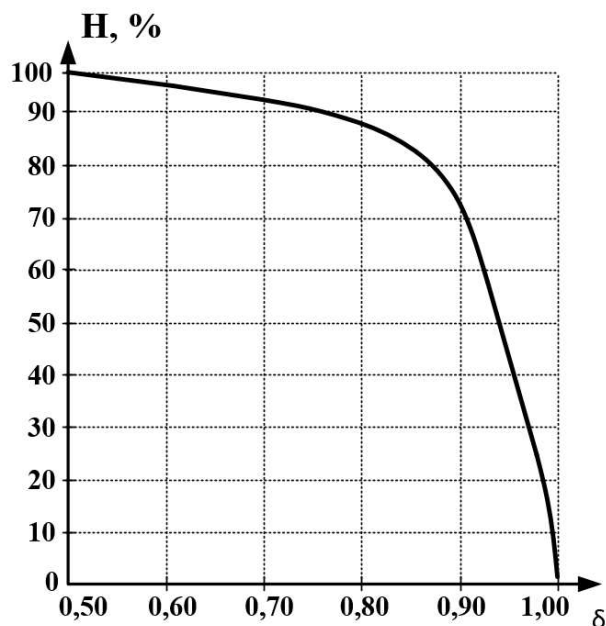


Рисунок 4.13 – Номограмма для определения надёжности (Н) работы комплекса расформирования от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (δ)

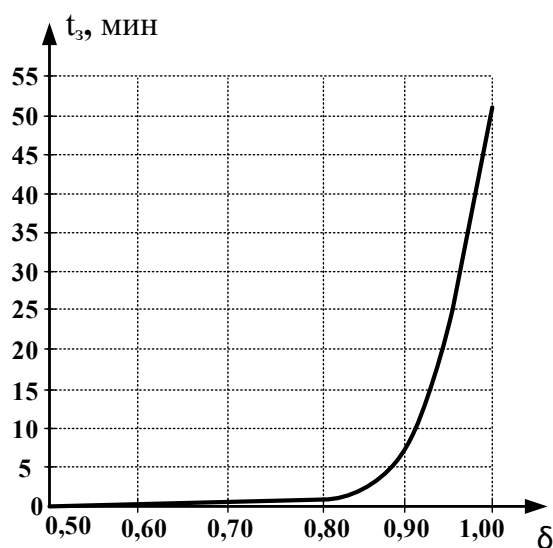


Рисунок 4.14 – Номограмма для определения среднего времени задержки на подходе t_3 , приходящегося на один разборочный поезд (от общего числа), в зависимости от коэффициента занятости по времени путей парка приёма δ

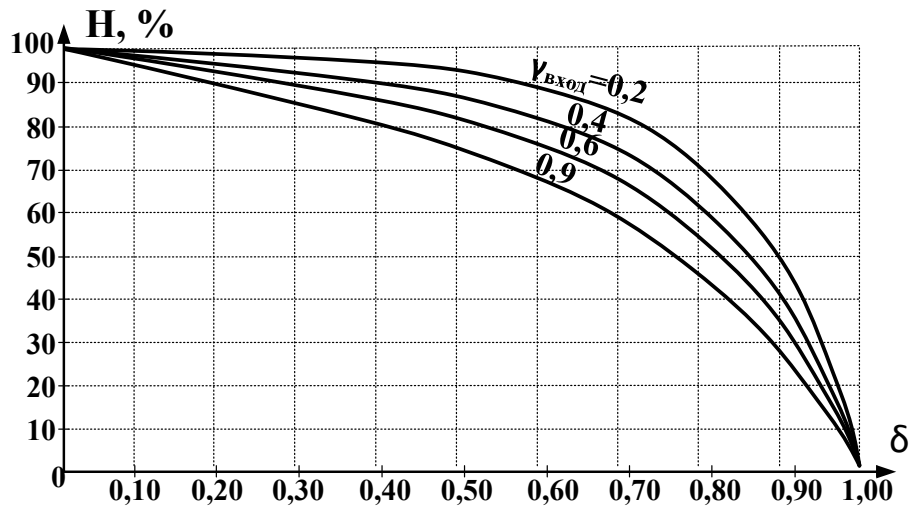


Рисунок 4.15 — Номограмма для определения надёжности H работы комплекса расформирования в зависимости от коэффициента занятости по времени путей парка приёма δ с учётом загрузки входного участка $\gamma_{\text{вход}}$ (с враждебным элементом на подходе)

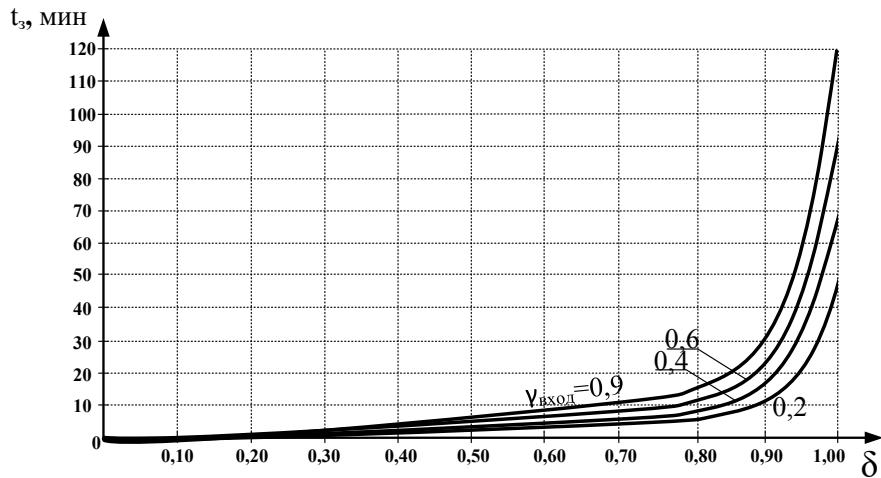


Рисунок 4.16 — Номограмма для определения среднего времени задержки на подходе t_z , приходящегося на один разборочный поезд (от общего числа), в зависимости от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (δ) и загрузки входного участка $\gamma_{\text{вход}}$ (с развязкой противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе)

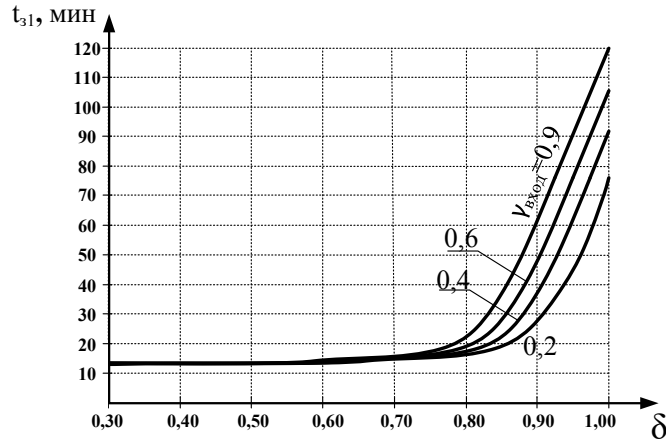


Рисунок 4.17 – Номограмма для определения среднего времени задержки на подходе $t_{з1}$, приходящегося на один задерживаемый разборочный поезд, в зависимости от коэффициента занятости по времени путей парка приёма (δ) и загрузки входного участка $\gamma_{вход}$ (с развязкой противоположно направленных потоков в одном уровне на подходе)



Рисунок 4.18 – Зависимость технической допустимой загрузки парка отправления ($\gamma_{оп.к}$) от средневзвешенного простоя отправляемых поездов ($t_{отпр.к j}$)

Время ожидания отправления, мин

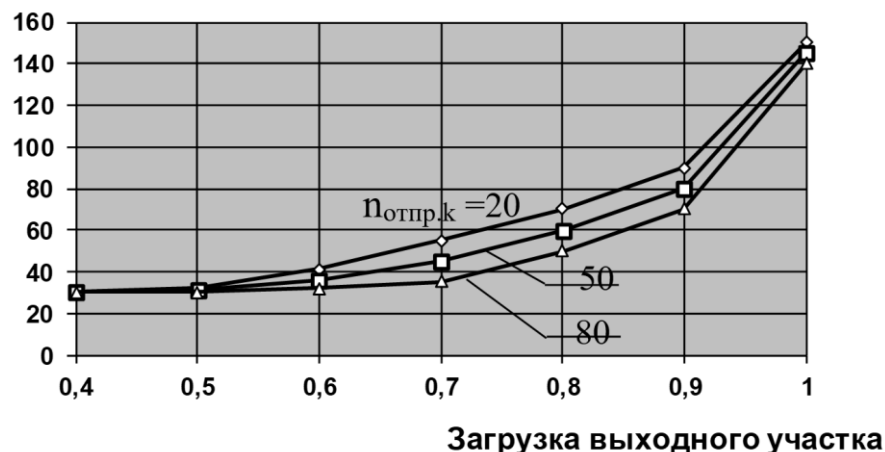


Рисунок 4.19 – Зависимость времени ожидания отправления поезда своего формирования ($t_{ож.отпр.j}$) от загрузки выходного участка ($\gamma_{уч.к}$) при разном числе поездов своего формирования ($n_{отпр.к}$)

4.2 Применение в алгоритмах и программных средствах расчета параметров использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов

Основными инструментами для построения гибридного модельного комплекса предлагается использовать: «Систему макро моделирования узлов и полигонов» (ИМЕТРА) [219] и «Систему прогнозирования ресурсов сети ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС) [160]. ИМЕТРА позволяет определить зависимости между характеристиками рассматриваемой системы для нахождения необходимых коэффициентов (например, съём ниток грузовых поездов «окнами» при разных конфигурациях графика движения поездов (ГДП), форсированные режимы пропуска поездов на существующей инфраструктуре, участковые скорости, задержки, управление очередями). АС ПРОГРЕСС позволяет на основе зависимостей, определенных с помощью системы ИМЕТРА, задавать значения, определяющие параметры работы полигонов в вариантных технологических режимах (параметры плана формирования грузовых поездов (ПФП) и отклонения

грузовых поездов, парки локомотивов, участки обращения локомотивов (УОЛ) и участки работы локомотивных бригад (УРЛБ), пропускная и перерабатывающая способность станций), подлежащих сравнению по вариантам технологии с использованием сетевой модели [8].

Функциональная структура гибридного модельного комплекса (рисунок 4.20) включает:

- Нормативно-справочную информацию об инфраструктуре, технологии тягового обслуживания и организации вагонопотоков, сеть назначений пассажирских и пригородных поездов;
- Переменную информацию к которой относятся: продолжительность и место действия ограничения, плановые объемы перевозок, директивный план-график проведения ремонтно-строительных «окон»;
- Система имитационного макро моделирования полигонов и железнодорожных узлов ИМЕТРА служит для определения зависимостей расчётных величин;
- Система прогнозирования ресурсов сети ОАО «РЖД» на основе данных моделирования в ИМЕТРЕ решает задачу определения параметров принимаемого варианта технологического режима полигона.

Информационная структура (рисунок 4.21) гибридного модельного комплекса включает описание информационных потоков передачи нормативно-справочной, переменной информации и выходных данных между автоматизированными системами, комплексами моделирования и пользователями.

Перечень и наименования используемых автоматизируемых систем:

АСОВ-ПФП-КАПФ – Подсистема разработки и ведения плана формирования грузовых поездов;

АСОВ-ПФМ-КАМП – Подсистема разработки и ведения плана организации (формирования) маршрутов;

АСОВ-АВП – Подсистема автоматизации бизнес-процесса анализа информации о вагонопотоках;

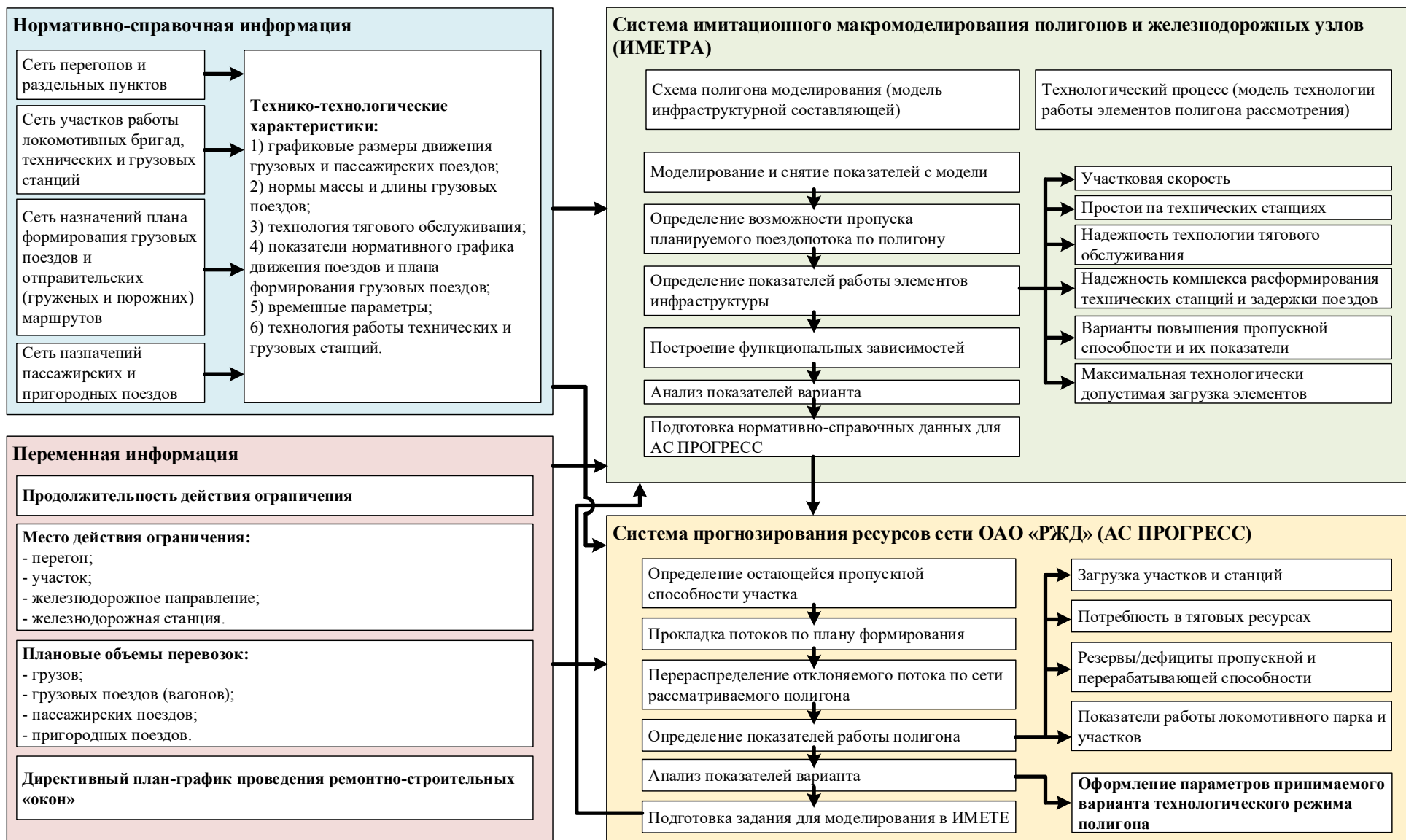


Рисунок 4.20 – Функциональная структура гибридного модельного комплекса

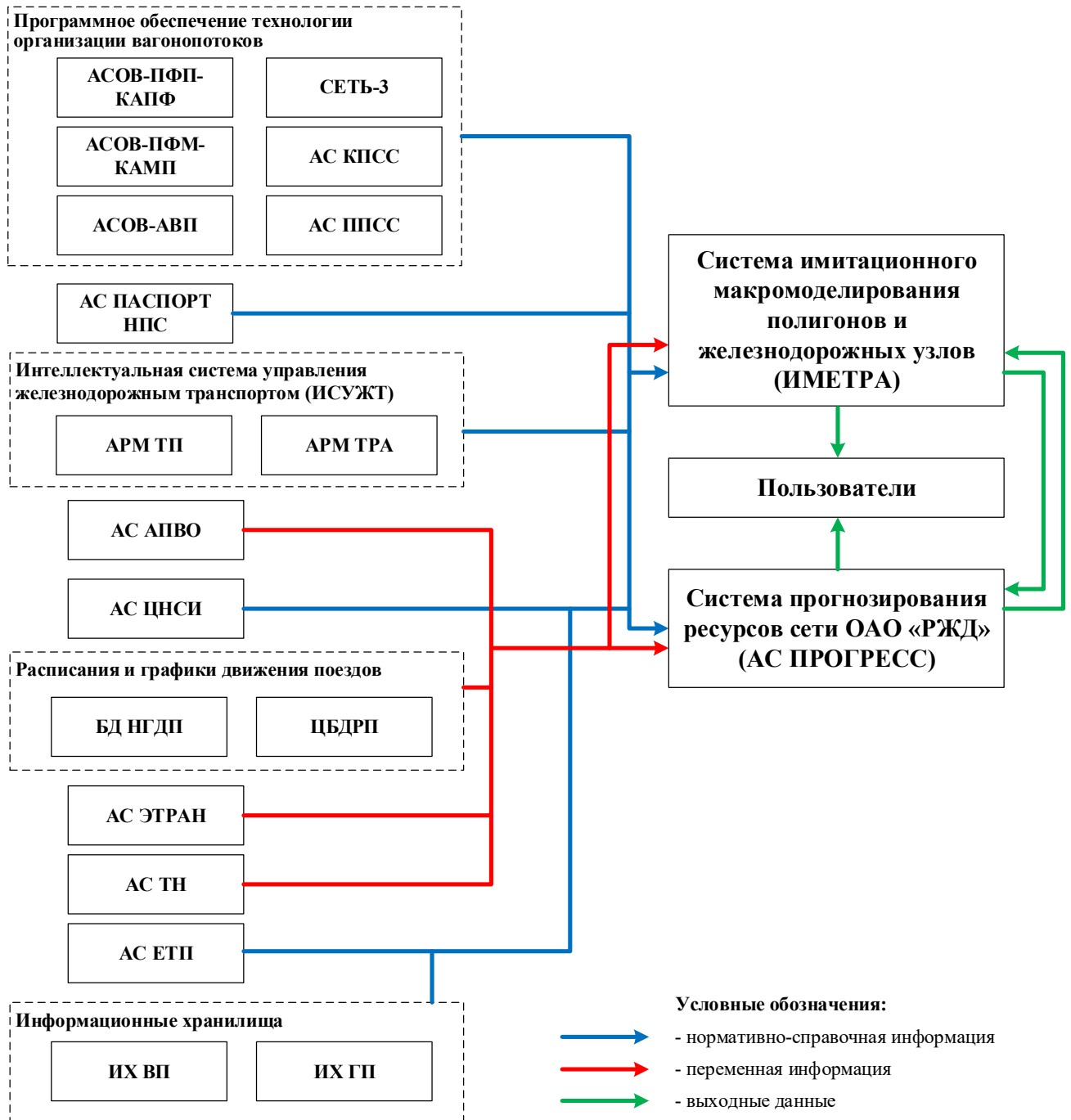


Рисунок 4.21 – Информационная структура гибридного модельного комплекса

СЕТЬ-3 – Подсистема расчета экономически целесообразных направлений вагонопотоков на полигонах сети железных дорог;

АС КПСС – Подсистема компьютерный паспорт сортировочной станции;

АС ППСС – АС расчета пропускной и перерабатывающей способности станции;

АС ПАСПОРТ НПС – АС Паспорт наличной пропускной способности железных дорог ОАО «РЖД»;

АС ВТП – Комплексная автоматизированная система ведения технологических процессов работы железнодорожных станций ОАО «РЖД»;

АС ТРА – АС ведения техническо-распорядительных актов станций;

АС АПВО – АС анализа, планирования и выполнения «окон»;

АС ЦНСИ – АС централизованного ведения нормативно-справочной информации ОАО «РЖД»;

БД НГДП – База данных расписания движения пассажирских поездов;

ЦБДГР – База данных расписания движения грузовых поездов;

АС ЭТРАН – АС «Электронная Транспортная Накладная»;

АС ТН – АС технического нормирования;

АС ЕТП – АС разработки и мониторинга выполнения Единых технологических процессов работы железнодорожных путей необщего пользования и станций примыканий;

ИХ ВП – Информационное хранилище «Вагонные парки»;

ИХ ГП – Информационное хранилище «Грузовые перевозки».

В настоящее время, ввиду необходимости выполнения регулярных итерационных расчетов существует потребность разработки программного обеспечения, которое обеспечит прогнозирование и моделирование грузовых перевозок на горизонте среднесрочного периода, в совокупности с прогнозированием экономических показателей, на основе:

- наложения информации автоматизированных систем ОАО «РЖД» на расчетную модель, учета при формировании технологических параметров объектов транспортной сети (станций, участков, тягового и нетягового подвижного состава);

- определения порядка пропуска прогнозных объемов перевозок с учетом технологии организации вагонопотоков (план формирования грузовых поездов и маршрутов);

- моделирования пропуска вагонопотоков по транспортной сети в назначениях плана формирования грузовых поездов и маршрутов;

- оценки загрузки инфраструктуры, определение первичных дефицитов

и резервов;

- выполнения перераспределения вагонопотоков с целью равномерной загрузки возможностей инфраструктуры и снятия первичных дефицитов;
- определения потребного тягового подвижного состава и качественных показателей его использования при освоении прогнозных объемов перевозок;
- расчета экономических и бюджетных показателей.

Использование программного продукта подобного типа обеспечивает возможность принятия управленческих решений по сквозному производственному планированию на основе вариантных расчетов [16].

Для решения задач автоматизации расчета показателей сквозного производственного планирования, а также определения вариантных направлений погрузки, в случае наличия дефицитов инфраструктуры, разработана Подсистема АС ПРОГРЕСС: Предиктивная бизнес-модель грузовых перевозок ОАО «РЖД» (АС ПБМ) имеющая внутрисистемное взаимодействие с АС ПРОГРЕСС в части загрузки и обработки в базе данных следующей информации:

- классификаторы перевозочного процесса, локомотивного хозяйства, модели железнодорожной сети, общероссийские классификаторы;
- плановая породовая межстанционная «шахматка» груженых вагонопотоков;
- состояние инфраструктуры сети, включая технические и технологические параметры станций и расчетных участков, план формирования грузовых поездов и маршрутов;
- наличная пропускная способность перегонов;
- пропускная и перерабатывающая способность станций;
- наличие и длительность «окон» на расчетный период, данные об исполненных «окнах»;
- данные об исполненных перевозках [16].

В настоящее время в АС ПБМ автоматизирован процесс расчета элементов плана по обеспечению пропуска объема перевозок грузов по сети ОАО «РЖД» в

краткосрочном периоде: от месяца до года. На длительную перспективу (за горизонтом более 5 лет) разработаны методологические основы расчетов [22, 23, 16, 19].

Разработанный модуль вариантных расчетов, на основе информации из разработанной базы данных, обеспечивает возможность выполнения вариантных расчетов, включая [16]:

- генерацию модели железнодорожной транспортной сети с учетом заданных параметров пользователем;
- расчет показателей сквозного производственного планирования;
- определение маршрутов следования прогнозных объемов перевозок с учетом технологии организации вагонопотоков (план формирования грузовых поездов и маршрутов);
- моделирование пропуска вагонопотоков по транспортной сети в назначениях плана формирования грузовых поездов и маршрутов;
- оценку загрузки инфраструктуры, определение первичных дефицитов;
- выполнение перераспределения вагонопотоков для равномерной загрузки возможностей инфраструктуры и снятия дефицитов, возникающих ввиду превышения расчетных размеров движения над пропускной способностью;
- определение потребного тягового подвижного состава и качественных показателей его использования при освоении прогнозных объемов перевозок;
- расчет показателей сквозного производственного планирования, бюджетных показателей.

При проектировании АС ПБМ по постановкам на программирование автора диссертации были разработаны:

- 1) пользовательский веб-интерфейс выбора исходных данных и настройки параметров выполнения расчета (рисунок 4.22);

- 2) модуль вариантных расчетов (рисунок 4.23-4.26);
- 3) пользовательский веб-интерфейс оценки результатов расчета с настраиваемой аналитикой, средств подготовки сводного отчета типовых выходных форм (рисунки 4.27-4.30);
- 4) пользовательский веб-интерфейс сопровождения взаимодействия участников расчета и согласования результатов (рисунок 4.31);
- 5) модуль определения резервов/дефицитов потребного парка локомотивов грузового движения по депо приписки (рисунок 4.32);
- 6) модуль определения вариантных направлений погрузки, в случае наличия дефицитов инфраструктуры [16].

Взаимодействие АС ПБМ со смежными системами представлено в составе программно-технического комплекса АС ПРОГРЕСС [22, 23, 16, 19].

АС ПБМ осуществляет информационное взаимодействие со следующими системами в соответствии с проектными решениями авторского коллектива разработчиков АС ПБМ, а так же накопленного опыта в разработке АС ПРОГРЕСС:

- автоматизированная система централизованного ведения нормативно-справочной информации (АС ЦНСИ);
- программное обеспечение технологии организации вагонопотоков (АСОВ);
- информационное хранилище вагонные парки (ИХ Вагонные парки (SAS));
- автоматизированная система «Паспорт наличной пропускной способности железных дорог ОАО «РЖД» (АС Паспорт НПС);
- автоматизированная система расчета пропускной и перерабатывающей способности станций (АС ППСС);
- единая модель процесса перевозок (ЕМПП);

Название проекта *	Проверка создания		
Описание проекта			
Период прогнозирования *	Февраль 2021 г. ▾	Плановые окна	Месячные окна на 2021.02 ✓ ▾
	<input type="checkbox"/> Расчет на исполненных вагонопотоках	Участковые скорости (Форма ДО-10) ?	<input type="radio"/> Графиковые скорости
	<input type="checkbox"/> Расчет по тарифным путям следования		<input type="radio"/> Исполненные (факт)
Плановая шахматка погрузки * ?	Февраль 2021 макс ✓ ▾		<input checked="" type="radio"/> Ничего не найдено ⓘ ▾
Технический план ЦД * ?	ЦД 2021.02 ✓ ▾	Передача по стыкам (Форма ДО-1) ?	<input type="radio"/> Период исп. вагоноп.
Исполненные вагонопотоки * ?	Фактическая шахматка 2021.01 ▾		<input checked="" type="radio"/> Ничего не найдено ⓘ ▾
Паспорт наличной пропускной способности *	Паспорт за 2019 ✓ ▾	Простои на станциях (Форма ДО-6) ?	Ничего не найдено ⓘ ▾
Вариант расчета норм массы и длины назначений *	<input type="radio"/> Нормативные	Регионы влияния ремонтных работ	Редактировать
	<input checked="" type="radio"/> Исполненные (факт)		
	Статистика 2020.12 ✓ ▾	Нормы передачи экспорта и импорта	<input checked="" type="radio"/> Основной вариант ✓ ▾
План формирования грузовых поездов и маршрутизации *	17.02.2021		<input type="radio"/> Ручной ввод
		Загрузка временно оставленных поездов	

Рисунок 4.22 – Интерфейс пользователя выбора исходных, просмотра и сохранения данных в интерактивном режиме

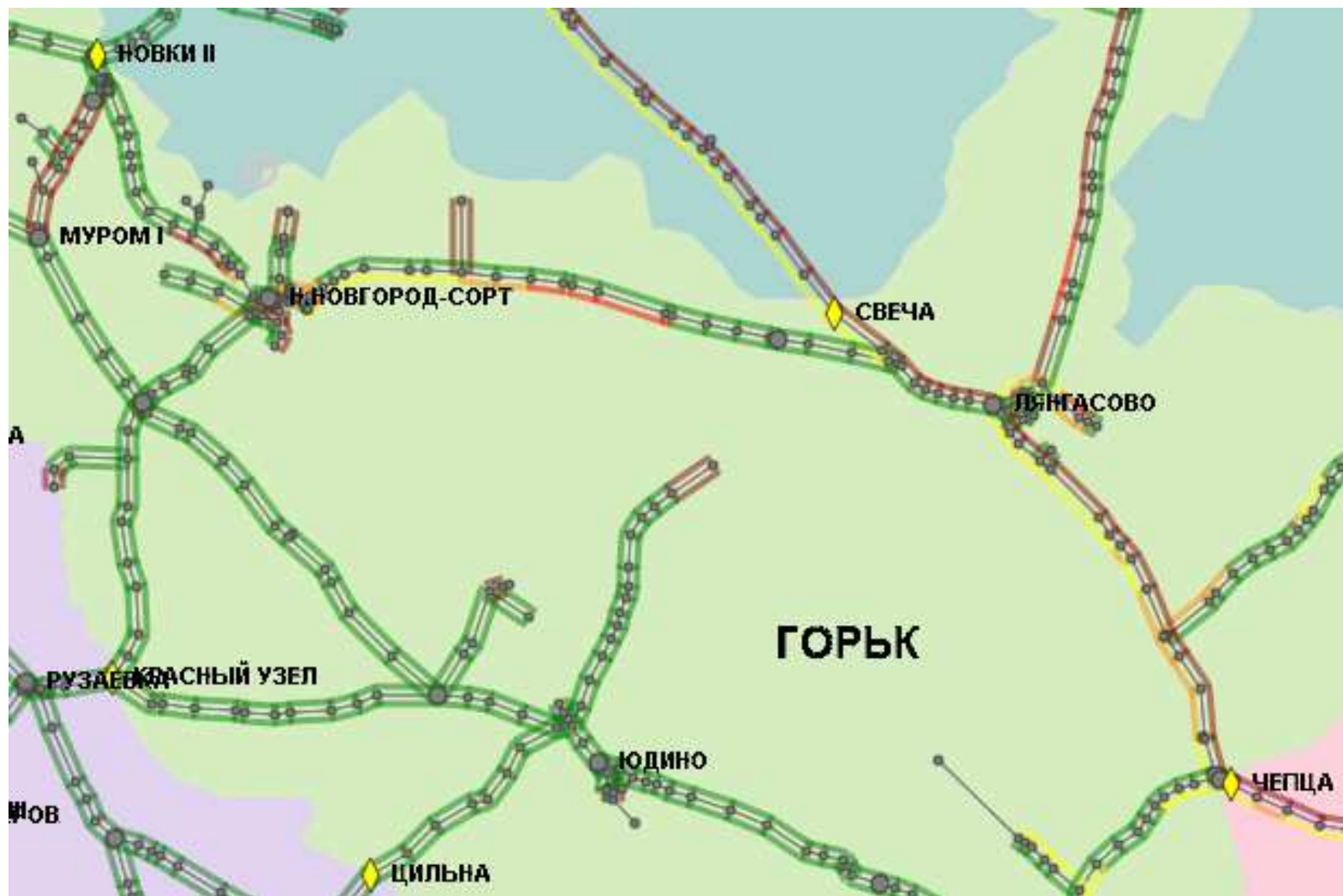


Рисунок 4.23 – Фрагмент интерактивной карты загрузки сети железных дорог ОАО «РЖД»

Просмотр проекта ЦЭУ 2021 год (план от 09.03.2021)

Работа с расчетом >
Шахматки >
Результаты >

Объём выполнения окон (Директивные окна на 2021.04)

Дорога	Оконных дней	Продолжительность	
		час	минут
Октябрьская	30	3 161	30
Калининградская	22	444	0
Московская	30	8 233	6
Горьковская	26	1 459	0
Северная	30	1 227	36
Северо-Кавказская	30	3 123	0
Юго-Восточная	30	1 389	29
Приволжская	30	1 585	12
Куйбышевская	30	2 133	30
Свердловская	30	1 960	54
Южно-Уральская	25	1 947	36
Западно-Сибирская	27	1 356	51
Красноярская	30	2 528	30
Восточно-Сибирская	30	2 241	18
Забайкальская	26	2 560	0
Дальневосточная	30	2 995	0

Рисунок 4.24 – Экранная форма «Объём выполнения «окон»

Просмотр проекта ЦЭУ 2021 год (план от 09.03.2021)

Работа с расчетом >
Шахматки >
Результаты >

Прогнозные показатели

Среднесуточная погрузка РФ на СЕТЬ, ваг/сут	59 673
Среднесуточная погрузка РФ на РФ, ваг/сут	55 430
Суммарная сдача гружённых вагонов, ваг/сут	110 318
Суммарный приём гружённых вагонов, ваг/сут	107 111
Тарифный грузооборот, тыс. тонно-км	2 684 972 051
Эксплуатационный грузооборот, тыс. тонно-км	2 759 630 776
Тонно-км брутто, тыс. тонно-км	4 516 085 685
Средняя дальность перевозки грузов по сети железных дорог России, км	1 966

Рисунок 4.25 – Экранная форма «Прогнозные показатели»

Просмотр проекта ЦЭУ 2021 год (план от 09.03.2021)

Работа с расчетом >
Шахматки >
Результаты >

Количество поездов по участкам			
Начальная станция участка	Конечная станция участка	Число поездов по результатам моделирования, поездов/сут.	Графиковые размеры грузового движения по участку, поездов/сут.
АБАЕВСКИЙ	ТУРИНСКИЙ	39	53
АБАЕВСКИЙ	УСТЬ-ТАВДА	40	50
АБАЗА	ХАРАДЖУЛЬ	1	3
АБАЗИНКА	ЗЕЛЕНЧУК	1	3
АБАЗИНКА	ДЖЕГУТА	0	1
АБАКАН	ТИГЕЙ	42	44
АБАКАН	МИНУСИНСК	45	37
АБГАНЕРОВО	ГНИЛОАКСАЙСК	37	30
АБИНСКАЯ	ИЛЬСКАЯ	21	35
АБИНСКАЯ	ОБХ. КРЫМСК (11 ст)	17	23
АВДА	КИЛЬЧУГ	3	18
АВДА	УЯР	2	16
АВИАЦИОННАЯ	КОСМОС	0	34
АВИАЦИОННАЯ	ДОМОДЕДОВО	1	30
АВТОВО	ПРЕДПОРТОВАЯ	0	11
АВТОВО	НАРВСКАЯ	17	14
АГИРИШ	СОБОЛИНАЯ	0	0
АГРЫЗ	УРОМ	29	62
АГРЫЗ	КИЧЕВО	51	64
АГРЫЗ	ТЕРСИ	11	19
АГРЫЗ	ЮСКИ	13	17
АДАДУРОВО	МЕДВЕДИЦА	0	5

Рисунок 4.26 – Экранная форма «Количество поездов по участкам»

Просмотр проекта ЦЭУ 2021 год (план от 09.03.2021)

Работа с расчетом >
Шахматки >
Результаты >

Планируемые объемы погрузки и приёма гружёных вагонов по ж.д. ОАО «РЖД»

Дорога	Приём гружёных, ваг/сут								Погрузка, ваг/сут							
	ввоз				транзит				местное сообщение				вывоз			
	вагонов/сут	ср. дальн...	статическ...	грузообор...	вагонов/сут	ср. дальн...	статическ...	грузообор...	вагонов/сут	ср. дальн...	статическ...	грузообор...	вагонов/сут	ср. дальн...	статическ...	грузообор...
Октябрьская	7 634	624	62.9	109 240	724	591	63.0	9 827	2 314	492	61.0	25 316	2 947	658	61.7	43 700
Калининградская	461	173	64.5	1 877	0	0	0	0	11	88	58.2	21	173	160	39.9	406
Московская	3 526	379	60.6	29 543	4 361	529	60.9	51 313	705	367	63.3	5 982	2 974	353	59.0	22 580
Горьковская	1 627	475	60.9	17 179	8 588	628	61.3	120 665	224	485	60.1	2 382	1 278	510	58.5	13 928
Северная	1 888	709	61.1	29 840	7 620	739	63.1	129 685	880	796	61.1	15 610	2 157	446	59.4	20 866
Северо-Кавказская	4 753	640	62.8	69 722	224	563	63.3	2 917	1 757	288	63.4	11 684	1 216	398	60.8	10 739
Юго-Восточная	1 260	460	60.2	12 736	2 695	535	63.9	33 645	1 259	282	68.6	8 894	2 598	364	65.6	22 644
Приволжская	1 123	481	63.0	12 414	3 404	840	61.7	64 485	169	407	61.0	1 530	1 570	516	60.7	17 948
Куйбышевская	1 614	429	60.1	15 175	4 607	921	62.6	96 935	440	386	60.4	3 749	2 833	442	58.7	26 832
Свердловская	2 292	555	62.1	28 865	5 644	1 046	62.4	134 405	2 332	431	65.6	24 088	4 699	812	60.1	83 697
Южно-Уральская	2 431	479	65.4	27 822	5 551	719	62.8	91 537	598	373	64.2	5 225	2 802	446	62.6	28 602
Западно-Сибирская	2 283	626	62.7	32 668	3 562	1 168	55.2	83 847	3 431	232	68.1	19 819	9 222	794	67.3	179 679
Красноярская	777	411	58.1	6 767	5 850	852	60.5	110 126	948	275	68.2	6 501	2 679	450	66.5	29 268
Восточно-Сибирская	1 164	862	57.0	20 888	5 934	1 335	61.9	179 156	1 177	382	65.4	10 745	1 603	580	61.7	20 940
Забайкальская	968	1 042	56.9	20 928	5 702	2 208	62.9	288 889	634	282	66.0	4 310	346	942	47.3	5 614
Дальневосточная	5 336	1 408	65.3	179 228	42	915	55.3	776	2 105	1 060	63.9	52 012	969	1 214	49.4	21 218

Рисунок 4.27 – Экранная форма «Планируемые объемы погрузки и приёма гружёных вагонов по ж.д. ОАО «РЖД»

Просмотр проекта ЦЭУ 2021 год (план от 09.03.2021)

Работа с расчетом >
Шахматки >
Результаты >

Грузооборот			
Дорога	Эксплуатационный, тыс. тонно-км	Тарифный, тыс. тонно-км	Тонно-км брутто, тыс. тонно-км
Октябрьская	180 559 770	170 880 786	310 247 984
Калининградская	2 211 421	2 331 922	3 890 110
Московская	105 041 080	89 489 970	186 673 121
Горьковская	147 987 334	145 809 816	265 295 301
Северная	188 160 846	181 800 674	314 005 974
Северо-Кавказская	91 259 447	88 031 522	159 511 716
Юго-Восточная	74 802 172	71 197 838	125 744 854
Приволжская	92 522 297	89 160 040	158 446 027
Куйбышевская	136 983 973	133 584 056	229 141 946
Свердловская	260 212 965	256 784 687	444 375 797
Южно-Уральская	147 058 600	145 200 487	245 750 441
Западно-Сибирская	303 372 641	290 587 791	505 886 443
Красноярская	146 556 069	145 826 297	243 008 514
Восточно-Сибирская	222 459 737	221 733 281	379 933 743
Забайкальская	306 951 642	304 897 448	529 500 912
Дальневосточная	243 105 552	240 256 554	414 672 801
Восточный полигон	919 073 000	912 713 580	1 567 115 971
Россия	2 649 245 545	2 577 573 169	4 516 085 685

Рисунок 4.28 – Экранная форма «Грузооборот»

Дорога	Средняя расчетная участковая скорость, км/час	Средняя расчетная масса поезда, тонн	Показатели локомотивного парка			
			Среднесуточный пробег локомотивов		Среднесуточная производительность локомотивов	
			рабочего парка	эксплуатируемого парка	рабочего парка	эксплуатируемого парка
Октябрьская	36.45	3907	552	409	1958	1409
Калининградская	55.98	3815	534	401	1932	1457
Московская	44.03	3695	630	465	1840	1352
Горьковская	44.27	4272	770	588	2811	2136
Северная	38.16	4184	650	548	2260	1890
Северо-Кавказская	38.73	3788	546	447	1618	1308
Юго-Восточная	44.38	4176	646	538	1960	1633
Приволжская	43.66	4119	671	578	2157	1832
Куйбышевская	47.04	4313	711	547	1964	1338
Свердловская	40.37	4122	619	501	2031	1610
Южно-Уральская	52.49	4445	838	646	2832	2111
Западно-Сибирская	52.21	4349	817	663	3115	2469
Красноярская	40.22	4140	698	545	2248	1735
Восточно-Сибирская	38.82	3849	721	568	2151	1638
Забайкальская	35.49	4103	713	597	2745	2297
Дальневосточная	35.74	3894	651	494	1945	1424
Итого по сети	41.15	4097	682	542	2263	1746

Рисунок 4.29 – Экранная форма «Показатели локомотивного парка»

Просмотр проекта Декабрь 2020 аналитика

Работа с расчетом >
Шахматки >
Результаты >

СДАЧА **Междорожные стыки**

Дорога сдачи	Дорога приема	Стыковой пункт	Прогноз передачи по стыку в среднем в сутки								Средняя составность	Тех. допустимые размеры передачи		Резерв/дефицит размеров передачи	
			поездов	вагонов			в том числе					поездов	вагонов	поездов	вагонов
				всего	в том числе		в назначениях по ...		в прямых						
					груженых	порожних	поездов	вагонов	поездов	вагонов					
ОКТ	ЭСТ	НАРВА	0.42	25	21	4	0.42	25	0	0	58.8	8.00	470	7.58	445
		ПЕЧОРЫ-ПСКОВ	0.39	17	13	5	0.39	17	0	0	44.7	7.00	313	6.61	296
	ЛАТ	ПУРВМАЛА	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		ПОСИНЬ	3.39	180	178	2	3.39	180	0	0	53.0	15.00	796	11.61	616
		СКАНГАЛИ	0.68	47	42	5	0.68	47	0	0	68.6	10.00	686	9.32	640
	БЕЛ	АЛЁЩА	0	5	3	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0
		ЕЗЕРИЦЕ	0.97	53	24	29	0.97	53	0	0	54.9	6.00	330	5.03	276
	МОСК	ОСУГА	0.64	34	15	19	0.64	34	0	0	52.5	3.00	158	2.36	124
		ХОВРИНО	2.63	91	58	33	2.63	91	0	0	34.6	10.00	346	7.37	255
		САВЕЛОВО	0.01	0	0	0	0.01	0	0	0	56.1	12.00	674	11.99	673
		ПОВАРОВО I	0.57	30	7	24	0.57	30	0	0	53.0	2.84	150	2.27	120
		ШАХОВСКАЯ	9.87	568	263	305	9.87	568	0	0	57.5	20.00	1151	10.13	583
	СЕВ	СОНКОВО	4.67	278	54	224	4.66	278	0.00	0	59.6	25.00	1490	20.33	1211
		КОШТА	74.04	5390	892	4498	74.04	5390	0	0	72.8	95.59	6959	21.55	1569
		МАЛЕНЬГА	7.63	448	44	405	7.63	448	0	0	58.8	26.00	1528	18.37	1080
	ВР	БУСЛОВСКАЯ	3.25	190	181	9	3.25	190	0	0	58.4	0	0	-3.25	-190
		СВЕТОГОРОСК	2.77	117	105	13	2.77	117	0	0	42.3	0	0	-2.77	-117

Вывод в excel

Рисунок 4.30 – Экранная форма «Междорожные стыки»

Проект						Последний запуск расчета	Шахматки	
Наименование проекта	Описание проекта	Согласован	Утвержден	Дата создания	Период прогнозирования		ЦД	ЦФО
Тестовый		✓	✓	19.03.2021 10:20	2021 г.	19.03.2021 10:33	ЦД 2021.03	Проект плана перевозок н...
test		✓	✓	17.03.2021 15:24	2030 г.	19.03.2021 11:11	ЦД 2021.03	ШахматкаТест
ЦЭУ 2030 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 17:30	2030 г.	11.03.2021 19:02	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2030-2
ЦЭУ 2029 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 17:29	2029 г.	11.03.2021 18:59	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2029-2
ЦЭУ 2028 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 17:29	2028 г.	11.03.2021 19:00	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2028-2
ЦЭУ 2027 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 17:28	2027 г.	11.03.2021 19:00	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2027-2
ЦЭУ 2026 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 17:27	2026 г.	11.03.2021 19:00	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2026-2
ЦЭУ 2025 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 17:26	2025 г.	11.03.2021 18:59	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2025-2
ЦЭУ 2024 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 17:26	2024 г.	11.03.2021 18:59	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2024-2
ЦЭУ 2023 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 17:22	2023 г.	11.03.2021 18:59	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2023-2
ЦЭУ 2022 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 17:01	2022 г.	11.03.2021 18:43	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2022-2
ЦЭУ 2021 год (план от 09.03.2021)		✓	✓	09.03.2021 16:33	2021 г.	11.03.2021 18:33	ЦД 2021.03	ЦЭУ 2021-2
Test 26-02-2021	Test 26-02-2021 Bobkova	✓	✓	26.02.2021 06:46	Февраль 2021 г.	26.02.2021 06:49	ЦД 2021.02	Февраль 2021 макс
ПБМ Бобкова	ПБМ Бобкова тест 26/02/21	✓	✓	23.02.2021 15:33	Февраль 2021 г.	26.02.2021 06:35	ЦД 2021.02	Февраль 2021 макс

Рисунок 4.31 – Согласованный проект

Резерв/дефицит по депо						
Дорога	Депо	Вид тяги	Число секций в тяговой единице	Парк исправных локомотивов		Резервы (+) и дефициты (-) парка
				в наличии	пот...	
Юго-Восточная	ТЧЭ-4 ЛИСКИ-УЗЛОВАЯ	Переменный ток	2	101	115	-14
Юго-Восточная	ТЧЭ-4 ЛИСКИ-УЗЛОВАЯ	Переменный ток	3	118	132	-14
Юго-Восточная	ТЧЭ-4 ЛИСКИ-УЗЛОВАЯ	Переменный ток	4	2	4	-2
Юго-Восточная	ТЧЭ-14 ЕЛЕЦ-СЕВЕРНЫЙ	Тепловозы	2	25	23	+2
Юго-Восточная	ТЧЭ-2 РТИЩЕВО-ВОСТОЧНОЕ	Тепловозы	2	20	17	+3
Юго-Восточная	ТЧЭ-2 РТИЩЕВО-ВОСТОЧНОЕ	Тепловозы	3	9	10	-1
Приволжская	ТЧЭ-1 АСТРАХАНЬ-2	Тепловозы	2	21	17	+4
Приволжская	ТЧЭ-7 ПЕТРОВ ВАЛ	Переменный ток	2	64	51	+13
Приволжская	ТЧЭ-7 ПЕТРОВ ВАЛ	Переменный ток	3	78	59	+19
Приволжская	ТЧЭ-7 ПЕТРОВ ВАЛ	Переменный ток	4	3	3	0
Приволжская	ТЧЭ-4 М. ГОРЬКИЙ	Тепловозы	2	26	22	+4
Приволжская	ТЧЭ-13 ЕРШОВ	Тепловозы	2	77	66	+11
Приволжская	ТЧЭ-12 СЕННАЯ	Тепловозы	2	6	5	+1
Куйбышевская	ТЧЭ-12 КИНЕЛЬ	Постоянный ток	2	31	33	-2

Рисунок 4.32 – Резервы/дефициты потребного парка локомотивов грузового движения по депо приписки (данные, приведенные на рисунке, условные)

- подсистема разработки и ведения плана формирования грузовых поездов. Контроль и анализ перевозок по плану формирования грузовых (АСОВ-ПФП-КАПФ);
- подсистема разработки и ведение плана организации (формирования) маршрутов. Оперативный контроль и анализ перевозок маршрутами (АСОВ-ПФМ-КАМП);
- автоматизированная система анализа планирования и выполнения «окон» (АС АПВО) (автором диссертации дана постановка задачи на программирование в соответствии с параграфом 3.2.2);
- автоматизированная система оперативного управления перевозками нового поколения (локомотивная модель) (ЕМП ядра АСОУП-3);
- база данных нормативного графика движения пассажирских поездов (БД НГДП);
- централизованная база данных пригородного расписания и система его централизованного ведения (ЦБДПР);
- автоматизированная система централизованной подготовки и оформления перевозочных документов (АС ЭТРАН);
- Программное обеспечение ведения технологии взаимодействия железнодорожных путей необщего пользования и станций примыкания (АС ЕТП);
- Информационное хранилище «Вагонные парки» (ИХ ВП);
- Информационное хранилище «Грузовые перевозки» (ИХ ГП).

С целью выполнения вариантных расчетов возможности освоения запланированного объема перевозок автором диссертации дана постановка задачи на программирование модуля определения вариантных направлений погрузки, в случае наличия дефицитов инфраструктуры на заявленные (далее – Модуль) позволяющего в упрощенном режиме корректировать план погрузки по направлениям (Восток, Северо-Запад, Азово-Черноморский бассейн). Модуль определяет, на каких из представленных направлений по результатам работы модуля вариантных расчетов выявлены резервы и дефициты пропускной способности инфраструктуры, и рассчитывает предложения по перераспределению

объемов погрузки между направлениями с возможностью их использования для повторного использования в Модуле.

Разработаны экранные и выходные формы отображения результатов работы Модуля.

Входные данные: перечень основных направлений следования вагонопотоков, междорожные (межстанционные) корреспонденции, перечень стыковых пунктов с указанием резервов и дефицитов пропускной способности.

Выходные данные: Вариантные направления следования вагонопотоков (откорректированный план погрузки для целей моделирования).

Постановка задачи по определению вариантных направлений погрузки приведена ниже. Данный алгоритм в рамках сквозного производственного планирования решает задачу сокращения дефицитов инфраструктуры путем использования потоковой модели сети ОАО «РЖД». Принципиальным отличием от разработанных ранее трудов по данному вопросу является объект исследования резервов/дефицитов инфраструктуры – междорожные стыковые пункты, которые принимаются в качестве регулирующего элемента по приёму на железную дорогу. Характеристики междорожного стыкового пункта определяются «зоной влияния» – несколько связанных между собой перегонов, примыкающих к стыковому пункту, максимальные резервы/дефициты на котором считаются резервами/дефицитами стыкового пункта.

$$N_{\text{рез/деф}}^{\text{стык}} = \min\{N_{\text{рез/деф}}^1, N_{\text{рез/деф}}^2, \dots, N_{\text{рез/деф}}^i\} \quad (4.3)$$

где $N_{\text{рез/деф}}^{\text{стык}}$ – резерв/дефицит по междорожному стыковому пункту, вагонов/сутки;

$N_{\text{рез/деф}}^i$ – резерв/дефицит по перегону i , вагонов/сутки.

Шаг 1. Выполняется расчёт потоковой нагрузки на сеть ОАО «РЖД» в АС ПБМ

Шаг 2. Формируется укрупнённый ориентированный граф:

- направление: от Западно-Сибирской ж.д. к дорогам поиска

резервов/дефицитов (Октябрьская, Северо-Кавказская, Дальневосточная ж.д.);

- вершины: междорожные стыковые пункты, кроме межгосударственных;
- параметры вершин: резерв/дефицит технологически допустимой передачи по стыку;
- рёбра: кратчайший путь следования между стыковыми пунктами внутри одной дороги;
- параметры рёбер: длина кратчайшего пути следования, дороги, через которые проходит путь следования.

Шаг 3. Прокладываются пути следования от начальных стыков (Западно-Сибирская ж.д.) к конечным стыкам (Октябрьская, Северо-Кавказская, Дальневосточная ж.д.) таким образом, чтобы соединялись стыки, ограничивающие одну дорогу, кроме начальной;

Шаг 4. Для дорог назначения проводится расчёт максимального суммарного резерва технологически допустимой передачи по стыкам (без учёта пересекающихся участков пути следования):

- для каждого пути следования по вершинам определяется наименьшая величина резерва/дефицита технологически допустимой передачи по стыкам в пути следования (min_k);
- данные величины суммируются по дороге назначения (Октябрьская, Северо-Кавказская, Дальневосточная ж.д.);
- определяются дороги с дефицитами на всех путях следования (рассчитанная сумма меньше 0);
- сохраняется значение для дорог назначения из предыдущего пункта ($\sum_{откл_i}$).

Шаг 5. Определение вариантных направлений погрузки:

- пути следования с $min_k \leq 0$ не участвуют в расчёте;
- выбираются пути следования с совпадающими дорогами в пути следования;
- начинается корректировка резервов технологически допустимой передачи по стыкам:
- порядок корректировки: по возрастанию длины пути следования;

- кратчайший путь не корректируется;
- следующий путь проверяется по условию: сумма min_k рассматриваемого пути следования и других путей следования через совпадающую дорогу ($\sum min_k$) \geq технологически допустимой передачи по стыку совпадающей дороги, если да, то резервов технологически допустимой передачи по стыку не корректируется, если < 0 , то $\sum min_k$ распределяется между путями следования по возрастанию длины пути (т.е. для кратчайшего пути резерв передачи по стыку присваивается $= min_k$, если $min_k \leq$ резерва по стыку, если $min_k >$ резерва по стыку, резерв не корректируется и другие пути следования исключаются из расчёта);
- следующие сравниваемые пути проверяются аналогично предыдущему пункту (т.е. для рассматриваемого пути резерв передачи по стыку присваивается $= min_k$, если $min_k \leq$ резерва по стыку, если $min_k >$ резерва по стыку, резерв не корректируется и другие пути следования исключаются из расчёта);
- расчёт выполняется пока все пути следования не сравнятся (с корректировкой min_k или исключением путей следования из расчёта);
- min_k суммируются по дороге назначения;
- сохраняется значение для дорог назначения из предыдущего пункта ($\sum откл_i$).

Шаг 6. Выводится экранная форма (рисунок 4.33), где числовые значения – $\sum откл_i$.

Автоматизация расчета показателей сквозного производственного планирования, определение резервов/дефицитов потребного парка локомотивов грузового движения, а также вариантов направлений погрузки позволяет эффективно использовать существующую инфраструктуру, снижая человеческий фактор.

Задача планирования пропуски заявленных или перспективных грузопотоков является комплексной и многопараметрической. Автоматизация расчета необходимых показателей для повышения точности и обоснованности принимаемых управленческих решений реализована в системе АС ПБМ.

Просмотр проекта 2023 год (27.07.2022)

Работа с расчетом >
Шахматки >
Результаты >

Вариантные направления погрузки									
ЗСИБ - ОКТ			ЗСИБ - СКВ			ЗСИБ - ДВС			
Маршрут следования (стыковые пункты)	Вагонопоток, ваг/сут	Резерв/дефицит, ваг/сут	Маршрут следования (стыковые пункты)	Вагонопоток, ваг/сут	Резерв/дефицит, ваг/сут	Маршрут следования (стыковые пункты)	Вагонопоток, ваг/сут	Резерв/дефицит, ваг/сут	
КОЛЧЕДАН - ЧЕПЦА НА БАЛЕЗИНО - СВЕЧА - МАЛЕНЬГА	118	581	ПП 2742 КМ - КРОПАЧЕВО - ГРОМОВО - КОТЕЛЬНИКОВО	1 233	-1 209	МЕЖДУРЕЧЕНСК - ТАЙШЕТ - ПЕТРОВСК 3-Д - АРХАРА	1 336	0	
НАЗЫВАЕВСКАЯ - ЧЕПЦА НА БАЛЕЗИНО - СВЕЧА - МАЛЕНЬГА	48	310	КРОПАЧЕВО - КРИВОЗЕРОВ - СОХРАНОВКА	68	596	МАРИИНСК - ЮРТЫ - ПЕТРОВСК 3-Д - АРХАРА	960	575	
ПП 2742 КМ - КОЛЧЕДАН - ЧЕПЦА НА БАЛЕЗИНО - СВЕЧА - МАЛЕНЬГА	36	581	ПП 2742 КМ - КРОПАЧЕВО - КРИВОЗЕРОВ - СОХРАНОВКА	49	596	МАРИИНСК - ЮРТЫ - ХАНИ	250	306	
НАЗЫВАЕВСКАЯ - ЧЕПЦА НА БАЛЕЗИНО - СВЕЧА - КОШТА	2	310	ПП 2742 КМ - КРОПАЧЕВО - ГРОМОВО - МОРОЗОВСКАЯ	17	-578	МЕЖДУРЕЧЕНСК - ТАЙШЕТ - ХАНИ	0	0	
ПП 2742 КМ - КОЛЧЕДАН - ЧЕПЦА НА БАЛЕЗИНО - СУСОЛОВКА - МАЛЕНЬГА	1	247	КРОПАЧЕВО - ГРОМОВО - МОРОЗОВСКАЯ	6	-578	МАРИИНСК - ЮРТЫ - ПЕТРОВСК 3-Д - АРХАРА - АРХАРА	3	575	
ПП 2742 КМ - КОЛЧЕДАН - ДРУЖИНИНО - ЧЕР... АЛЕКСАНДРОВ - СОНКОВО	0	752	ПП 2742 КМ - КРОПАЧЕВО - ЧАГРА - ОЛЕЙНИКОВО	0	-167	МАРИИНСК - ЮРТЫ - ПЕТРОВСК 3-Д - ШТУРМ	1	672	
ПП 2742 КМ - КОЛЧЕДАН - ЧЕПЦА НА БАЛЕЗИНО - ...	0	749							

Перераспределение потоков							
Переключение	Откуда	Вагонопоток после переключения	Резерв/дефицит, ваг/сут	Куда	Вагонопоток после переключения	Резерв/дефицит, ваг/сут	Переключаемый вагонопоток, ваг/сут
ДВС => ДВС	МЕЖДУРЕЧЕНСК - ТАЙШЕТ - ХАНИ	0	0	МАРИИНСК - ЮРТЫ - ПЕТРОВСК 3-Д - АРХАРА	960	575	202
ДВС => ДВС	МЕЖДУРЕЧЕНСК - ТАЙШЕТ - ПЕТРОВСК 3-Д - АРХАРА	1 336	0	МАРИИНСК - ЮРТЫ - ПЕТРОВСК 3-Д - АРХАРА	960	575	103
							0
							0
							0
							0

Вывод в excel Корректировка шахматки Перерасчет варианта

Рисунок 4.33 – Вариантные направления погрузки угля для сокращения дефицита инфраструктуры на полигонах железнодорожной сети (реализация в интерфейсе АС ПБМ)

Расчёт плана формирования грузовых поездов по событиям

Разработана постановка задачи на программирование для выполнения расчётов плана формирования грузовых поездов по событиям в соответствии с методикой, приведенной в пункте 3.2.1 настоящей диссертации.

Пользователю системы СПФ-2 при достижении порога отклонения от исходных или расчётных значений по показателям, приведённым в таблице 3.1, предлагается запустить расчет ПФП.

Интерфейсные решения для оповещения пользователя о необходимости выполнения расчёта по событиям приведены на рисунке 4.34.

Показатели рассчитываются на каждую дату и сохраняются в виде таблиц.

При наличии событий, требующих расчёта по событиям, пользователь создаёт расчёт кнопкой в интерфейсе окна «Расчёт по событиям», редактирует параметры станций, при наличии значимых изменений показателей в пункте 1 (Мощность струи немаршрутизированного вагонопотока) автоматически выполняется расчет «шахматки» станция-станция (перечень корреспонденций с указанием станции отправления, назначения вагона, рода груза и рода подвижного состава с количеством вагонов, измеряемым в среднем в сутки за период расчета «шахматки»).

Источники, по которым производится расчет величины значений (Z_n) приведен в таблице 4.14.

Ниже приведены алгоритмические решения по расчету показателей из таблицы 4.14.

1. Мощность струи немаршрутизированного вагонопотока.

1.1 Железная дорога отправления – железная дорога назначения:

а) Рассчитывается плановая «шахматка» дорога-дорога на основе плановой «шахматы» ЦФТО на текущий месяц.

Таблица 4.15 – Источники, по которым производится расчет величины значений (Zn)

Показатель (измеритель величины причины)	Объект, на который оказывается влияние	Источники	
		Норм/ План	Факт
1	2	3	4
Мощность струи немаршрутизированного вагонопотока, ваг./сут. (N)	Корреспонденции: Железная дорога отправления (i) – железная дорога назначения (j);	ЦФТО	Отчет ГВЦ
	Станция отправления (k) – станция назначения (m);	ЦФТО	Отчет ГВЦ
	Сортировочная станция формирования (x).	АСОВ Расчет ПФ	АСОУП-3
Процент заполнения пропускной способности ($\gamma_y^{сп}$)	Участки (y)	АС ПАСПОРТ НПС	АСОУП-3
Передача поездов по междорожным стыковым пунктам, поездов/сут ($n_i^{сд}$)	Железная дорога (i)	Тех-нормы	АСОУП-3
Наличие временно отставленных от движения поездов ($N_x^{отст}$)	Сортировочные и участковые станции (x)	Отсутствие норматива	АСОУП-3
Рабочий парк станции, ваг (N_x^p)	Сортировочные и участковые станции (x)	Тех-нормы	ДО-24
Участковая скорость, км/ч ($v_y^{уч}$)	Участки (y)	Тех-нормы	ГИД-Урал ВНИИЖТ
Простой транзитного вагона с переработкой ($t_x^{сп}$)	Сортировочные станции (x)	Тех-нормы	ДО-6
Количество перерабатываемых вагонов ($N_x^{пер}$)	Сортировочные станции (x)	АСОВ Расчетный ПФ	ДО-6
Заполнение перерабатывающей способности станции ($N_x^{пс}$)	Сортировочные станции (x)	АСОВ Расчетный ПФ	ДО-6
Сроки доставки	Сортировочные станции (x)	АСОВ Расчетный ПФ	АСУ МР

б) Рассчитывается среднесуточная исполненная «шахматка» дорога-дорога на основе отчёта ГВЦ за $T_{N_{i,j}^d}^*$ дней.

в) Из таблицы (б) вычитается (а), сохраняются значения $> \Delta N_{i,j}^d$.

г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается сумма вагонопотоков по плановой «шахматке» и по исполненной.

1.2 Станция отправления – станция назначения:

а) Рассчитывается плановая «шахматка» станция-станция на основе плановой «шахматы» ЦФТО на текущий месяц.

б) Рассчитывается среднесуточная исполненная «шахматка» станция-станция на основе отчёта ГВЦ за $T_{N_{k,m}^c}^*$ дней.

в) Из таблицы (б) вычитается (а), сохраняются значения $> \Delta N_{k,m}^c$

г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается сумма вагонопотоков по плановой «шахматке» и по исполненной.

1.3 Сортировочная станция формирования:

а) Рассчитывается фактическая мощность назначений для расчётных станций СПФ-2 за $T_{N_x^{cc}}^*$ суток;

б) Сохраняются записи с мощностью $< \Delta N_x^{cc}$ состава/сутки для сквозных, $< 1,0$ состава/сутки для остальных.

в) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество маломощных назначений.

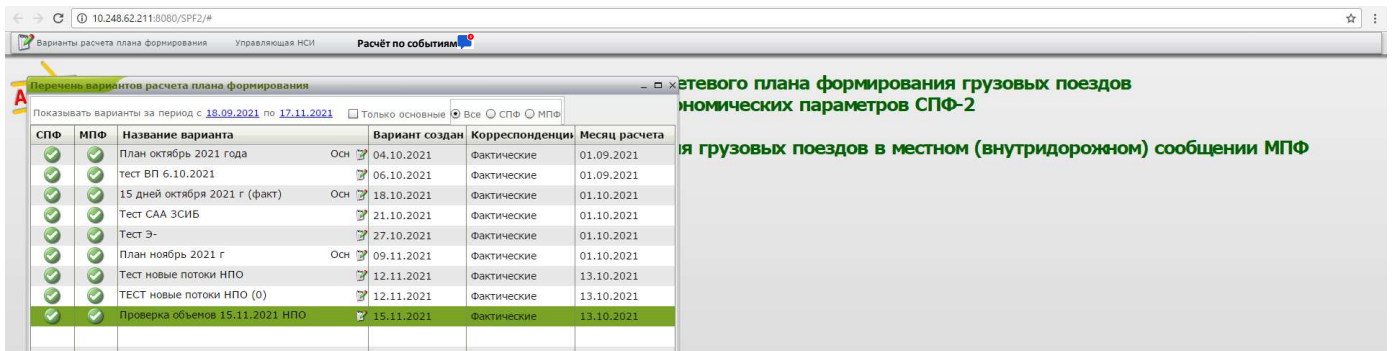
2. Процент заполнения пропускной способности:

а) Для всех участков из паспорта НПС указываются графические размеры движения грузовых поездов на текущий год;

б) Для всех участков из паспорта НПС указываются среднесуточные размеры движения грузовых поездов за $T_{\gamma_y^{cp}}^*$ суток;

в) Сохраняются записи, где $\gamma_y^{пс мод} > \gamma_y^{пс норм}$;

г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество участков из пункта (в).



Показатели для расчёта по событиям

Укрупненный анализ показателей для расчёта по событиям на 17.11.2021 года

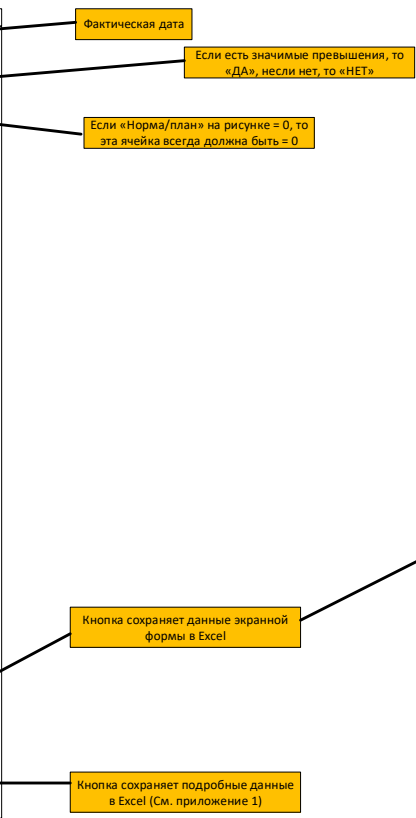
Показатель	Норма/план	Факт	Есть значимое изменение показателя
1. Мощность струи немаршрутизированного вагонопотока (суммарно) для корреспонденций:			
– Корреспонденции «Дорога-дорога» (суммарно), ваг./сут.	35 000	40 000	да
– Корреспонденции «Станция-Станция» по отправлению (суммарно), ваг./сут.	35 000	40 000	да
– Сортировочная станция формирования (число маломощных назначений) (суммарно)	0	0	нет
2. Заполнение пропускной способности (число участков с превышением)	0	80	да
3. Передача поездов по междорожным стыковым пунктам (число стыковых пунктов со значимым изменением передачи)	0	5	да
4. Наличие временно отставленных от движения поездов (кроме кода 01) (число поездов)	0	0	нет
5. Рабочий парк станций (число станций со значимым превышением)	0	0	нет
6. Участковая скорость (число диспетчерских участков со значимым снижением)	0	5	да
7. Простой транзитного вагона с переработкой (число станций со значимым превышением)	0	5	да
8. Количество перерабатываемых вагонов (число станций со значимым превышением)	0	5	да
9. Заполнение перерабатывающей способности (число станций со значимым превышением)	0	5	да
10. Сроки доставки (число вагонов с угрозой превышения)	0	650	да

Выгрузить в MS Excel:

Создать новый расчёт по событиям

Укрупнённый анализ

Подробный анализ



Укрупненный анализ показателей для расчёта по событиям на 17.11.2021 года

№ п/п	Показатель	Норма/план	Факт	Есть значимое изменение показателя
1	Мощность струи немаршрутизированного вагонопотока			
	Корреспонденции «Дорога-дорога» (суммарно), ваг./сут.	35 000	40 000	да
	Корреспонденции «Станция-Станция» по отправлению (суммарно), ваг./сут.	35 000	40 000	да
	Сортировочная станция формирования (число маломощных назначений) (суммарно)	0	0	нет
2	Процент заполнения пропускной способности (число участков с превышением)	0	80	да
3	Передача поездов по междорожным стыковым пунктам (число стыковых пунктов со значимым изменением передачи)	0	5	да
4	Наличие временно отставленных от движения поездов (кроме кода 01) (число поездов)	0	0	нет
5	Рабочий парк станций (число станций со значимым превышением)	0	0	нет
6	Участковая скорость (число станций со значимым превышением)	0	5	да
7	Простой транзитного вагона с переработкой (число станций со значимым превышением)	0	5	да
8	Количество перерабатываемых вагонов (число станций со значимым превышением)	0	5	да
9	Заполнение перерабатывающей способности станции (число станций со значимым превышением)	0	5	да
10	Сроки доставки (число вагонов с угрозой превышения)	0	650	да

Рисунок 4.34 – Интерфейсные решения функции расчёта ПФП по событиям

3. Передача поездов по междорожным стыковым пунктам:

- а) Для каждого междорожного стыкового пункта определяется тех норма приёма поездов на текущий месяц;
- б) Рассчитывается среднесуточный фактический приём за $T_{N_x^*}^p$ суток;
- в) Сохраняются значения $> \Delta n_i^{cd}$;
- г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество стыков из пункта (в).

4. Наличие временно отставленных от движения поездов (кроме кода 01):

- а) Составляется таблица с брошенными поездами, простаивающими более $T_{N_x^*}^{отст}$ суток на дату, предшествующую расчёту;
- б) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество поездов пункта (а)

5. Рабочий парк станции:

- а) Для каждой расчётной станции СПФ-2 определяется тех норма рабочего парка на текущий месяц;
- б) Рассчитывается среднесуточный фактический рабочий парк за $T_{N_x^*}^p$ суток;
- в) Сохраняются значения $> \Delta M_x^p$;
- г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество станций из пункта (в).

6. Участковая скорость:

- а) Для каждого диспетчерского участка определяется тех норма участковой скорости на текущий месяц;
- б) Рассчитывается среднесуточная участковая скорость за $T_{v_y^*}^{уч}$ суток;
- в) Сохраняются значения $> \Delta v_y^{уч}$;
- г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество диспетчерских участков из пункта (в).

7. Простой транзитного вагона с переработкой:

- а) Для каждой расчётной станции СПФ-2 определяется тех норма простоя транзитных вагонов с переработкой на текущий месяц;
- б) Рассчитывается среднесуточный простой транзитных вагонов с переработкой за $T_{t_x}^*$ суток;
- в) Сохраняются значения $> \Delta v_y^{уч}$;
- г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество станций из пункта (в).

8. Количество перерабатываемых вагонов:

- а) Для каждой расчётной станции СПФ-2 определяется плановое количество перерабатываемых вагонов на текущий месяц;
- б) Рассчитывается среднесуточный количество перерабатываемых вагонов за $T_{N_x}^*$ суток;
- в) Сохраняются значения $> \Delta N_x^{пер}$;
- г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество станций из пункта (в).

9. Заполнение перерабатывающей способности станции:

- а) Для каждой расчётной станции СПФ-2 определяется величина перерабатывающей способности из КПСС по текущему количеству формируемых назначений;
- б) Рассчитывается среднесуточный количество перерабатываемых вагонов за $T_{N_x}^*$ суток;
- в) Сохраняются значения $> \Delta N_x^{пс}$;
- г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество станций из пункта (в).

10.Сроки доставки:

- а) Для корреспонденций «станция-станция» рассчитывается тарифный срок доставки без начально/конечных операций;

б) Для корреспонденций «станция-станция» рассчитывается фактический срок доставки без начально/конечных операций;

в) Сохраняются записи, где $t_x^{\text{дост мод}} > t_x^{\text{дост норм}}$;

г) Для передачи в укрупнённый анализ рассчитывается количество вагонов из пункта (в).

Результаты практического внедрения разработанных методов и алгоритмов являются 5 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ следующих систем:

Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС) очередь 2019 г. [21] (см. приложение Г рисунок Г.1);

Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС). Подсистема Предиктивная бизнес-модель грузовых перевозок ОАО "РЖД" (АС ПБМ). Очередь 2019 г. [22] (см. приложение Г рисунок Г.2);

Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС). Подсистема "Предиктивная бизнес-модель грузовых перевозок ОАО "РЖД" (АС ПБМ) в части расчета показателей сквозного производственного планирования (АС ПРОГРЕСС. АС ПБМ расчет СПП) [23] (см. приложение Г рисунок Г.3);

Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС) очередь 2020 г (АС ПРОГРЕСС Оч. 2020) [24] (см. приложение Г рисунок Г.4);

Программное обеспечение технологии организации вагонопотоков (АСОВ) очередь 2021 (АСОВ очередь 2021) [25] (см. приложение Г рисунок Г.5).

4.3 Выводы по главе 4

1. На основе положений параграфа 3.1 с использованием имитационной модели исследованы возможности изменения технологии работы направления Коноша II – Обская Северной ж.д. в условиях проведения ремонтно-строительных

окон и назначении летних пассажирских поездов. Подтверждено увеличение надежности элементов инфраструктуры, увеличение участковой скорости, снижение простоя по техническим станциям, а также снижение зависящих эксплуатационных расходов на один вагон по предложенному варианту увеличения нормы длины поезда до 71 у.в.

2. Рассчитано число ниток хозяйственных поездов для технически допустимого числа грузовых поездов по участкам (на основе параграфа 3.2.2) и подтверждена необходимость учета данных поездов при расчете технически допустимого числа грузовых поездов. Точность прогнозирования в АС ПРОГРЕСС для рассматриваемого полигона повысилась в среднем на 3,1 поезда в сутки.

3. Исходя из положений параграфов 3.10, 3.2.2-3.2.5 приведен пример результатов расчетов в рамках сквозного производственного планирования в месячном разрезе в АС ПРОГРЕСС.

4. На основе раздела 2.3 разработана имитационная модель, с помощью которой актуализированы зависимости надёжности комплекса расформирования сортировочной станции от загрузки парка приёма станции с учётом условий враждебности поездопотоков на подходе к станции, а также комплекса формирования с учётом взаимодействия транзитного парка и парка отправления, вошедшие в Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД».

5. Дана функциональная и информационная структура гибридного модельного комплекса, используемого для оценки вариантов технологии в условиях прогнозируемых ограничений. На её основе описаны постановки задач на программирование Предиктивной бизнес-модели грузовых перевозок ОАО «РЖД» (АС ПБМ), введённой в промышленную эксплуатацию в 2020 году.

6. Полагаясь на параграф 3.2.1 выполнена постановка задачи по определению необходимости расчёта плана формирования грузовых поездов по событиям в системе СПФ-2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В диссертации сформулированы основные факторы, при которых рационален переход к разработке вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети (далее – ВТР). Такими факторами являются долгосрочные прогнозируемые ограничения в эксплуатационной работе, выражающиеся в неравномерности объемов погрузки, пассажирских поездов и проведения ремонтно-строительных «окон». ВТР применяются, когда выполняются условия перехода от нормативной технологии эксплуатационной работы к вариантному технологическому режиму.

2. Составляющими ВТР являются параметры:

- плана формирования грузовых поездов;
- графика движения поездов;
- директивного плана технологических «окон»;
- норм массы и длины грузовых поездов;
- технологии тягового обслуживания;
- технологии работы технических станций и узлов.

3. Для исследования параметров ВТР разработана технология построения, функциональная и информационная структура гибридного модельного комплекса, включающего в себя потоковую (АС ПРОГРЕСС) и имитационную (ИМЕТРА) модели, решающего задачи:

- определения зависимостей расчётных величин структурных элементов полигонов;
- сравнения ключевых параметров работы полигонов и характеристик взаимодействия элементов при вариантных технологических режимах.

4. Технология тягового обслуживания полигона при разработке ВТР оценивается уровнем надежности, показатели которого определяются в имитационной модели по разработанной методике.

5. Применение методов обоснования ВТР реализовано в ходе:

разработки модуля расчета сетевого плана формирования поездов по событиям;

расчета технически допустимого числа грузовых поездов в АС ПРОГРЕСС;
развития методов сквозного производственного планирования в АС ПРОГРЕСС и АС ПБМ;

актуализации зависимости надёжности комплекса расформирования сортировочной станции в Инструктивных указаниях по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сапегин, С.В. Нормирование показателей работы сортировочных станций / С. В. Сапегин, Е. О. Дмитриев, А. С. Петров // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 9. – С. 28-33.
2. Бородина, Е.В. Организация местной работы в Московском железнодорожном узле в условиях организации диаметального движения пригородно-городских поездов / Е. В. Бородина, Е. О. Дмитриев, Г. Г. Горбунов, Е.А. Алексеvнин // Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – № 1(85). – С. 33-44.
3. Дмитриев, Е.О. Тяговое обеспечение поездной работы при изменениях эксплуатационной обстановки / Е.О. Дмитриев, А.А. Сухов, А.С. Петров, Е.А. Алексеvнин // Вестник транспорта Поволжья. – 2021. – №2 (86). – С. 58-66.
4. Левин, Д.Ю. Оптимизация местной работы / Д.Ю. Левин, И.Н. Шапкин, Е. О. Дмитриев // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 9. – С. 38-44.
5. Бородин, А.Ф. Оценка баланса провозной способности полигонов сети железных дорог / А.Ф. Бородин, В.В. Панин, М.А. Агеева, А.Ю. Соколов, С.Ю. Кириллова, Е.О. Дмитриев, А.А. Кравченко // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2022. – Т. 81. – № 2. – С. 158-169. – DOI 10.21780/2223-9731-2022-81-2-158-169. – EDN RDALYA.
6. Бородин, А.Ф. Повышение и использование перевозочной мощности полигонов сети: эффективные стратегия и тактика / А.Ф. Бородин, В.В. Панин, Е.А. Лаханкин, А.Ю. Соколов, Е.А. Лаханкин, Е.О. Дмитриев, А.А. Кравченко // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 7. – С. 8-16. – EDN RZTHWU.

7. Дмитриев, Е.О. Опыт и эффективность применения автоматизированных систем и баз данных в задачах развития железнодорожных направлений / Е.О. Дмитриев, А. С. Петров, Г. Г. Горбунов // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2018): Труды седьмой научно-технической конференции, Москва, 14 ноября 2018 года. – Москва: АО "НИИАС", 2018. – С. 193-195.
8. Дмитриев, Е.О. Принципы построения гибридного модельного комплекса для исследования вариантных технологических режимов эксплуатационной работы / Е. О. Дмитриев // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019): труды Восьмой научно-технической конференции, Москва, 21 ноября 2019 года. – Москва: АО "НИИАС", 2019. – С. 91-95.
9. Петров, А.С. Типовые модули имитационного расчета крупных железнодорожных узлов / А. С. Петров, Е. О. Дмитриев, К. Ю. Николаев // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019): Материалы двенадцатой международной конференции, Москва, 01–03 октября 2019 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Москва: ИПУ РАН, 2019. – С. 696-699. – DOI 10.25728/mlsd.2019.1.0696. – EDN IZJJAC.
10. Дмитриев, Е.О. Расчётные параметры инструктивных указаний по организации вагонопотоков / Е. О. Дмитриев, А. С. Петров // Современные технологии управления транспортным комплексом России: инновации, эффективность, результативность: Сборник материалов II-й Национальной научно-практической конференции, Москва, 19 апреля 2019 года / Редколлегия: В.А. Козырев, Г.В. Черняева. – Москва: Российский университет транспорта, 2019. – С. 68-75.

11. Прокофьева, Е.С. Технологическое взаимодействие участников перевозочного процесса при организации перевозок / Е. С. Прокофьева, В. В. Панин, Е. О. Дмитриев // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов V Международной научно-практической онлайн-конференции, Москва, 16–17 апреля 2020 года. – Москва: Российский университет транспорта, 2020. – С. 138-141.
12. Дмитриев, Е.О. Об оценке мероприятий по развитию полигонов железнодорожной сети с учетом вариантных технологических режимов эксплуатационной работы / Е.О. Дмитриев // Третья международная научно-практическая конференция «Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах» (Санкт-Петербург, 23-25 октября 2019 г.): сборник трудов: в 2-х частях / под ред.: А.А. Краснощека, П.К. Рыбина – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2020. – Ч. 1: Развитие транспортной инфраструктуры и управление перевозками. – С. 80-89.
13. Дмитриев, Е.О. Методы обоснования вариантных технологических режимов работы полигонов железнодорожной сети / Е. О. Дмитриев // Бюллетень ученого совета АО "ИЭРТ". – 2021. – № 6. – С. 26-38.
14. Дмитриев, Е.О. О факторах, влияющих на параметры директивного плана технологических окон при разработке вариантных технологических режимов эксплуатационной работы / Е. О. Дмитриев // Фёдор Петрович Кочнев - выдающийся организатор транспортного образования и науки в России: Труды международной научно-практической конференции, Москва, 22–23 апреля 2021 года / Отв. редактор А.Ф. Бородин, сост. Р.А. Ефимов. – Москва: Российский университет транспорта, 2021. – С. 93-98.
15. Агеева, М.А. Новое в расчетах интенсификации перевозок в условиях инфраструктурного развития полигонов сети железных дорог / М. А. Агеева, А. Ф. Бородин, Е. О. Дмитриев [и др.] // Наука 1520 ВНИИЖТ:

- Загляни за горизонт: Сборник материалов научно-практической конференции АО «ВНИИЖТ», Российская Федерация, Щербинка, 26–27 августа 2021 года / АО "ВНИИЖТ". – Российская Федерация, Щербинка: АО "ВНИИЖТ", 2021. – С. 4-12.
16. Панин, В.В. Предиктивное моделирование железнодорожных перевозок на среднесрочный период с прогнозированием производственных и экономических показателей / В. В. Панин, П. О. Новиков, А. А. Подорин, Е.А. Лаханкин, Е.О. Дмитриев // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2021): Труды Четырнадцатой международной конференции, Москва, 27–29 сентября 2021 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Москва: ИПУ РАН, 2021. – С. 1028-1036. – DOI 10.25728/9803.2021.57.89.001.
 17. Новиков, П.О. Решение задач автоматизированного расчета нормативной технологии организации вагонопотоков, оперативного управления и логического контроля / П.О. Новиков, Р.В. Шиндеров, А.Л. Щепанов, А.А. Сухов, Е.О. Дмитриев // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2021) : Труды Четырнадцатой международной конференции, Москва, 27–29 сентября 2021 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Москва: ИПУ РАН, 2021. – С. 1020-1027. – DOI 10.25728/8091.2021.47.36.001.
 18. Дмитриев, Е.О. О методических принципах имитационного моделирования работы перегонов и станций в рамках расчета наличной пропускной способности перегонов и станций и допустимого уровня его использования / Е.О. Дмитриев // Тихомировские чтения: Синергия технологии перевозочного процесса: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп.; под общ. ред. А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 122-126.

19. V. Panin, P. Novikov, A. Podorin, E. Lakhankin and E. Dmitriev, "Predictive Modeling of Railway Transportation for the Medium-Term Period with Forecasting of Production and Economic Indicators," 2021 14th International Conference Management of large-scale system development (MLSD), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/MLSD52249.2021.9600121.
20. Бородин, А.Ф. Опыт применения в прикладных разработках и пути развития системы имитационного моделирования железнодорожных узлов и направлений / А. Ф. Бородин, К. Ю. Николаев, Е. О. Дмитриев [и др.] // Бюллетень ученого совета АО "ИЭРТ". – 2023. – № 8-1. – С. 14-34. – EDN ONCZOS.
21. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613437 Российская Федерация. "Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС) очередь 2019 г.": № 2020612121 : заявл. 28.02.2020 : опубл. 16.03.2020 / М. А. Агеева, А. Ф. Бородин, Е. О. Дмитриев [и др.] ; заявитель ОАО «Российские железные дороги».
22. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613265 Российская Федерация. "Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС). Подсистема Предиктивная бизнес-модель грузовых перевозок ОАО "РЖД" (АС ПБМ). Очередь 2019 г.": № 2020612137 : заявл. 28.02.2020 : опубл. 12.03.2020 / М. А. Агеева, А. Ф. Бородин, Е. О. Дмитриев [и др.] ; заявитель ОАО «Российские железные дороги».
23. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666866 Российская Федерация. "Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС). Подсистема "Предиктивная бизнес-модель грузовых перевозок ОАО "РЖД" (АС ПБМ) в части расчета показателей сквозного производственного планирования (АС ПРОГРЕСС. АС ПБМ расчет

- СПП)" : № 2021665666 : заявл. 07.10.2021 : опубл. 21.10.2021 / М. А. Агеева, А. Ф. Бородин, Е. О. Дмитриев [и др.] ; заявитель ОАО «Российские железные дороги».
24. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665106 Российская Федерация. "Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС) очередь 2020 г" (АС ПРОГРЕСС Оч. 2020) : № 2021664110 : заявл. 09.09.2021 : опубл. 20.09.2021 / М. А. Агеева, А. Ф. Бородин, Е. О. Дмитриев [и др.] ; заявитель ОАО «Российские железные дороги».
25. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022681093 Российская Федерация. "Программное обеспечение технологии организации вагонопотоков (АСОВ) очередь 2021" (АСОВ очередь 2021) : № 2022666464 : заявл. 07.09.2022 : опубл. 09.11.2022 / А. Ф. Бородин, Е. О. Дмитриев, Е. Н. Лазарева [и др.] ; заявитель ОАО «Российские железные дороги».
26. Валинский, О. С. Повышение эффективности использования тягового подвижного состава / О. С. Валинский // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 3. – С. 24-27. – EDN DYCLSX.
27. Валинский, О. С. Локомотивный комплекс Восточного полигона: ориентир на современные технологии / О. С. Валинский // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 4. – С. 36-39. – EDN QJMPUJ.
28. Технико-технологические модели управления перевозочным процессом / А. Ф. Бородин, В. В. Панин, Е. С. Максимова, Е. А. Лаханкин // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 7. – С. 23-27. – EDN QBSOHO.
29. Иванов, П. А. Осваивая возрастающие объемы перевозок / П. А. Иванов // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 2. – С. 52-55. – EDN VTFIEM.

30. Краснощек, А. А. Совершенствовать технологии перевозок, внедрять высокодоходные услуги / А. А. Краснощек // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 2. – С. 4-10. – EDN VOQAAD.
31. Процкий, А. В. Критерии структуризации полигонной системы / А. В. Процкий // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 8. – С. 4-6. – EDN ZFUHWZ.
32. Единый технологический процесс управления перевозками. Восточный полигон / В. Л. Зобнин, А. Т. Осьминин, Е. А. Сотников, М. А. Осьминин // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 9. – С. 24-31. – EDN WLUPRT.
33. Иванов, П. А. Программа развития вертикали управления движением / П. А. Иванов // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 6. – С. 10-16. – EDN TWMMCH.
34. Сайбаталов, Р. Ф. Ключевые задачи перехода к планированию и организации движения на полигонах / Р. Ф. Сайбаталов // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 6. – С. 32-37. – EDN WEALYN.
35. Кужель, А. Л. Эффективность продвижения вагонопотоков при переходе на полигонные технологии / А. Л. Кужель, И. Н. Шапкин, А. Н. Вдовин // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 8. – С. 4-10. – EDN WIAAGD.
36. Типовая технология управления перевозками на объединенных полигонах / В. Л. Зобнин, В. В. Панин, Е. С. Прокофьева, Д. В. Рубцов // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 11. – С. 7-14. – EDN XDMVDR.
37. Рахимжанов, Д. М. Процессное управление эксплуатационной работой / Д. М. Рахимжанов // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 11. – С. 8-15. – EDN UYTCNB.

38. Иванов, П. А. Дорогам Востока - единую технологию эксплуатационной работы / П. А. Иванов // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 5. – С. 4-8. – EDN NWHFTN.
39. Порядок сквозного производственного планирования объемов работ и потребности в ресурсах филиалов ОАО «РЖД» / Утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 25.11.2020 № 2603/р. – 8 с.
40. Изменения в Порядок сквозного производственного планирования объемов работ и потребности в ресурсах филиалов ОАО «РЖД» (утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 25 ноября 2020г. № 2603/р) / Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 05.04.2022 № 903/р. – 10 с.
41. Зобнин, В. Л. На основе сквозных принципов организации перевозок / В. Л. Зобнин // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 8. – С. 4-11. – EDN CQGLXZ.
42. Рахимжанов, Д. М. Выстраивая сквозной процесс перевозочной деятельности / Д. М. Рахимжанов // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 5. – С. 16-19. – EDN RTAEXC.
43. Морозов, В. Н. Повышать эффективность и слаженность работы / В. Н. Морозов // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 2. – С. 4-9. – EDN RKNWDD.
44. Лесун, А. Ф. На основе сквозных технологий / А. Ф. Лесун // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 9. – С. 4-7. – EDN UJYKMJ.
45. Васильев, И.И. Графики и расчеты по организации железнодорожных перевозок. – М.: Трансжелдориздат, – 1941. – 575 с.
46. Проблема взаимодействия различных видов транспорта: (Основы координир. работы ж.-д., водного и автодор. транспорта) / Акад. наук СССР. Ин-т комплексных трансп. проблем ; [Под ред. д-ра геогр. наук И. И. Белоусова, д-ра техн. наук А. В. Комарова]. – Москва : Изд-во Акад. наук СССР, – 1961. – 347 с.

47. Аксенов, В.И. Емкость путевого развития железных дорог и ее резервы в условиях тепловозной и электровозной тяги// Труды ТашИИТа, вып.ХІІІ. – Тайшет: 1960. – 72 с.
48. 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.
49. Лолуа, Р.В. Методы организации взаимодействия станций при различных уровнях использования емкостей их путевого развития : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.08. - Москва, 1986. - 159 с. : ил.
50. Архангельский, Е.В. Уровни загрузки и потребная мощность устройств сортировочных станций // Тр. ЦНИИ МПС. – 1975. – Вып. 544. – 128 с.
51. Архангельский, Е.В. Определение необходимых резервов производственной мощности станций//Вестник ВНИИЖТ, 1985. – №3. – С.6-9.
52. Архангельский, Е.В. Рациональное взаимодействие в работе сортировочных станций // Железнодорожный транспорт. – 1976. – №7.
53. Архангельский, Е.В. Теория и практика расчета мощностей железнодорожных станций : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.22.08. - Москва, 1999. - 53 с.
54. Бородин, А.Ф. Улучшение использование сортировочных путей при организации вагонопотоков // Вестник ВНИИЖТ. – 1987. – №5. – С.4-8.
55. Бородин, А.Ф. Методы рационального использования путевого развития сортировочных парков технических станций в системе организации вагонопотоков : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.08 / ВНИИ ж.-д. трансп. - Москва, 1988. - 267 с. : ил.

56. Бородин, А.Ф. Улучшение использования путевого развития сортировочных станций. / А.Ф. Бородин, М.Ф. Васин // М.: Транспорт, – 1992. – 48 с.
57. Сайбаталов, Р. Ф. Вагонный парк, инфраструктуру и управление движением - к общему знаменателю / Р. Ф. Сайбаталов, А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 11. – С. 26-34. – EDN SYKXOP.
58. Грунтов, П.С. Исследование закономерностей транспортных потоков на участках и сортировочных станциях/ П.С. Грунтов, В.А. Захаров // Труды БелИИЖТа, вып. 123. – Гомель:1973. – С.4-43.
59. Грунтов, П.С. Эксплуатационная надежность станций. – М.: Транспорт, – 1986. – 247 с.
60. Козлов, В.Е. Пропускная способность железнодорожных линий и надежность технических устройств. // Вестник ВНИИЖТ, 1979. – №4. – С.1-6.
61. Персианов, В.А. Научные и практические задачи развития станционных комплексов в узловых пунктах транспортной сети [Текст] : Автореферат дис. на соискание ученой степени доктора технических наук. (05.434) / Ин-т комплексных трансп. проблем при Госплане СССР. - Москва : [б. и.], 1970. - 47 с. : черт.
62. Рахмангулов, А.Н. Разработка методики транспортного обслуживания предприятий на основе оптимизации взаимодействия сортировочных комплексов промышленного и магистрального железнодорожного транспорта : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.08. - Москва, 1995. - 220 с.
63. Тишкин, Е.М. Оптимизация управления в логистических системах// Вестник ВНИИЖТ, – 1995. – №5. – С.3-10.
64. Тулупов Л.П. Оптимизация управления перевозками на линейном уровне // Железнодорожный транспорт, 2002. - №6. – С. 34-36.

65. Апатцев, В.И. Управление перевозками в железнодорожных узлах: Уч. пос. / В.И. Апатцев, А.Ф. Бородин, Е.В. Бородина – М.: РГОТУПС, 2003. – 155 с.
66. Бородин, А.Ф. Новые принципы взаимодействия узлов и направлений железных дорог// Технология перевозки грузов в условиях рыночной экономики: Сб. науч.тр./ Под ред. В.А. Шарова. – М.: Транспорт, – 1993. – 112 с.
67. Апатцев, В.И. Оптимизация работы железнодорожных узлов. // Железнодорожный транспорт. – 1998. – № 11. – С. 2-6
68. Акулиничев, В.М. Математические методы в эксплуатации железных дорог. / В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, А.Н. Корешков – М.:Транспорт, – 1981. – 223 с.
69. Автоматизация управления сортировочными станциями. Методы решения задач / Под ред. В.А. Буянова: Труды ВНИИЖТ. Вып. 575. М.: Транспорт, 1977. – 160 с.
70. Ветухов, Е.А. Комплексные методы сокращения простоя вагонов. / Е.А. Ветухов, М.А. Аветикян – М.: Транспорт. – 1986. – 206 с.
71. Волков, В.С. Оптимизация работы сортировочных станций в условиях отправления составов переменной величины : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.08. - Москва, 1982. - 240 с. : ил.
72. Гринев, А.А. Высокопроизводительная работа сортировочной станции / А.А. Гринев, Е.А. Сотников, В.А. Буянов – М.: Транспорт, 1982 – 87с.
73. Каплун, Б.М. Расчет оптимального числа подач вагонов на грузовые фронты при ограниченности маневровых ресурсов// Вестник ВНИИЖТ, №6, 1986. – с.5-7.
74. Корешков, А.Н. Выбор оптимальных условий работы и технического оснащения сортировочного комплекта станции при его этапном развитии [Текст] : Автореферат дис. на соискание ученой степени

- кандидата технических наук. (05.434) / Моск. ин-т инженеров ж.-д. транспорта. - Москва : [б. и.], 1975. - 23 с.
75. Макарович А.М., Дьяков Ю.В. Использование и развитие пропускной способности железных дорог. / А.М. Макарович, Ю.В. Дьяков – М.: Транспорт, – 1981. – 187 с.
76. Некрашевич, В.И. Влияние закрытия приемо-отправочных путей сортировочных и участковых станций на работу прилегающих участков. / В.И. Некрашевич, А.Д. Чернюгов, Т.Н. Родькина // Тр. ВНИИЖТ, 1982. – Вып.641. – С.63-84.
77. Паристый, И.Л. Системное решение комплексной задачи повышения провозной способности железных дорог. / И.Л. Паристый, В.Т. Стрельников – М.:ЦНТБ МПС РФ. – 1993. – 336 с.
78. Сотников, Е.А. Интенсификация работы сортировочных станций. – М.: Транспорт, 1979. – 239 с.
79. Шаров, В.А. Исследование комплексов для переработки в узлах мелких отправок, перевозимых на открытом подвижном составе : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.08. - Москва, 1979. - 215 с. : ил.
80. Быкадоров А.В. Системное исследование технологии оснащения, пропускной и перерабатывающей способности технических станций : диссертация ... доктора технических наук : 05.22.08. - Новосибирск, 1981. - 385 с. : ил. + Прил. (200 с.).
81. Забелло, М.Л. Маневровая работа на железных дорогах // Труды ЦНИИ МПС, вып. 160. – М.:1958. – 232 с.
82. Отпущенников, В.И. Исследование вопросов обеспечения взаимодействия в работе сортировочных станций : Автореферат диссертации ... кандидата технических наук – М.:1963. – 19с.
83. Щепанов, С.Л. Электронное «досье» сортировочной станции // Железнодорожный транспорт. – 2000. – №3. – С.22-25.

84. Таль, К.К. Основные вопросы применения методов моделирования при проектировании станций и узлов: Сб. науч.тр. / Под ред. Г.Верцмана. М., ЦНИИС, 1971.
85. Бородин, А.Ф. Комплексная система организации эксплуатационной работы железнодорожных направлений : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.22.08 / ВНИИ железнодорожного транспорта. - Москва, 2000. - 50 с.
86. Бородин, А.Ф. Техничко-экономические характеристики сортировочных станций. / А.Ф. Бородин, С.Л. Щепанов // Вестник ВНИИЖТ, 2001. – №2. – С.25-31.
87. Бородин, А.Ф. Интегрированная система СЕТЬ-2. / Бородин А.Ф., Пояркова М.А., Сулова М.В., Агеева М.А., Кульбицкий А.В. // Железнодорожный транспорт, 2002. – №11. – С.10-14.
88. Бородин, А.Ф. Эффективно использовать станционные мощности. // Железнодорожный транспорт. – 2006. – №6. – С.37-43.
89. Бородин, А.Ф. Эксплуатационная работа железнодорожных направлений. // Труды ВНИИАС, вып.6. – М.: ВНИИАС, – 2008. – 320 с.
90. Ломакина, Н.Н. Путьевое развитие и техническое оснащение участковых станций. / Н.Н. Ломакина, Е.В. Архангельский, И.И. Страковский и др. // Тр. ВНИИЖТ. Вып.645. – М.: Транспорт. – 1982. – С.38-73.
91. Бернгард, К.А. Техническая маршрутизация железнодорожных перевозок. // Тр.ЦНИИ МПС.-Вып.119. – М.: Трансжелдориздат, 1956. – 243 с.
92. Бернгард, К.А. Размещение сортировочных станций (теория и методика расчетов). / К.А. Бернгард, Р.В. Межова, В.П. Шулько // Труды ЦНИИ МПС, вып.458, «Транспорт», 1972. – 160 с.
93. Бородин, А.Ф. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года / Железнодорожный транспорт. – 2008. – №1. – С.48-54.

94. Бородин, А.Ф. Размещение, развитие и взаимодействие сортировочных станций. / А.Ф. Бородин, Р.В. Агеев, А.С. Крылов, М.Б. Сиротич //Железнодорожный транспорт. – 2010 №8. – С. 15-22.
95. Опытная эксплуатация комплекса задач «Компьютерный паспорт сортировочной станции»: Отчет о НИР; ВНИИЖТ: Оптимизация направления вагонопотоков с перераспределением загрузки сортировочных станций за счет новых подходов к разработке и реализации плана.
96. Барков, Н.Н. Сезонная и внутринедельная неравномерность грузовых перевозок на железных дорогах. // Труды ВНИИЖТ, вып. 249. – М.: Трансжелдориздат, 1963. – 96 с.
97. Некрашевич, В.И. Проблема адаптации графика движения грузовых поездов к колебаниям вагонопотоков // Вестник ВНИИЖТ. – 2006. – № 4.
98. Угрюмов, А.К. Неравномерность движения поездов. // Транспорт, 1968. – 112 с.
99. Левин, Д.Ю. Маршрутизация порожних вагонопотоков [Текст] : Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : (05.22.08). - Москва : [б. и.], 1979. - 18 с.
100. Акулиничев, В.М. Организация вагонопотоков //М.:Транспорт, 1979. – 224 с.
101. Бейтлих, Ш. Совершенствование организации контейнерных перевозок на железной дороге : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.08 / Лен. ин-т инж. железнодорож. транспорта. - Санкт-Петербург, 1991. - 24 с.
102. Дувалян, С.В. Расчет плана формирования одногруппных поездов при переменных нормативах и ограничениях размеров переработки вагонов на станциях. / С.В. Дувалян, А.Е. Гарслян // Вестник ВНИИЖТ, 1988. – № 6. – С. 1-5.

103. Сотников, Е.А. Совершенствование организации вагонопотоков / [Подгот. Е. А. Сотников]. - Москва : Транспорт, 1983. - 33 с. : ил.; 21 см.
104. Сотников, Е.А. Методика расчета организации вагонопотоков. / Е.А. Сотников, Д.Ю. Левин, А.В. Кутыркин, В.И. Васильев // Железнодорожный транспорт. – 1982. – №4. – С. 13-17.
105. Соколов, П.С. Экономика сортировочных станций и организация вагонопотоков. // М.:Трансжелдориздат, 1960. – 284 с.
106. Осьминин, А. Т. Оценка эффективности маршрутизации с мест погрузки / А. Т. Осьминин, Г. М. Грошев, О. А. Никифорова // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 1. – С. 62-65. – EDN IJABON.
107. Ульяницкий, Е. М. Моделирование процессов управления вагонопотоками на железнодорожном транспорте / Е. М. Ульяницкий, В. Н. Складов // Вестник ВНИИЖТ. – 2003. – № 6. – С. 39-42. – EDN XQWEOF.
108. Батулин А.П. Метод прокатных оценок для расчета сетевого плана формирования одногруппных поездов. // Труды 2-ой сетевой научно-практической конференции «Современные проблемы экономики и управления на ж. – д. транспорте». М: МИИТ. – 2000. – С. V-23.
109. Батулин, А.П. Организация сетевых вагонопотоков в одногруппные поезда. / А.П. Батулин, А.Ф. Бородин, В.В. Панин, М.А. Пояркова, О.А. Шумская // Железнодорожный транспорт. 2005, – №6. – С.17-24.
110. Бородин, А.Ф. Об управлении вагонопотоками с учетом условий их подхода. // Вестник ВНИИЖТ. – 1984. – № 7. – С. 4-9.
111. Бородин, А.Ф. Определение технически рационального числа формируемых назначений на основе моделирования работы станций. / А.Ф. Бородин, М.А. Пояркова // ВНИИЖТ. – М., 1986. – 46 с. (ЦНИИТЭИ МПС 25.03.86, № 3517 – ж.д.).

112. Бородин, А.Ф. Совершенствование организации вагонопотоков на полигонах с двусторонними сортировочными станциями // Вестник ВНИИЖТ. 1990. – № 2. – С. 1-4.
113. Бородин, А. Ф. Управление вагонопотоками в современных условиях // Железнодорожный транспорт. – 1996. – № 5. – С. 10-15.
114. Бородин, А.Ф. Транспортное обслуживание и организация вагонопотоков // Вестник ВНИИЖТ. – 1997. – № 5. – с. 36-39.
115. Бородин, А.Ф. Организация вагонопотоков на железных дорогах Польши. // Железнодорожный транспорт. – 1998. – №1. – С.74-77.
116. Бородин, А.Ф. Адаптивное управление вагонопотоками // Железнодорожный транспорт 1'05- 33 с.
117. Бородин, А.Ф. От Единой нормы – к Единой технологии // «РЖД-Партнер». – №11 (99) ноябрь 2006.
118. Бородин, А.Ф. Новое слово в организации вагонопотоков // «РЖД-Партнер». – №17 (117) сентябрь 2007.
119. Куценко, Н.Н. Новое в организации вагонопотоков./ Н.Н. Куценко, А.Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт, 1997. – №1. –С.20-22.
120. Буянова, В.К. Система организации вагонопотоков / В. К. Буянова, А. И. Сметанин, Е. В. Архангельский. - Москва : Транспорт, 1988. - 222,[1] с. : ил.; 22 см.; ISBN 5-277-00111-5 (В пер.) : 1 р.
121. Ковалев, В.И. Совершенствовать организацию и управление вагонопотоками. / В.И. Ковалев, А.Т. Осьминин // Железнодорожный транспорт, 2002. – №6. – С.29-38.
122. Осьминин, А.Т. Рациональная организация вагонопотоков на основе методов многокритериальной оптимизации : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.22.08 / Самар. ин-т инженеров ж.-д. трансп. - Самара, 2000. - 48 с.
123. Ковалев, В.И. Многокритериальная оптимизация плана формирования поездов // Железнодорожный транспорт. – 2004. – №4. – С.25-26.

124. Козлов, П.А. Система автоматизированного управления грузопотоками. / П.А. Козлов, А.С. Мишарин // Труды ВНИИУП МПС России. – Вып.1. – М.:2002. – С.41-53.
125. Панин, В.В. Организация сетевых вагонопотоков в одногруппные поезда в условиях структурной реформы на железнодорожном транспорте России : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.08 / Моск. гос. ун-т путей сообщ. (МИИТ) МПС РФ. - Москва, 2004. - 23 с.
126. Харитонов, А.В. Методы оперативного управления вагонопотоками на полигоне дороги : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.08 / Рос. гос. открыт. техн. ун-т путей сообщ. - Москва, 2005. - 26 с.
127. Клюванек, П. Анализ процесса накопления вагонов на сортировочных станциях. / П. Клюванек, Ф. Брандалик // Железные дороги мира, 1975. – №6.
128. Персианов, В.А. Поездообразование: поиски оптимума // Железнодорожный транспорт. – 1989. – № 2. – С. 25-30.
129. Иловайский, Н.Д. Методика планирования поездообразования на сортировочных станциях. // Сборник «Совершенствование методов эксплуатации железных дорог», Свердловск, 1965. – 65 с.
130. Комплекс задач «Расчет экономически целесообразных направлений вагонопотоков на полигонах сети железных дорог (СЕТЬ-2)»: Техническое задание / ЦД МПС России; утв. 30.09.1999. – 53 с.
131. Аветикян, А.А. Потенциал транзитности вагонопотоков. – М.: Транспорт, 1981. – 191 с.
132. Волков, В.А. Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог Сибири и Дальнего Востока / [Подгот. В. Д. Лерман, Д. Ю. Левин]. - Москва : Транспорт, 1982. - 41 с. : ил.; 22 см.

133. Климанов, В.С. Об эффективности регулировочных мероприятий в условиях насыщения дорог поездопотоком. // Вестник ВНИИЖТ, 1984. – №4. – С.5-8.
134. Некрашевич, В.И. Особенности технологии поездной работы в новых экономических условиях / В.И. Некрашевич, А.Ф. Бородин, М.В. Сулова, Е.В. Трисчев // Технология перевозки грузов в условиях рыночной экономики : Сб. науч. тр. ВНИИЖТ; Под ред. В. А. Шарова. - Москва : Транспорт, 1993. - 109,[2] с.
135. Ребец, В.И. Слагаемые эффективной работы. / В.И. Ребец, Г.Р. Иванов // Железнодорожный транспорт, 1998. – №1. – С.28-30.
136. Сотников, Е.А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы). - М.: Транспорт, 1986. – 256 с.
137. Тихонов, К.К. Выбор оптимальных параметров эксплуатации железных дорог. – М.: Транспорт, 1974. – 192 с.
138. Чернюгов, А.Д. Организация эксплуатационной работы железнодорожных направлений. // Тр. ВНИИЖТ, вып.547. – М.:Транспорт, 1975. – 128 с.
139. Барткус, А.Г. Решение задачи оптимального регулирования движения поездов методами линейного программирования. // Труды ЛИИЖТ, вып. 233. – 1964.
140. Кочнев, Ф.П. Вопросы организации движения поездов. / Ф.П. Кочнев, Б.М. Масимович, И.Б. Сотников // М., Трансжелдориздат, – 1961. – 212 с.
141. Бородин, А.Ф. Оптимизация управления поездной работой на направлении Мариинск – Юрты. / А.Ф. Бородин, И.Г. Шарафединов // Труды конференции «Транссибирская магистраль на рубеже XX-XXI веков: Пути повышения эффективности перевозочного потенциала», апрель 2003.

142. Бодюл, В.И.«Ритм» - комплексная технология. / В.И. Бодюл, В.А. Шаров, О.А. Жаброва // Железнодорожный транспорт, 1988. – №6. – С.14-16.
143. Гершвальд, А. С. Оптимизация оперативного управления процессом грузовых перевозок на железнодорожном транспорте // Труды ВНИИЖТ. - Москва : Интекст, 2001. - 239, [1] с. : ил., табл.; 20 см.
144. Жук, Е. Методы согласования графика движения поездов с технологией работы сортировочных и маневровых станций на сети ПКП: автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.08. - Москва, 1998. - 38 с. : ил.
145. Ибрагимов, У.Н. Совершенствование способов пропуска поездов, обеспечивающих ускорение доставки грузов: автореферат дис. ... кандидата технических наук. – Ташкент, 2008. – 24 с.
146. Пешков, А.М. Управление магистральным железнодорожным транспортом в рыночной среде: Формирование орг. структур, обоснование и внедрение прогрессив. методов управления эксплуатацией подвижного состава : диссертация ... доктора технических наук : 05.22.08. - Москва, 1998. - 295 с.
147. Поплавский, А. А. Сквозное оперативное управление поездной работой на направлениях / А. А. Поплавский, А. И. Лизунов // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 1. – С. 16-24. – EDN NYOALX.
148. Тулупов, Л.П. Управление перевозками на участках и направлениях. // Железнодорожный транспорт. – 2003. – №4. – С. 50-54.
149. Шапкин, И.Н. Технология и управление перевозками на железных дорогах (опыт, теория, практика переходного периода). / И.Н. Шапкин, А.И. Щелоков // М.:Желдориздат., 2003. – 527 с.
150. Шаров, В.А. Комплексная программа оптимизации эксплуатационной работы сети железных дорог России до 2010 г. // Труды ВНИИУП МПС России, вып. 1. – 2002. – С. 10-22.

151. Осьминин, А. Т. Научные подходы к расчету границ полигонов управления перевозочным процессом и реализации полигонных технологий / А. Т. Осьминин // . – 2017. – № 2. – С. 42-56.
152. Тимухина, Е.Н. Повышение функциональной надежности железнодорожных станций при технологических сбоях : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.22.08 / Тимухина Елена Николаевна; [Место защиты: Ур. гос. ун-т путей сообщ.]. - Екатеринбург, 2012. - 44 с.
153. Слободянюк, И. Г. Технология макро моделирования железнодорожных станций и узлов : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.08 / Слободянюк Инна Геннадьевна; [Место защиты: Ур. гос. ун-т путей сообщ.]. - Екатеринбург, 2019. - 20 с.
154. Колокольников, В. С. Структурно-функциональная оптимизация полигонов на сети железных дорог : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.22.08 / Колокольников Виталий Сергеевич; [Место защиты: Уральский государственный университет путей сообщения]. - Екатеринбург, 2021. - 36 с.
155. Колокольников, В. С. Автоматизированное структурно-технологическое исследование железнодорожных станций : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.02.22 / Колокольников Виталий Сергеевич; [Место защиты: Ур. гос. ун-т путей сообщ.]. - Екатеринбург, 2013. - 20 с.
156. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» / Утверждены вице-президентом ОАО «РЖД» С.В. Козыревым 16 октября 2008 г. – 527 с.
157. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД». / Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 29 декабря 2018 г. № 2872/р. – 548 с.
158. Козлов, П.А. Технологии согласованного взаимодействия железных дорог и портов // Connect! Мир Связи. – 2002. – № 11.

159. Бородин, А.Ф. Комплексные решения проблем развития инфраструктуры и перевозочных ресурсов. // Мир транспорта. – 2017. – Том 15, №1. – С. 6-17.
160. Бородин, А. Ф. Автоматизированная система прогноза ресурсов сети / А. Ф. Бородин, В. В. Панин // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 4. – С. 18-27.
161. Альбрехт, В.Г. Методика выбора оптимального «окна» и сравнение вариантов организации работ при реконструкции и капитальном ремонте пути. Рукопись МИИТа, 1955. – 145с.
162. Мельник, А.П. Вопросы усиления пропускной способности и совершенствование графика движения поездов. // М.: МЖДИ, 1957. – С. 27-34.
163. Климов, М.Ф. Исследование методов организации движения поездов при производстве капитальных путевых работ на двухпутных участках [Текст] : Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук / Моск. ин-т инженеров ж.-д. транспорта. - Москва : [б. и.], 1964. - 21 с., 2 л. черт.
164. Дьяков Ю.В. Повышение уровня использования и комплексное развитие пропускной способности железнодорожных направлений : диссертация ... доктора технических наук : 05.22.08. - Москва, 1984. - 475 с. : ил.
165. Богачёв, А.И. Исследование «окон» в графике движения поездов и их использование при производстве путевых работ. Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М, 1945. – 180с.
166. Антонов, Ю.А. К вопросу о выборе продолжительности «окна» при капитальном ремонте и реконструкции пути на двухпутных линиях в зависимости от пропускной способности. // Тр.НИИЖТ. 1959, вып.15, С. 38 – 50.

167. Дьяков, Ю.В. Этапное развитие линий и станций. // Труды МИИТа. – 1982, вып.469. – С. 3-20.
168. Ангелейко, В.И. Теоретическое обоснование методики расчета продолжительности «окон» для путевых работ. / В.И. Ангелейко, В.С. Зиньковский, А.Б. Рябой // Харьков: ХИИТ, 1969. – 21 с.
169. Клауз, П.Л. Организация и производство механизированных строительных и путевых работ. / П.Л. Клауз, Г.Н. Крюков // М.: Трансжелдориздат, 1962. – 268 с.
170. Кондаков, Н.П. Проектирование организации и планирование путевого хозяйства. / Н.П. Кондаков, В.Я. Шульга, В.Н. Лященко // М.: Транспорт, 1974. – 200 с.
171. Быкадоров, С.А. Определение затрат по задержкам поездов при проведении ремонтных работ. / С.А. Быкадоров, О.В. Иванчина // ТРАНСПОРТ Наука, техника, управление. – 2006. - № 9. – С. 20-21.
172. Оплетин, В.А. Планирование и эффективное использование «окон». / В.А. Оплетин, В.В. Кишка // Железнодорожный транспорт. – 2004. – №3. – С. 46-49.
173. Корженевская Е.Ю. Расчёт продолжительности восстановления нормального ритма движения после «окна» на линиях с двухпутными вставками. // Сборник научных трудов МИИТ. М.: 1992, вып. 848. – С. 21-24.
174. Юрлупов, Н. Роковые ключи // Гудок. – 2005. – 22 октября.
175. Коваленко, Н.И. Качество путевых работ и взаимодействие смежных служб / Н. И. Коваленко, Д. И. Атякин, Н. Коваленко, А. Г. Трукунов // Железнодорожный транспорт. – 2005. – № 1. – С. 67-69.
176. Ушенин, Е. Обеспечить движение вперед // Гудок. – 2003. – 10 октября.
177. Вуйтович, Марек. Комплексный выбор технико-технологических параметров и способов пропуска поездов при выделении «окон» в

- графике движения. : Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : М., 1986г. – 257с.
178. Кархова, И.Ю. Экономическая эффективность технического перевооружения железных дорог в рыночных условиях : автореферат дис. ... кандидата экономических наук : 08.00.05 / Моск. ун-т путей сообщения. - Москва, 1996. - 24 с.
179. Яхимович, В.В. Повышение эффективности эксплуатационной работы железных дорог путем оптимизации технологии капитального ремонта пути на полигоне Восточно-Сибирского региона : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.01 / Сиб. гос. ун-т путей сообщ. - Новосибирск, 2004. - 19 с.
180. Яхимович, В.В. Эффективность «окон» большой продолжительности. / В.В. Яхимович, Н.А. Никулин, А.В. Дмитренко // Железнодорожный транспорт. – 2000. – №3. – С. 22-24.
181. Козлов, П. А. Расчет параметров проектируемых транспортных узлов / П. А. Козлов, В. П. Козлова // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 7. – С. 36-39.
182. Козлов, П. А. Автоматизированный программный комплекс расчета, регистрации и отображения работы сортировочной станции / П. А. Козлов, А. Э. Александров // Железнодорожный транспорт. – 2003. – № 9. – С. 65-67.
183. Козлов, П.А. Макромоделирование транспортных узлов / П. А. Козлов, Н. А. Тушин, В. Ю. Пермикин, И. Г. Слободянюк // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 10. – С. 38-40.
184. Козлов, П.А. От Кузбасса до Усть-Луги – единая модель. / П.А. Козлов, И.О. Набойченко, В.Ю. Пермикин // Железнодорожный транспорт, 2016. – № 3. – С. 26 – 29.
185. 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 / ОАО «РЖД»: [Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» N 2р от 09.01.2018 г.]. – М., 2018. – 75 с.
186. Козлов, П. А. Совместное использование аналитических методов и имитационных моделей / П. А. Козлов, В. С. Колокольников, В. И. Сорокин // Транспорт Урала. – 2016. – № 3(50). – С. 3-8. – DOI 10.20291/1815-9400-2016-3-3-8.
187. Бородин А.Ф. Эффективно использовать станционные мощности. // Железнодорожный транспорт, 2006. – № 6. – С. 37–43.
188. Бородин, А. Ф. Автоматизированные центры управления местной работой. / А.Ф. Бородин, А.А. Москалев, Е.В. Прилепин // Железнодорожный транспорт, 2004. – № 6. – С. 35 – 40.
189. Методика определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования. / Утверждена приказом Минтранса России от 18 июля 2018 г. № 226. – 40 с.
190. Инструкция по расчёту наличной пропускной способности железных дорог / Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 10 ноября 2010 г. № 128. – М.: Техинформ, 2011. – 289 с.
191. Правдин Н.В., Негрей В.Я. и Подкопаев В.А. Взаимодействие различных видов транспорта: (примеры и расчёты) / Под ред. Н.В. Правдина. – М.: Транспорт, 1989. – 208 с.
192. Транспортные узлы : Определение мощности устройств / [М. Н. Стефаненко, К. Ю. Скалов, Г. С. Молярчук и др.]; Под ред. К. Ю. Скалова и др. - Москва : Транспорт, 1985. - 201 с. : ил.; 20 см.

193. Правдин, Н.В. Взаимодействие различных видов транспорта : (Прим. и расчеты) / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев; Под ред. Н. В. Правдина. - Москва : Транспорт, 1989. - 207,[1] с. : ил.; 24 см.
194. Маслов, А.М. Техничко-технологические параметры функционирования грузовых станций железнодорожного транспорта в условиях стохастического характера вагонопотока : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.22.08 / Маслов Александр Михайлович; [Место защиты: Ур. гос. ун-т путей сообщ.]. - Екатеринбург, 2009. - 23 с.
195. Лещинский, Е. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1977. – 176 с.
196. Козлов П.А., Набойченко И.О. Исследование на макромодели полигона при организации тяжеловесного движения. – Моделирование транспортных процессов, 2016. - № 1. – С. 104 – 109.
197. Козлов, П. А. Исследование на макромодели полигона при организации тяжеловесного движения / П. А. Козлов, И. О. Набойченко // Наука и техника транспорта. – 2016. – № 1. – С. 104-109.
198. UIC CODE 406 [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://tamannaei.iut.ac.ir/sites/tamannaei.iut.ac.ir/files/files_course/uic406_2013.pdf (дата обращения 19.04.2022).
199. Murali, P. Modeling strategies for effectively routing freight trains through complex networks / P. Murali, F. Ordóñez, M. M. Dessouky // Transportation Research Part C: Emerging Technologies. – 2016. – Vol. 70. – P. 197-213. – DOI 10.1016/j.trc.2015.08.022.
200. Tomas Lidén. "Railway Infrastructure Maintenance - A Survey of Planning Problems and Conducted Research" Transportation Research Procedia, vol. 10, 2015. doi:10.1016/j.trpro.2015.09.011. Режим доступа:
201. Turner, Christopher et al. “A review of key planning and scheduling in the rail industry in Europe and UK.” Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit 230 (2016): 984 - 998. /

- Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/A-review-of-key-planning-and-scheduling-in-the-rail-Turner-Tiwari/40dcc9c3f06a266cc81103b817403e7f8169b403> (Дата обращения 19.02.2022).
202. Yaghini, M., Sarmadi, M., Nikoo, N., & Momeni, M. (2014). Capacity Consumption Analysis Using Heuristic Solution Method for Under Construction Railway Routes. *Networks and Spatial Economics*, 14, 317-333. / Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Capacity-Consumption-Analysis-Using-Heuristic-for-Yaghini-Sarmadi/89357eeff13630ebf810f92b5d4f8f72ceb16967> (Дата обращения 19.02.2022).
203. Ali Çetin Suyabatmaz, Güvenç Sahin. Railway crew capacity planning problem with connectivity of schedules // *Transportation Research Part E*, 2018. – Volume 84. – P. 88-100.
204. Miguel A. Salido, Federico Barber, Laura Ingolotti. Robustness in railway transportation scheduling. // 2008 7th World Congress on Intelligent Control and Automation (2008): 2880-2885. / Режим доступа: <https://www.semanticscholar.org/paper/Robustness-in-railway-transportation-scheduling-Salido-Barber/cae55730be340ba22fd55d75513e20d1dbadd620> (Дата обращения 19.04.2022).
205. Бородин, А.Ф. О гармонизации развития и использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов / А.Ф. Бородин // *Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2015): Труды четвертой научно-технической конференции с международным участием, Москва, 18 ноября 2015 года.* – Москва: ОАО «НИИАС», 2015. – С. 135-139.

206. Дмитриев, Е.О. Оценка технологических решений по распределению перспективных поездопотоков на подходах к портам Азово-Черноморского бассейна / Е. О. Дмитриев, К. Ю. Николаев, А. С. Петров // Развитие инфраструктуры и логистических технологий в транспортных системах (РИЛТТРАНС-2017) : Материалы Второй международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 04–06 октября 2017 года. – Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2018. – С. 59-64. – EDN LDZFK.
207. Бородин, А.Ф. Автоматизированная система организации вагонопотоков: современные теория и практика / А. Ф. Бородин, Д. М. Вербов, Д. В. Рубцов, П. О. Новиков // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 11. – С. 4-17.
208. Методические указания по расчёту потребности в основных устройствах технического оснащения сортировочных станций / МПС СССР. Главное управление движения: [Утверждены зам. министра путей сообщения Ф.И. Шулешко 21 марта 1977 г.]. – М.: Транспорт, 1978. – 23 с.
209. Козлов, П. А. Макромоделирование железнодорожных станций и узлов / П. А. Козлов, Н. А. Тушин, И. Г. Слободянюк // Наука и техника транспорта. – 2015. – № 2. – С. 82-88.
210. Козлов, П.А. Структурно-функциональное исследование систем железнодорожного транспорта. / П.А. Козлов, В.С. Колокольников, В.Ю. Пермикин // Труды Пятой научно-технической конференции с международным участием «ИСУЖТ-2016» – М.: ОАО «НИИАС». 2016. – С. 240-243.
211. Козлов П.А. Поток и бункер-канал в транспортной системе. // Мир транспорта, 2014. – № 2. – С. 30 – 37.
212. Borodin A., Kozlov P., Kalinichenko A. Integrated development of carrying capacities of the Baikal-Amur Mainline and Trans-Siberian Railway

- [Electronic resource]. – URL: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/75/mateconf_pts2018_02019/mateconf_pts2018_02019.html
213. Изменения в Инструкцию по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД» / Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 16.12.2022 № 3340/р. – 8 с.
 214. Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД» / Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 04 марта 2022 г. №545/р. – 364 с.
 215. Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» (Прогноз Ресурсов Сети). Технология функционирования автоматизированной системы ПРОГРЕСС. / Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 01.04.2012. – 53 с.
 216. Козлов, П. А. Информационные технологии на транспорте. Современный этап. / П.А. Козлов // Транспорт Российской Федерации, 2007. – № 10. – С. 38-41.
 217. Панин, В.В. Развитие задач "Имитационной ресурсной модели использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС)" в рамках сквозного производственного планирования / В. В. Панин, Е. А. Лаханкин, М. А. Пояркова // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019) : Труды восьмой научно-технической конференции, Москва, 21 ноября 2019 года. – Москва: АО "НИИАС", 2019. – С. 87-90. – EDN GDFNNB.
 218. СТО РЖД 1.07.002-2010. Стандарт ОАО "РЖД". Инфраструктура железнодорожного транспорта на участках обращения грузовых поездов повышенного веса и длины. Технические требования / Утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 25.11.2010 г. № 2412/р (ред. от 06.10.2022). – 22 с.

219. Бородин, А.Ф. Обеспечение функциональной надежности перевозочного процесса при размещении восстановительных средств железных дорог / А. Ф. Бородин, А. А. Сухов // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2018 : Труды одиннадцатой международной конференции. В 3 т., Москва, 01–03 октября 2018 года / Под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. Том II Секции 7-11. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2018. – С. 136-141. – EDN KPIWHU.

Приложение А. Неравномерность погрузки, пассажирского движения и продолжительности проведения ремонтно-строительных «окон»

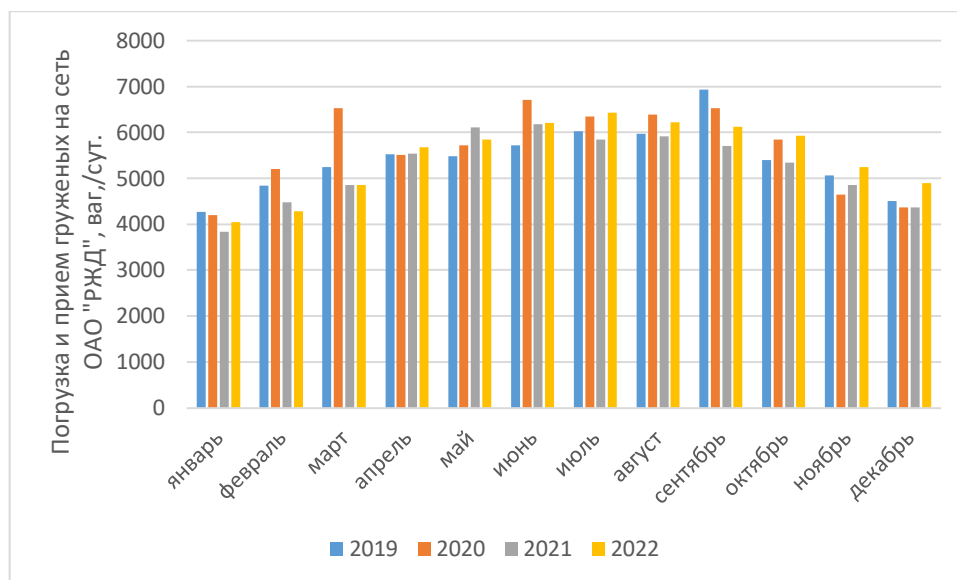


Рисунок А.1 – Погрузка и прием груженых вагонов со строительными грузами на сеть ОАО «РЖД»

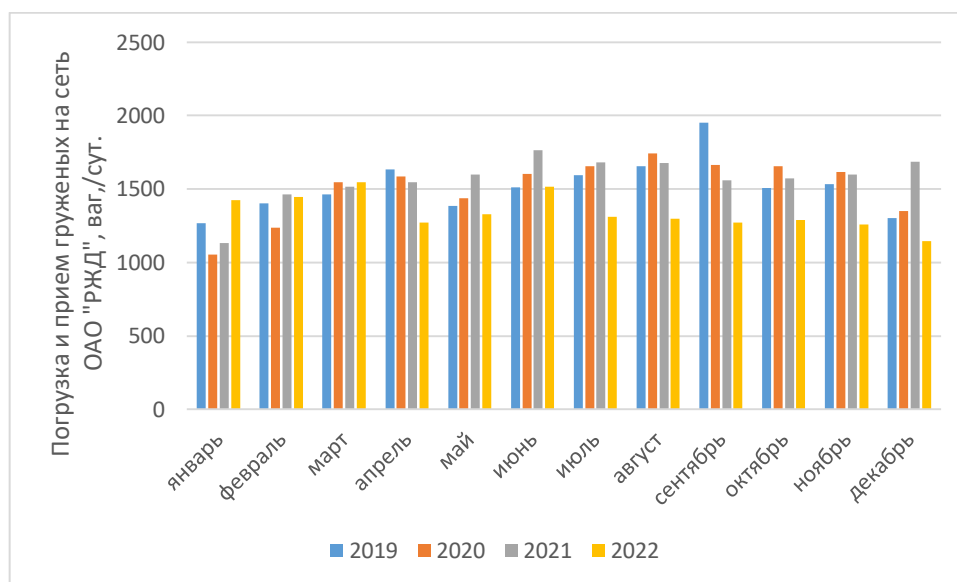


Рисунок А.2 – Погрузка и прием груженых вагонов с промышленным сырьем и формовочными материалами на сеть ОАО «РЖД»

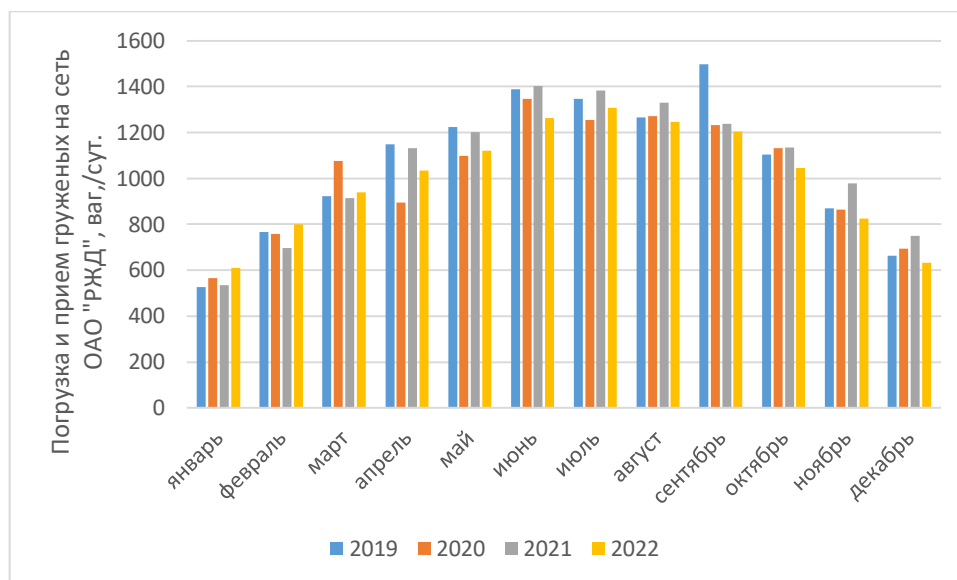


Рисунок А.3 – Погрузка и прием груженых вагонов с цементом на сеть
ОАО «РЖД»

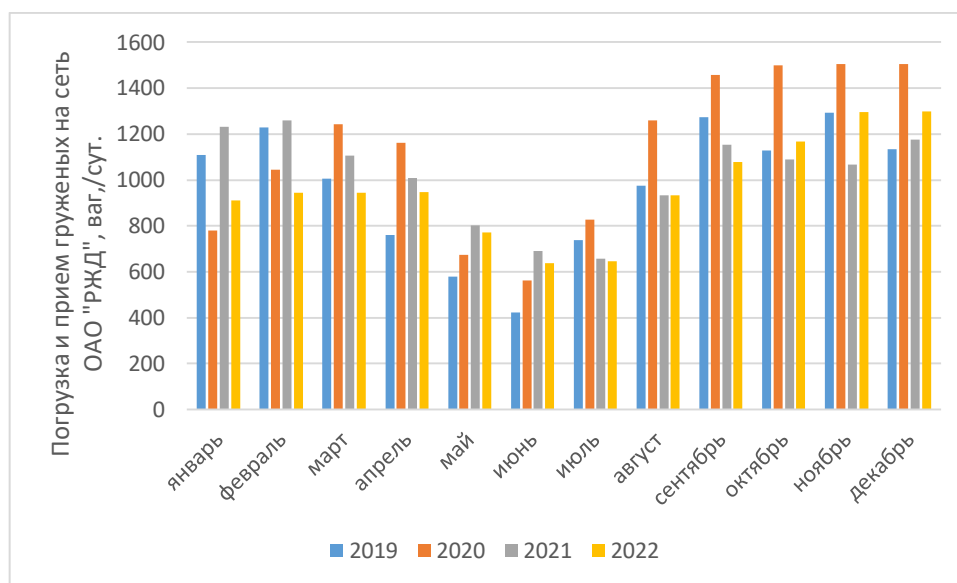


Рисунок А.4 – Погрузка и прием груженых вагонов с зерном на сеть ОАО «РЖД»

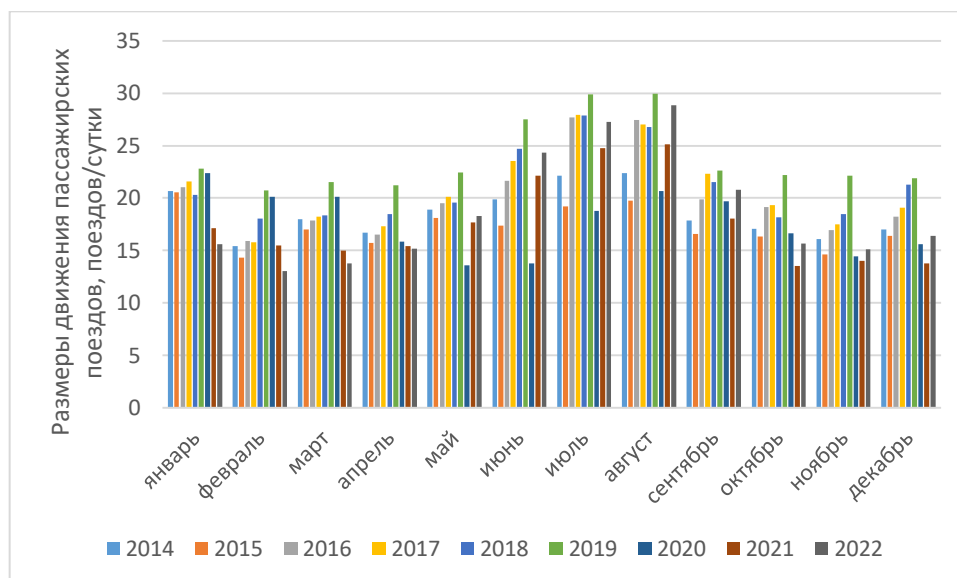


Рисунок А.5 – Среднесуточные размеры движения пассажирских поездов на направлении Арзамас II – Юдино

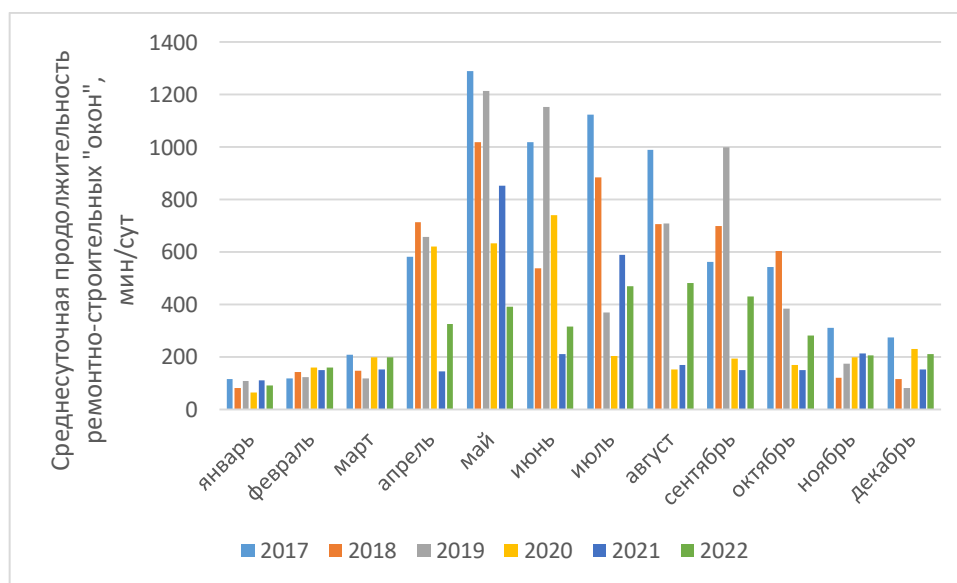


Рисунок А.6 – Среднесуточная продолжительность ремонтно-строительных "окон" на направлении Инская – Мариинск – Юрты – Тайшет

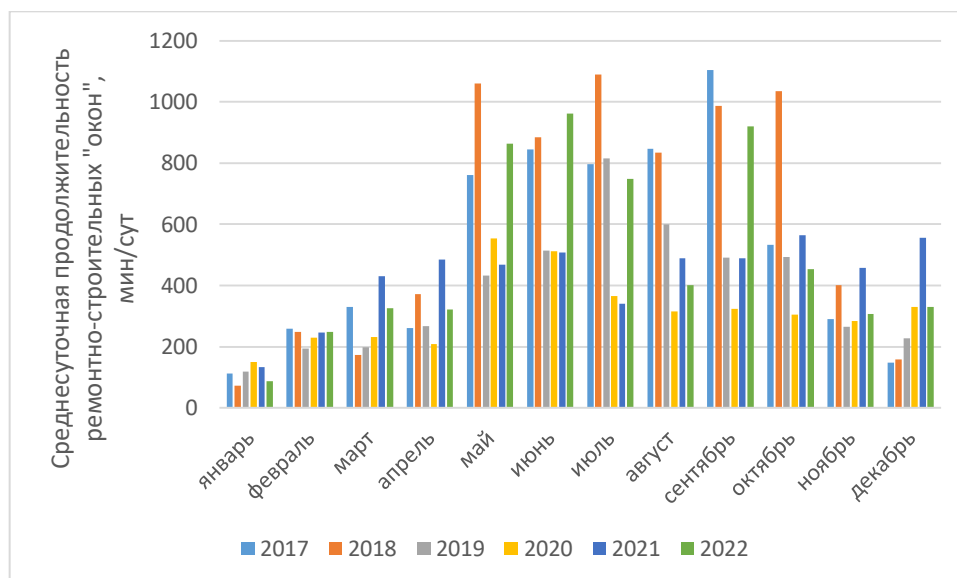


Рисунок А.7 – Среднесуточная продолжительность ремонтно-строительных "окон" на направлении Тайшет – Хани – Тында – Комсомольск-Сорт.

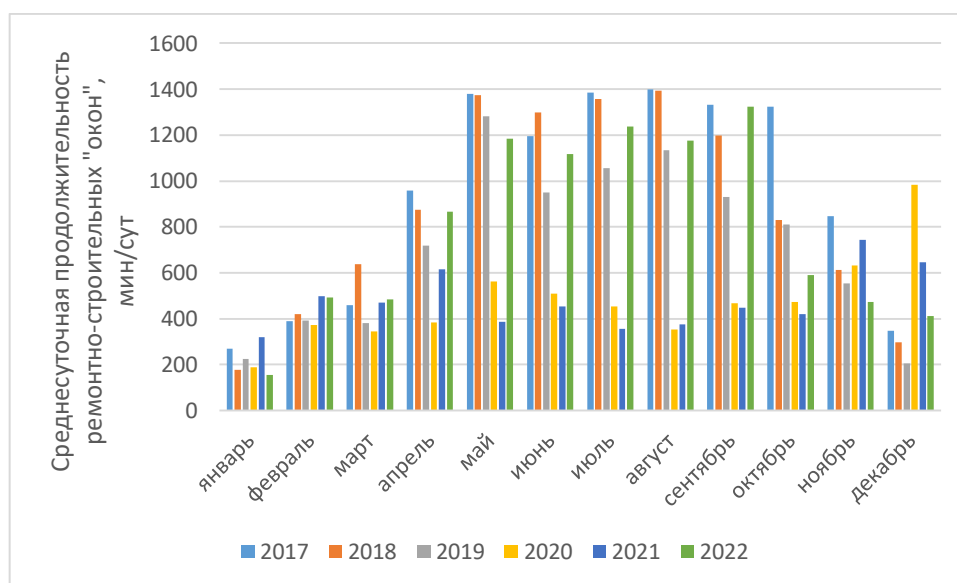


Рисунок А.8 – Среднесуточная продолжительность ремонтно-строительных "окон" на направлении Тайшет – Петровский Завод – Архара – Хабаровск II

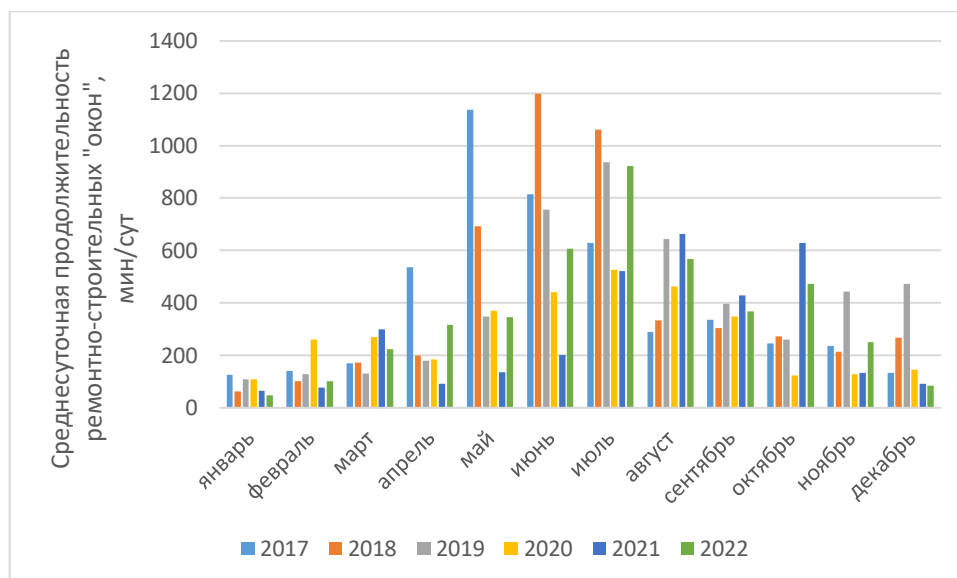


Рисунок А.9 – Среднесуточная продолжительность ремонтно-строительных "окон" на направлении Чепца – Шарья – Кошта – Мга

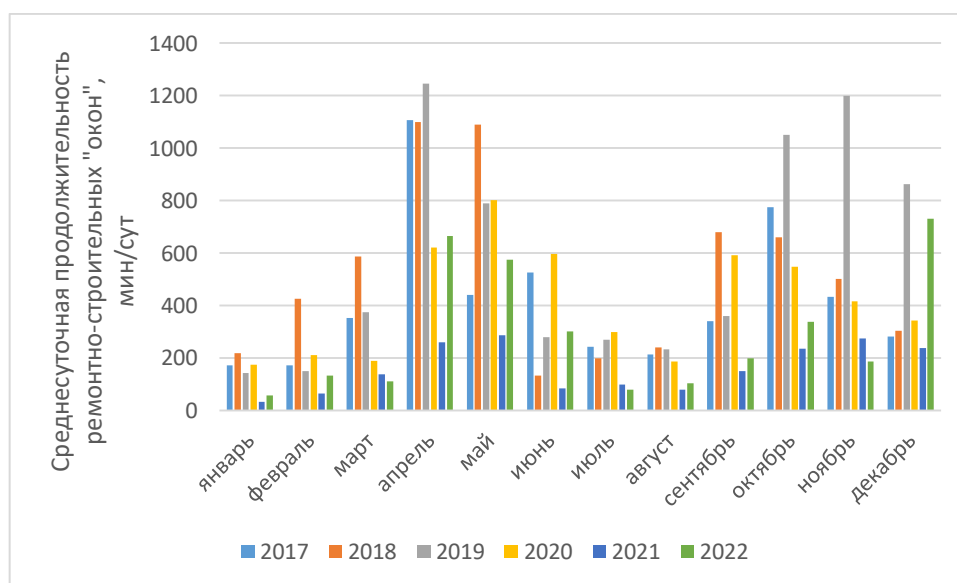


Рисунок А.10 – Среднесуточная продолжительность ремонтно-строительных "окон" на направлении Сызрань I – Громово – Котельниково – Краснодар-Сорт.

Приложение Б. Среднесуточная продолжительность проведения окон на рассматриваемых направлениях

Таблица Б.1 – Среднесуточная продолжительность проведения окон на рассматриваемых направлениях за 2018 год, минут/сутки

Участок	Январь 2018	Февраль 2018	Март 2018	Апрель 2018	Май 2018	Июнь 2018	Июль 2018	Август 2018	Сентябрь 2018	Октябрь 2018	Ноябрь 2018	Декабрь 2018	Среднегодовая продолжительность проведения "окон"
А -- а	307	215	512	517	422	961	872	299	308	592	299	196	460
а -- Б	191	157	305	394	306	1148	792	218	321	503	339	245	410
Б -- б	40	49	100	66	41	366	288	59	46	51	39	61	101
б -- в	85	159	273	335	357	851	586	404	293	310	362	324	362
в -- Г	338	433	454	447	615	626	537	391	460	420	443	433	466
Г -- д	52	47	102	128	434	600	522	261	76	131	99	66	211
д -- е	34	41	41	47	36	149	162	113	52	168	108	10	80
е -- В	61	68	171	239	377	214	213	140	99	119	100	74	157
Максимальное значение среднемесячной продолжительности проведения "окон"	338	433	512	517	615	1148	872	404	460	592	443	433	
Г -- ж	242	221	152	216	151	181	161	457	153	230	178	121	205
ж -- з	86	85	140	79	241	192	119	294	264	266	202	171	179
з -- и	147	159	111	125	98	168	120	199	504	417	230	167	204
и -- к	18	24	22	21	52	34	109	476	310	278	335	150	153
к -- Д	11	8	16	14	35	2	10	10	10	15	19	9	13
Д -- л	52	92	102	88	82	59	171	155	393	73	89	75	119
л -- м	113	115	134	163	294	233	414	686	526	528	323	139	307
м -- Е	37	25	96	24	47	20	26	38	2	26	9	65	35
Максимальное значение среднемесячной продолжительности проведения "окон"	242	221	152	216	294	233	414	686	526	528	335	171	

Таблица Б.2 – Среднесуточная продолжительность проведения окон на рассматриваемых направлениях за 2019 год, минут/сутки

Участок	Январь 2019	Февраль 2019	Март 2019	Апрель 2019	Май 2019	Июнь 2019	Июль 2019	Август 2019	Сентябрь 2019	Октябрь 2019	Ноябрь 2019	Декабрь 2019	Среднегодовая продолжительность проведения "окон"
А -- а	241	382	320	394	242	243	239	199	215	387	364	280	291
а -- Б	151	351	312	364	240	560	462	265	670	517	505	531	410
Б -- б	43	39	32	42	54	29	209	24	49	32	283	34	73
б -- в	307	338	321	356	318	318	449	187	323	310	295	316	320
в -- г	433	470	457	487	346	488	439	254	383	485	403	452	424
г -- д	36	35	69	64	90	136	191	79	118	132	32	76	89
д -- е	17	18	44	40	137	36	47	69	52	100	22	25	51
е -- В	38	69	125	185	115	112	285	397	115	94	113	68	144
Максимальное значение среднемесячной продолжительности проведения "окон"	433	470	457	487	346	560	462	397	670	517	505	531	
Г -- ж	67	105	112	138	206	177	120	39	121	416	171	213	158
ж -- з	135	172	136	171	135	216	186	126	86	338	173	80	163
з -- и	113	198	242	219	207	227	278	124	233	279	121	95	195
и -- к	19	32	66	98	101	255	414	207	253	66	28	21	131
к -- Д	7	25	19	2	11	13	25	2	10	22	7	13	13
Д -- л	72	65	66	85	125	82	97	40	97	101	66	64	80
л -- м	73	92	112	167	390	564	570	275	610	619	551	367	367
м -- Е	6	21	58	35	56	5	26	1	116	65	18	56	39
Максимальное значение среднемесячной продолжительности проведения "окон"	135	198	242	219	390	564	570	275	610	619	551	367	

Таблица Б.3 – Среднесуточная продолжительность проведения окон на рассматриваемых направлениях за 2020 год, минут/сутки

Участок	Январь 2020	Февраль 2020	Март 2020	Апрель 2020	Май 2020	Июнь 2020	Июль 2020	Август 2020	Сентябрь 2020	Октябрь 2020	Ноябрь 2020	Декабрь 2020	Среднегодовая продолжительность проведения "окон"
А -- а	171	181	174	239	288	244	200	219	107	106	112	24	172
а -- Б	195	278	369	234	423	551	541	451	452	119	142	26	315
Б -- б	68	69	118	86	174	248	105	90	104	89	75	19	104
б -- в	257	182	155	181	273	292	295	244	303	293	230	36	228
в -- г	433	447	447	399	288	321	1408	324	305	342	154	37	410
г -- д	67	93	66	102	127	113	229	106	306	91	84	8	116
д -- е	36	74	59	107	121	83	51	69	55	38	30	7	61
е -- В	53	44	62	112	110	126	81	92	120	114	67	3	82
Максимальное значение среднемесячной продолжительности проведения "окон"	433	447	447	399	423	551	1408	451	452	342	230	37	
Г -- ж	133	88	100	117	154	114	92	227	121	77	63	9	108
ж -- з	66	66	90	123	69	350	455	495	560	565	365	83	274
з -- и	75	143	108	154	213	234	283	314	378	331	385	82	225
и -- к	22	47	38	81	48	48	23	21	26	8	13	3	31
к -- Д	11	17	18	18	24	18	14	32	14	31	36	15	21
Д -- л	58	65	64	63	65	80	117	93	70	96	88	14	73
л -- м	121	100	136	347	510	659	644	661	666	658	584	23	426
м -- Е	55	36	165	13	13	307	326	230	28	36	36		104
Максимальное значение среднемесячной продолжительности проведения "окон"	133	143	165	347	510	659	644	661	666	658	584	83	

Таблица Б.4 – Максимальная среднесуточная продолжительность проведения окон на рассматриваемых направлениях за 2018-2020 годы, минут/сутки

Год	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
	А-Б-В											
2018	338	433	512	517	615	1148	872	404	460	592	443	433
2019	433	470	457	487	346	560	462	397	670	517	505	531
2020	433	447	447	399	423	551	1408	451	452	342	230	37
Максимальное значение среднемесячной продолжительности проведения "окон"	433	470	512	517	615	1148	1408	451	670	592	505	531
	Г-Д-Е											
2018	242	221	152	216	294	233	414	686	526	528	335	171
2019	135	198	242	219	390	564	570	275	610	619	551	367
2020	242	221	242	219	390	564	570	686	610	619	551	367
Максимальное значение среднемесячной продолжительности проведения "окон"	242	221	242	219	390	564	570	686	610	619	551	367

Таблица Б.5 – Среднесуточные исполненные размеры движения грузовых поездов в нечётном направлении по участкам за 2018 год, поездов/сутки

Участок	Январь 2018	Февраль 2018	Март 2018	Апрель 2018	Май 2018	Июнь 2018	Июль 2018	Август 2018	Сентябрь 2018	Октябрь 2018	Ноябрь 2018	Декабрь 2018	2018	Максимальные размеры движения
А -- а	60,5	61,8	62,2	61,5	60,2	50,9	53,6	57,4	62,2	60,9	61,6	61,4	59,5	62,2
а -- Б	64,5	65,2	64,1	64	60,9	52,7	57	61,4	65,4	63,1	66,4	64,2	62,4	66,4
Б -- б	59,4	61,3	60,7	59,6	57,9	48,9	54,1	58,8	60,1	59,8	62,9	58,7	58,5	62,9
б -- в	51,5	54,7	52,1	50,7	48	40,6	46,2	52,1	53,5	50	50,5	49,1	49,9	54,7
в -- г	102,4	103,3	102,4	100,2	96,8	93,1	97,2	94,9	102,3	100,5	97	97	98,9	103,3
г -- д	80,6	82	80,2	79,2	75,1	68,2	74,7	76,8	79,1	79,1	80,6	77,3	77,7	82
д -- е	84,3	85,2	82,3	80,6	78,5	70,4	76,8	78,2	80,5	82	84,7	84,9	80,7	85,2
е -- В	36,8	38,7	37,9	37,2	38	33,1	37,4	33	39,4	37,6	38,5	37,2	37,1	39,4
Г -- ж	41,3	45,7	46,7	50	47,7	52,5	50,4	44,6	43,6	47,3	47,2	44,5	46,7	52,5
ж -- з	41,3	45,7	46,7	50	47,7	52,5	50,4	44,6	43,6	47,3	47,2	44,5	46,7	52,5
з -- и	39,4	44,1	45,7	47,9	48,1	52,8	51	45,5	42,5	45,8	46,9	43,8	46,1	52,8
и -- к	39,4	44,1	45,7	47,9	48,1	52,8	51	45,5	42,5	45,8	46,9	43,8	46,1	52,8
к -- Д	43	48,9	50,7	51,1	53	56	53,6	47,8	44,7	47,7	48,4	45,7	49,2	56
Д -- л	48,2	53	54,8	57,3	58,2	60,7	59,2	54,3	50	51,9	52,7	49,5	54,1	60,7
л -- м	46,8	50,5	52,8	54,1	53,6	55,3	53,4	48,7	48,2	49,9	51,6	48,8	51	55,3
м -- Е	44,8	48,5	50,9	51,1	51,4	52,8	50,6	46,8	46,4	47,9	49,5	47	49	52,8

Таблица Б.6 – Среднесуточные исполненные размеры движения грузовых поездов в нечётном направлении по участкам за 2019 год, поездов/сутки

Участок	Январь 2019	Февраль 2019	Март 2019	Апрель 2019	Май 2019	Июнь 2019	Июль 2019	Август 2019	Сентябрь 2019	Октябрь 2019	Ноябрь 2019	Декабрь 2019	2019	Максимальные размеры движения
А -- а	61	55,7	57,7	56,6	57,8	52,1	50,8	52,8	61	59,7	60,1	62,3	57,3	62,3
а -- Б	65,3	58,8	59,7	59,5	61,1	56	54,4	57,5	64,9	63,3	63,1	64,6	60,7	65,3
Б -- б	57,1	52,9	55	55	55,6	49,9	47,7	50,8	59,8	59,4	58,1	59,8	55,1	59,8
б -- в	46,4	44,4	47,3	48,2	47,2	41,8	41	44,1	50,2	49,8	48,1	49,7	46,5	50,2
в -- г	92,5	94,2	99,3	101,5	99,4	92,5	91,7	89,7	92,5	96,4	89,8	95,2	94,6	101,5
г -- д	73,3	73,8	76,6	80,8	80,1	72,7	70,4	71,4	79,6	79,2	76,3	81,4	76,3	81,4
д -- е	81,5	78,5	81,6	82,5	83,1	78,9	77,2	78,3	83,9	83,6	82,3	84,8	81,4	84,8
е -- В	37,4	35,6	37,1	39,8	44,8	39,3	37,6	39,1	44,1	42,2	40,5	43,1	40,1	44,8
Г -- ж	46,8	47,1	49,7	47,1	46,9	41,5	43	45,9	40,6	43,4	42,1	38	44,3	49,7
ж -- з	45,3	45	47,7	46	44,9	40	41,5	44,6	39,5	42	39,9	35,3	42,6	47,7
з -- и	45,3	45	47,7	46	44,9	40	41,5	44,6	39,5	42	39,9	35,3	42,6	47,7
и -- к	46,4	46,5	50,1	49,4	48	43,3	45	48,4	40,9	45,6	43,5	39,5	45,5	50,1
к -- Д	46,4	46,5	50,1	49,4	48	43,3	45	48,4	40,9	45,6	43,5	39,5	45,5	50,1
Д -- л	49,4	49,7	54,4	52,8	51,9	46,8	47,8	51,2	44,3	48,8	47,8	43	49	54,4
л -- м	50,2	51,5	53	50,9	50,6	44,6	46	46,4	42,8	46,4	46,8	42,2	47,6	53
м -- Е	48,1	49,3	50,9	48,9	48,8	43,1	44,3	44,7	41,2	44,6	45,3	40,7	45,8	50,9

Таблица Б.7 – Среднесуточные исполненные размеры движения грузовых поездов в нечётном направлении по участкам за 2019 год, поездов/сутки

Участок	Январь 2020	Февраль 2020	Март 2020	Апрель 2020	Май 2020	Июнь 2020	Июль 2020	Август 2020	Сентябрь 2020	Октябрь 2020	Ноябрь 2020	Декабрь 2020	2020	Максимальные размеры движения
А -- а	63,5	65,7	65,9	63,4	61,2	57,6	61,9	61,6	51,6	54,9	56,7	57,8	53	65,9
а -- Б	64,3	66,8	67	66,1	64,2	60,9	64,1	64,2	59,1	61,9	65,9	65,1	63,2	67
Б -- б	58,9	60,8	60,4	61,3	56,8	54,8	56,2	56,3	53,2	56,3	60,3	60,8	58	61,3
б -- в	50,9	53,5	52,4	53,5	51,2	47,9	51,7	51	46,4	49,3	55,1	53,6	51,4	55,1
в -- г	90,6	99,2	102,9	103,1	99,6	90,8	92,1	92,1	93,3	99,5	101,5	102,1	97,2	103,1
г -- д	77,6	81,6	83,9	82,3	81	78,8	75,1	73,3	74,9	78,9	83,8	81,9	78,7	83,9
д -- е	80,1	82,9	85,4	85	84,9	84,1	80,7	78,3	80,6	85,1	91,3	86,9	83,8	91,3
е -- В	42,3	41,9	43	43,7	42,2	43,2	39,1	39,6	40,2	45,1	46,6	45,4	42,7	46,6
Г -- ж	30,7	35,1	35,4	38,2	32,8	34,4	37,2	38,4	47,9	48,1	44,3	44,5	33,9	48,1
ж -- з	27	30,8	32,2	36	31	32,1	33,6	36,4	42,1	41,5	38,5	38,6	35	42,1
з -- и	27	30,8	32,2	36	31	32,1	33,6	36,4	42,1	41,5	38,5	38,6	35	42,1
и -- к	30,4	36,1	37	40,7	32,5	32	33,3	38,5	44,4	41,9	41	41,7	37,3	44,4
к -- Д	30,4	36,1	37	40,7	32,5	32	33,3	38,5	44,4	41,9	41	41,7	37,3	44,4
Д -- л	33,3	38,8	40,7	45	36	35,7	36,5	41,3	47,7	46	45,6	46,1	41	47,7
л -- м	32,7	38,4	39,7	43,5	31,2	30,5	33,5	38,6	46,2	44,6	48,1	45,6	39,3	48,1
м -- Е	31,3	36,8	38,1	41,7	29,5	29	32,3	37,2	44,6	43	46,2	43,8	37,8	46,2

Таблица Б.8 – Коэффициенты отношения месячных размеров движения грузовых поездов к максимальным за 2018 год

Участок	Январь 2018	Февраль 2018	Март 2018	Апрель 2018	Май 2018	Июнь 2018	Июль 2018	Август 2018	Сентябрь 2018	Октябрь 2018	Ноябрь 2018	Декабрь 2018	2018
А -- а	0,973	0,994	1,000	0,989	0,968	0,818	0,862	0,923	1,000	0,979	0,990	0,987	0,957
а -- Б	0,971	0,982	0,965	0,964	0,917	0,794	0,858	0,925	0,985	0,950	1,000	0,967	0,940
Б -- б	0,944	0,975	0,965	0,948	0,921	0,777	0,860	0,935	0,955	0,951	1,000	0,933	0,930
б -- в	0,941	1,000	0,952	0,927	0,878	0,742	0,845	0,952	0,978	0,914	0,923	0,898	0,912
в -- Г	0,991	1,000	0,991	0,970	0,937	0,901	0,941	0,919	0,990	0,973	0,939	0,939	0,957
Г -- д	0,983	1,000	0,978	0,966	0,916	0,832	0,911	0,937	0,965	0,965	0,983	0,943	0,948
д -- е	0,989	1,000	0,966	0,946	0,921	0,826	0,901	0,918	0,945	0,962	0,994	0,996	0,947
е -- В	0,934	0,982	0,962	0,944	0,964	0,840	0,949	0,838	1,000	0,954	0,977	0,944	0,942
Г -- ж	0,787	0,870	0,890	0,952	0,909	1,000	0,960	0,850	0,830	0,901	0,899	0,848	0,890
ж -- з	0,746	0,835	0,866	0,907	0,911	1,000	0,966	0,862	0,805	0,867	0,888	0,830	0,873
з -- и	0,746	0,835	0,866	0,907	0,911	1,000	0,966	0,862	0,805	0,867	0,888	0,830	0,873
и -- к	0,768	0,873	0,905	0,913	0,946	1,000	0,957	0,854	0,798	0,852	0,864	0,816	0,879
к -- Д	0,768	0,873	0,905	0,913	0,946	1,000	0,957	0,854	0,798	0,852	0,864	0,816	0,879
Д -- л	0,794	0,873	0,903	0,944	0,959	1,000	0,975	0,895	0,824	0,855	0,868	0,815	0,891
л -- м	0,846	0,913	0,955	0,978	0,969	1,000	0,966	0,881	0,872	0,902	0,933	0,882	0,922
м -- Е	0,848	0,919	0,964	0,968	0,973	1,000	0,958	0,886	0,879	0,907	0,938	0,890	0,928

Таблица Б.9 – Коэффициенты отношения месячных размеров движения грузовых поездов к максимальным за 2019 год

Участок	Январь 2019	Февраль 2019	Март 2019	Апрель 2019	Май 2019	Июнь 2019	Июль 2019	Август 2019	Сентябрь 2019	Октябрь 2019	Ноябрь 2019	Декабрь 2019	2019
А -- а	0,979	0,894	0,926	0,909	0,928	0,836	0,815	0,848	0,979	0,958	0,965	1,000	0,920
а -- Б	1,000	0,900	0,914	0,911	0,936	0,858	0,833	0,881	0,994	0,969	0,966	0,989	0,930
Б -- б	0,955	0,885	0,920	0,920	0,930	0,834	0,798	0,849	1,000	0,993	0,972	1,000	0,921
б -- в	0,924	0,884	0,942	0,960	0,940	0,833	0,817	0,878	1,000	0,992	0,958	0,990	0,926
в -- Г	0,911	0,928	0,978	1,000	0,979	0,911	0,903	0,884	0,911	0,950	0,885	0,938	0,932
Г -- д	0,900	0,907	0,941	0,993	0,984	0,893	0,865	0,877	0,978	0,973	0,937	1,000	0,937
д -- е	0,961	0,926	0,962	0,973	0,980	0,930	0,910	0,923	0,989	0,986	0,971	1,000	0,960
е -- В	0,835	0,795	0,828	0,888	1,000	0,877	0,839	0,873	0,984	0,942	0,904	0,962	0,895
Г -- ж	0,942	0,948	1,000	0,948	0,944	0,835	0,865	0,924	0,817	0,873	0,847	0,765	0,891
ж -- з	0,950	0,943	1,000	0,964	0,941	0,839	0,870	0,935	0,828	0,881	0,836	0,740	0,893
з -- и	0,950	0,943	1,000	0,964	0,941	0,839	0,870	0,935	0,828	0,881	0,836	0,740	0,893
и -- к	0,926	0,928	1,000	0,986	0,958	0,864	0,898	0,966	0,816	0,910	0,868	0,788	0,908
к -- Д	0,926	0,928	1,000	0,986	0,958	0,864	0,898	0,966	0,816	0,910	0,868	0,788	0,908
Д -- л	0,908	0,914	1,000	0,971	0,954	0,860	0,879	0,941	0,814	0,897	0,879	0,790	0,901
л -- м	0,947	0,972	1,000	0,960	0,955	0,842	0,868	0,875	0,808	0,875	0,883	0,796	0,898
м -- Е	0,945	0,969	1,000	0,961	0,959	0,847	0,870	0,878	0,809	0,876	0,890	0,800	0,900

Таблица Б.10 – Коэффициенты отношения месячных размеров движения грузовых поездов к максимальным за 2020 год

Участок	Январь 2020	Февраль 2020	Март 2020	Апрель 2020	Май 2020	Июнь 2020	Июль 2020	Август 2020	Сентябрь 2020	Октябрь 2020	Ноябрь 2020	Декабрь 2020	2020
А -- а	0,964	0,997	1,000	0,962	0,929	0,874	0,939	0,935	0,783	0,833	0,860	0,877	0,804
а -- Б	0,960	0,997	1,000	0,987	0,958	0,909	0,957	0,958	0,882	0,924	0,984	0,972	0,943
Б -- б	0,961	0,992	0,985	1,000	0,927	0,894	0,917	0,918	0,868	0,918	0,984	0,992	0,946
б -- в	0,924	0,971	0,951	0,971	0,929	0,869	0,938	0,926	0,842	0,895	1,000	0,973	0,933
в -- Г	0,879	0,962	0,998	1,000	0,966	0,881	0,893	0,893	0,905	0,965	0,984	0,990	0,943
Г -- д	0,925	0,973	1,000	0,981	0,965	0,939	0,895	0,874	0,893	0,940	0,999	0,976	0,938
д -- е	0,877	0,908	0,935	0,931	0,930	0,921	0,884	0,858	0,883	0,932	1,000	0,952	0,918
е -- В	0,908	0,899	0,923	0,938	0,906	0,927	0,839	0,850	0,863	0,968	1,000	0,974	0,916
Г -- ж	0,638	0,730	0,736	0,794	0,682	0,715	0,773	0,798	0,996	1,000	0,921	0,925	0,705
ж -- з	0,641	0,732	0,765	0,855	0,736	0,762	0,798	0,865	1,000	0,986	0,914	0,917	0,831
з -- и	0,641	0,732	0,765	0,855	0,736	0,762	0,798	0,865	1,000	0,986	0,914	0,917	0,831
и -- к	0,685	0,813	0,833	0,917	0,732	0,721	0,750	0,867	1,000	0,944	0,923	0,939	0,840
к -- Д	0,685	0,813	0,833	0,917	0,732	0,721	0,750	0,867	1,000	0,944	0,923	0,939	0,840
Д -- л	0,698	0,813	0,853	0,943	0,755	0,748	0,765	0,866	1,000	0,964	0,956	0,966	0,860
л -- м	0,680	0,798	0,825	0,904	0,649	0,634	0,696	0,802	0,960	0,927	1,000	0,948	0,817
м -- Е	0,677	0,797	0,825	0,903	0,639	0,628	0,699	0,805	0,965	0,931	1,000	0,948	0,818

Таблица Б.11 – Максимальные коэффициенты отношения месячных размеров движения грузовых поездов к максимальным за 2018-2020 годы

Участок	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Год
А -- а	0,979	0,997	1,000	0,989	0,968	0,874	0,939	0,935	1,000	0,979	0,990	1,000	0,957
а -- Б	1,000	0,997	1,000	0,987	0,958	0,909	0,957	0,958	0,994	0,969	1,000	0,989	0,943
Б -- б	0,961	0,992	0,985	1,000	0,930	0,894	0,917	0,935	1,000	0,993	1,000	1,000	0,946
б -- в	0,941	1,000	0,952	0,971	0,940	0,869	0,938	0,952	1,000	0,992	1,000	0,990	0,933
в -- Г	0,991	1,000	0,998	1,000	0,979	0,911	0,941	0,919	0,990	0,973	0,984	0,990	0,957
Г -- д	0,983	1,000	1,000	0,993	0,984	0,939	0,911	0,937	0,978	0,973	0,999	1,000	0,948
д -- е	0,989	1,000	0,966	0,973	0,980	0,930	0,910	0,923	0,989	0,986	1,000	1,000	0,960
е -- В	0,934	0,982	0,962	0,944	1,000	0,927	0,949	0,873	1,000	0,968	1,000	0,974	0,942
Г -- ж	0,942	0,948	1,000	0,952	0,944	1,000	0,960	0,924	0,996	1,000	0,921	0,925	0,891
ж -- з	0,950	0,943	1,000	0,964	0,941	1,000	0,966	0,935	1,000	0,986	0,914	0,917	0,893
з -- и	0,950	0,943	1,000	0,964	0,941	1,000	0,966	0,935	1,000	0,986	0,914	0,917	0,893
и -- к	0,926	0,928	1,000	0,986	0,958	1,000	0,957	0,966	1,000	0,944	0,923	0,939	0,908
к -- Д	0,926	0,928	1,000	0,986	0,958	1,000	0,957	0,966	1,000	0,944	0,923	0,939	0,908
Д -- л	0,908	0,914	1,000	0,971	0,959	1,000	0,975	0,941	1,000	0,964	0,956	0,966	0,901
л -- м	0,947	0,972	1,000	0,978	0,969	1,000	0,966	0,881	0,960	0,927	1,000	0,948	0,922
м -- Е	0,945	0,969	1,000	0,968	0,973	1,000	0,958	0,886	0,965	0,931	1,000	0,948	0,928

Таблица Б.12 – Коэффициенты отношения месячных размеров движения к максимальным для последующего уточнения реальной пропускной способности участков

Участок	Значение коэффициента
А -- а	0,939
а -- Б	0,957
Б -- б	0,917
б -- в	0,938
в -- Г	0,941
Г -- Д	0,911
Д -- е	0,910
е -- В	0,949
Г -- Ж	0,924
Ж -- з	0,935
з -- И	0,935
И -- К	0,966
К -- Д	0,966
Д -- Л	0,941
Л -- М	0,881
М -- Е	0,886

Приложение В. Задержки по неприятию в имитационной модели на направлении Коноша II - Обская

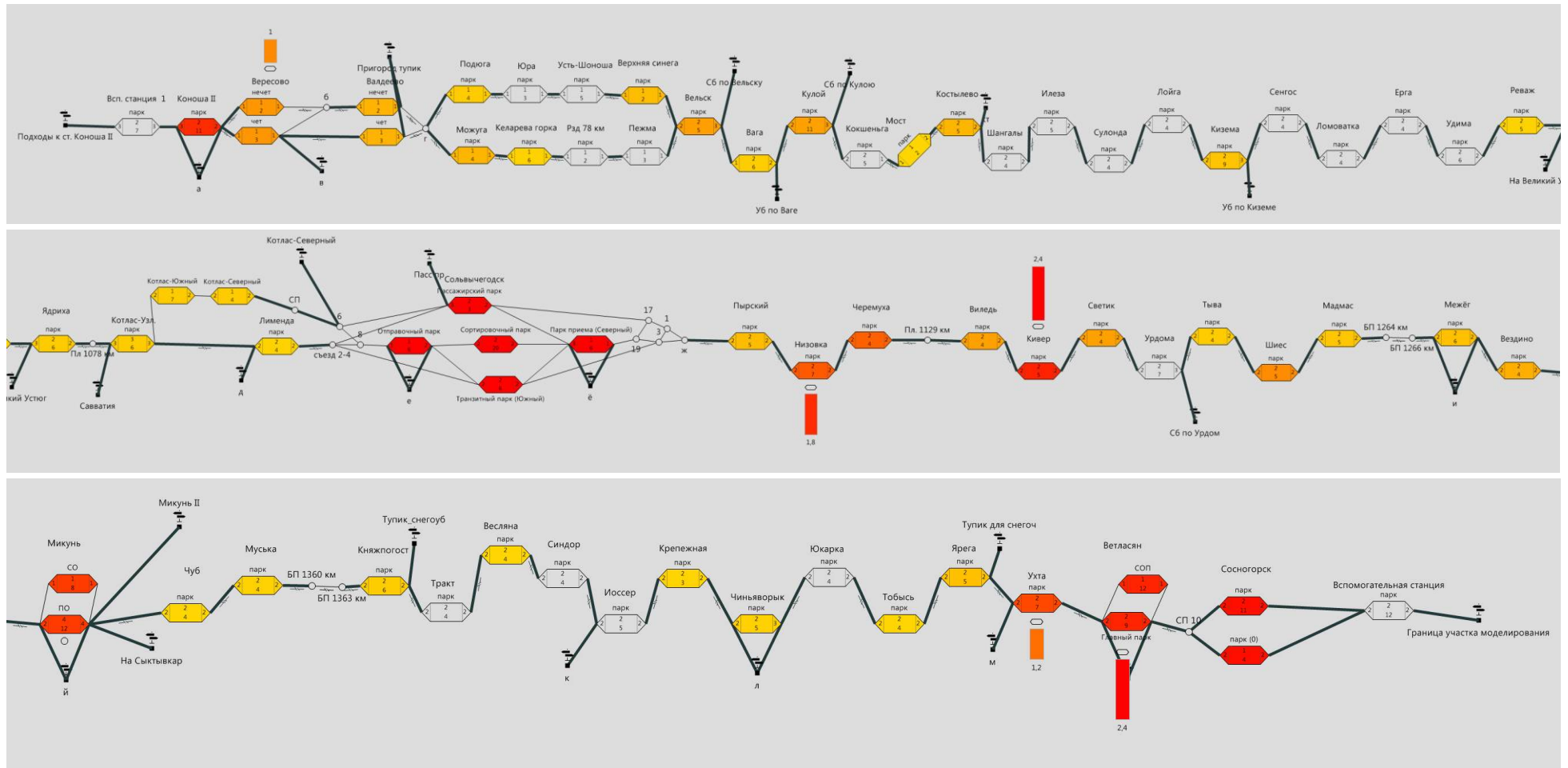


Рисунок В.1 – Задержки по неприятию на участке Коноша II – Сосногорск для подварианта 10

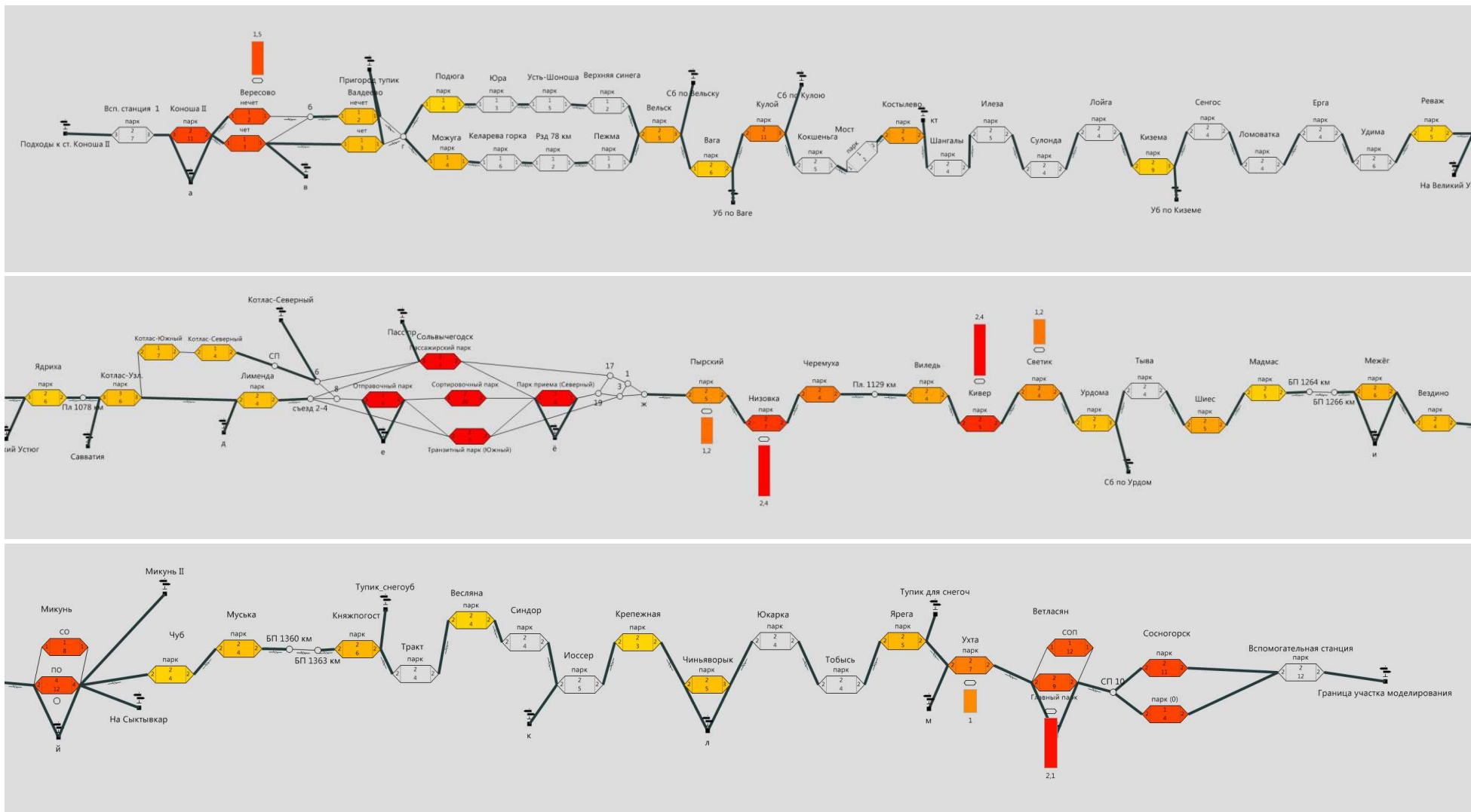


Рисунок В.2 – Задержки по неприему на участке Коноша II – Сосногорск для подварианта 2О

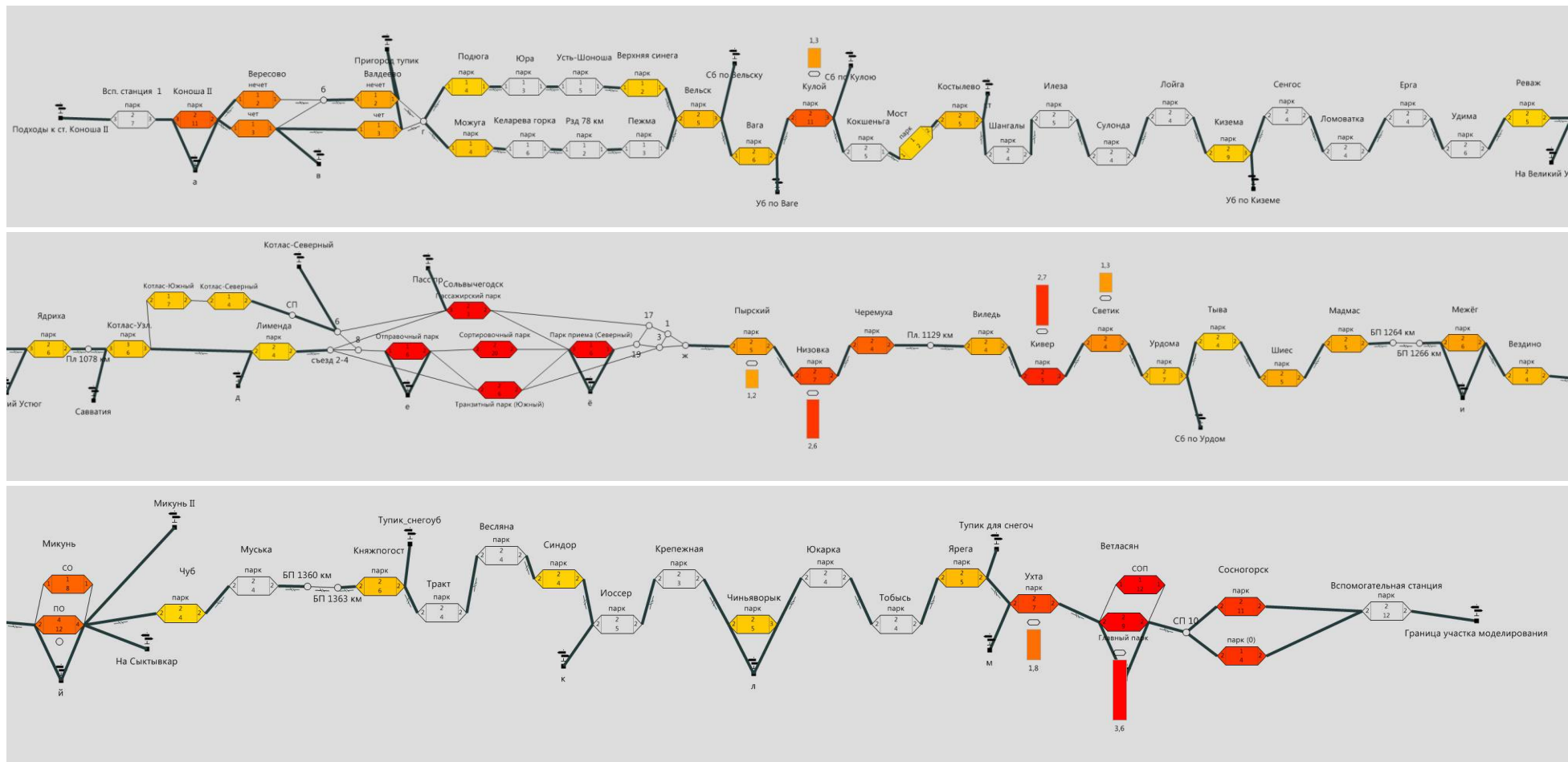


Рисунок В.3 – Задержки по неприему на участке Коноша II – Сосногорск для подварианта 1П

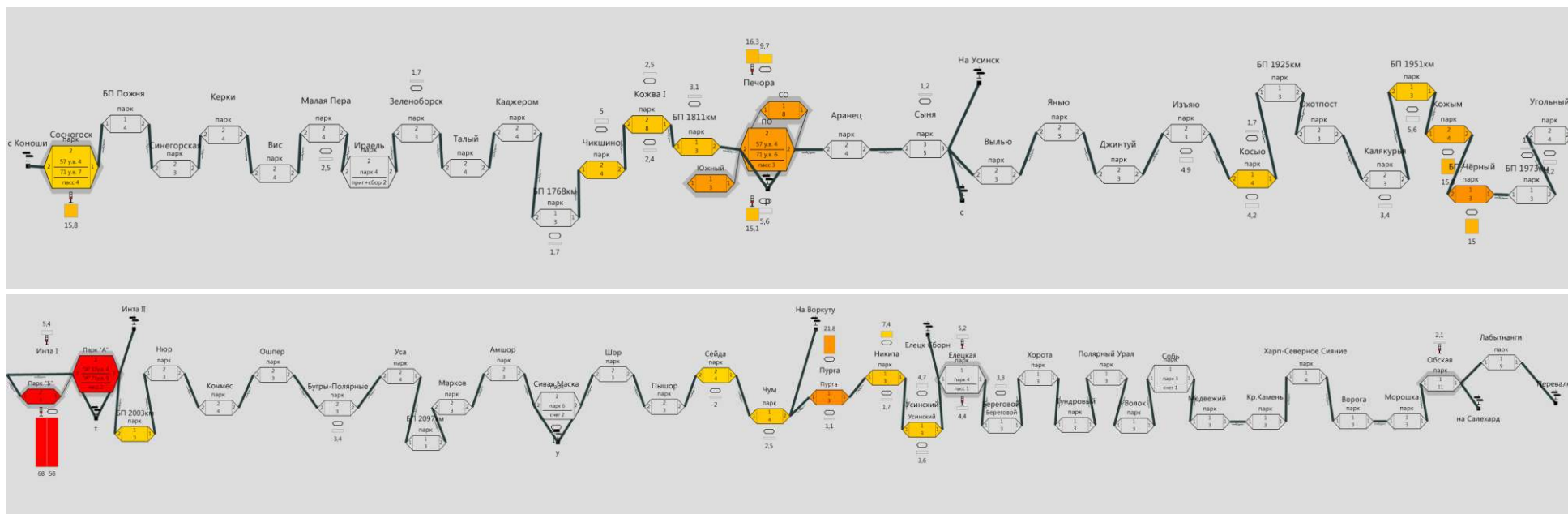


Рисунок В.5 – Задержки по неприему на участке Сосногорск – Обская для подварианта 10

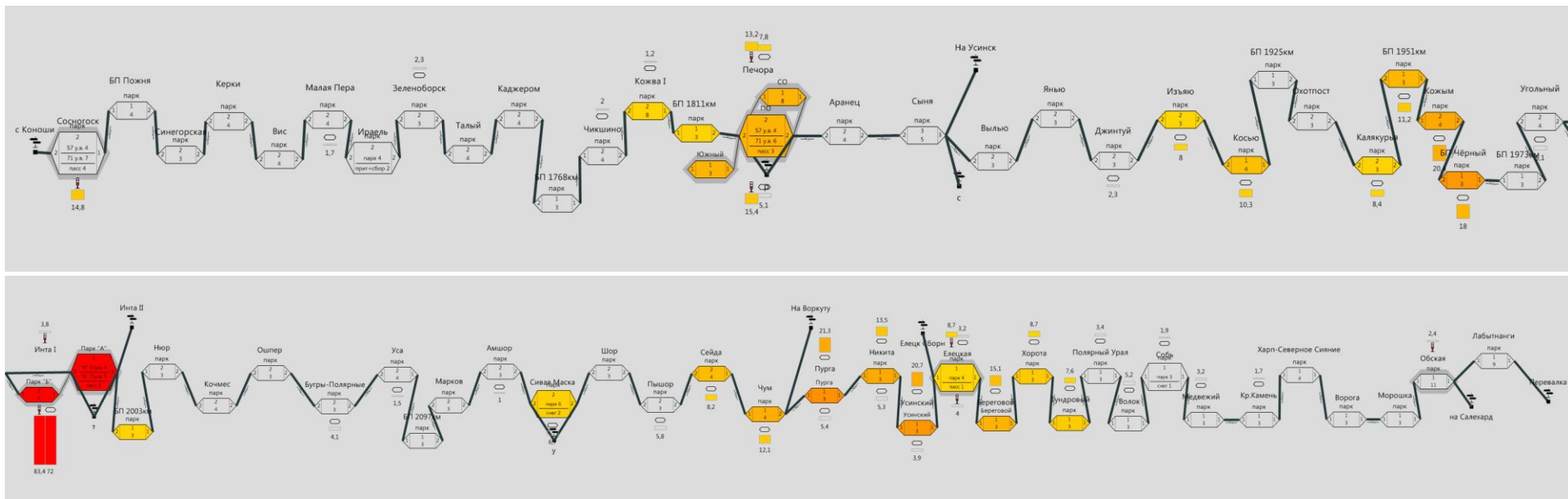


Рисунок В.6 – Задержки по неприему на участке Сосногорск – Обская для подварианта 20

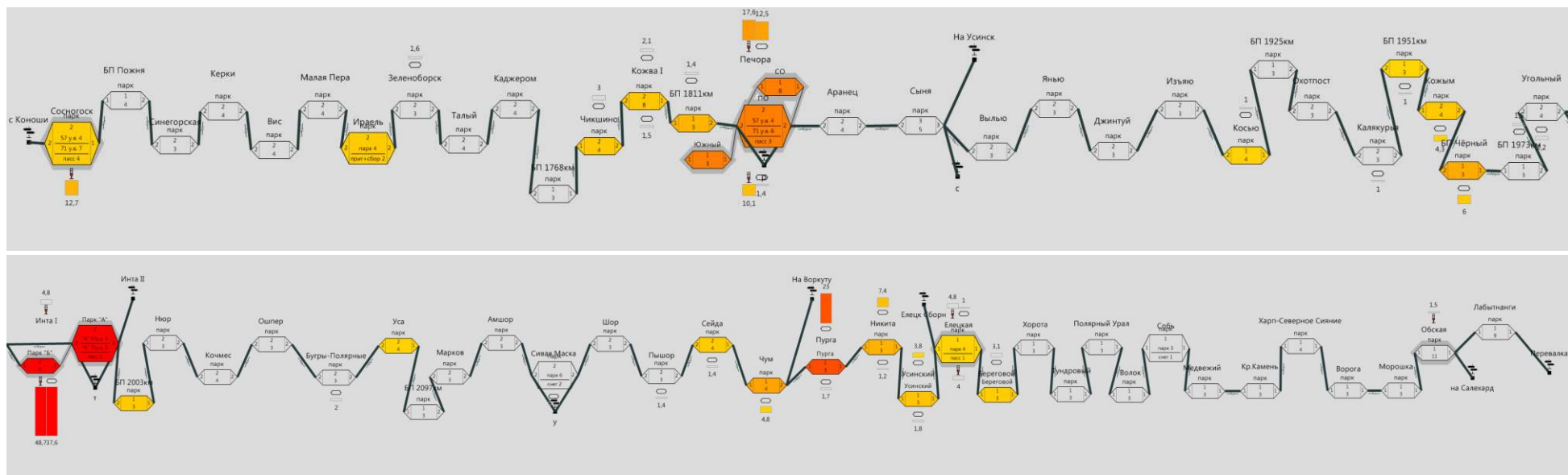


Рисунок В.7 – Задержки по неприему на участке Сосногорск – Обская для подварианта 1П

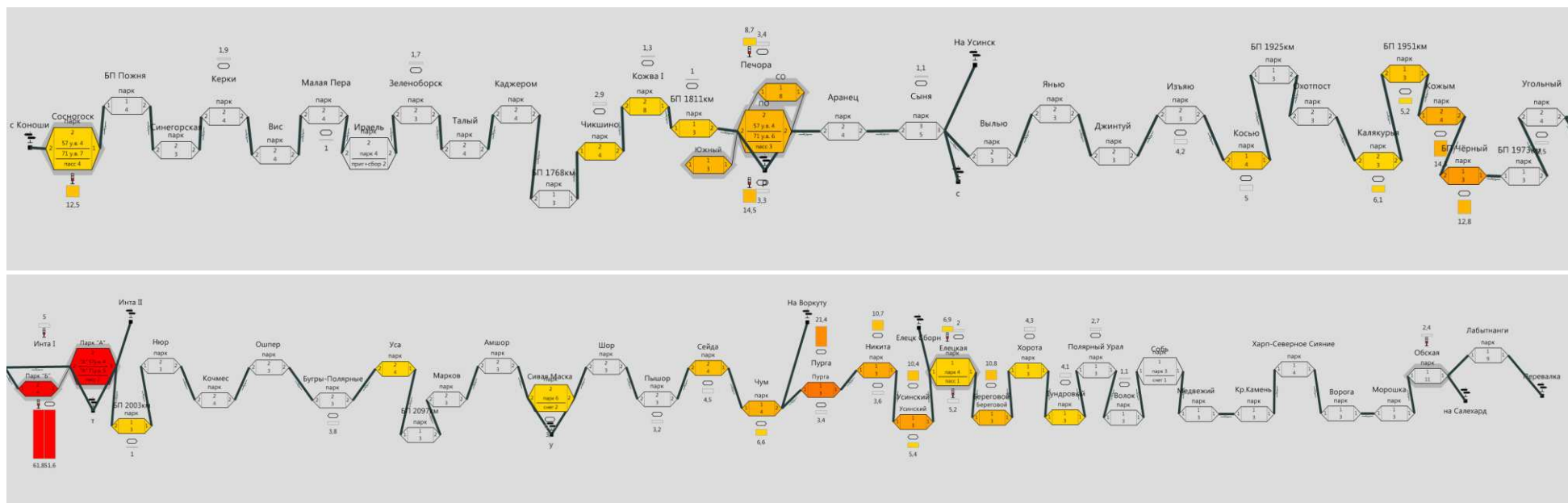


Рисунок В.8 – Задержки по неприему на участке Сосногорск – Обская для подварианта 2П

Приложение Г. Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU2020613437

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ**

Номер регистрации (свидетельства):
2020613437
Дата регистрации: 16.03.2020
Номер и дата поступления заявки:
2020612121 28.02.2020
Дата публикации и номер бюллетеня:
16.03.2020 Бюл. № 3
Контактные реквизиты:
нет

Автор(ы):
Агеева Марина Андреевна (RU),
Бородин Андрей Федорович (RU),
Дмитриев Егор Олегович (RU),
Лаханкин Евгений Александрович (RU),
Панин Виталий Владимирович (RU),
Поюркова Марина Аркадьевна (RU),
Щепанов Сергей Леонтьевич (RU)
Правообладатель(и):
Открытое акционерное общество «Российские
железные дороги» (RU)

Название программы для ЭВМ:

«Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС) очередь 2019 г.»

Реферат:

Программа предназначена для расширения прогнозируемых показателей, повышения точности прогнозирования, совершенствования технико-экономической оценки выполненных прогнозных расчетов, а также совершенствования функций расчета потребного парка грузовых вагонов с учетом множественности операторов подвижного состава и сложившейся конъюнктуры железнодорожных перевозок. Функциональные возможности: обеспечения расчета прогнозной величины локомотиво-километров в грузовом движении, прогнозной величины бюджета времени использования локомотива грузового движения; обеспечения расширенного сравнения прогнозных данных с отчетными показателями; и др. Программа применяется на рабочих местах сотрудников ОАО «РЖД» для моделирования эксплуатационной работы сети железных дорог ОАО «РЖД». Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: Windows Server 2008 R2 и выше.

Язык программирования: Visual FoxPro 6.0, Action Script 3.0, SQL, XML, HTML

Объем программы для ЭВМ: 12,7 Мб

Рисунок Г.1 – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613437 Российская Федерация. "Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС) очередь 2019 г."

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2020613265**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):
2020613265
Дата регистрации: 12.03.2020
Номер и дата поступления заявки:
2020612137 28.02.2020
Дата публикации и номер бюллетеня:
12.03.2020 Бюл. № 3
Контактные реквизиты:
нет

Автор(ы):
Агеева Марина Андреевна (RU),
Бородин Андрей Федорович (RU),
Дмитриев Егор Олегович (RU),
Лаханкин Евгений Александрович (RU),
Панин Виталий Владимирович (RU),
Пояркова Марина Аркадьевна (RU),
Щепанов Сергей Леонтьевич (RU)
Правообладатель(и):
Открытое акционерное общество «Российские
железные дороги» (RU)

Название программы для ЭВМ:
«Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС).
Подсистема Предиктивная бизнес-модель грузовых перевозок ОАО «РЖД» (АС ПБМ). Очередь
2019 г.»

Реферат:

Программа предназначена для формирования блока прогнозных показателей перспективной эксплуатационной работы ОАО «РЖД» в части загрузки сети железных дорог на среднесрочную перспективу, прогнозных показателей использования тягового подвижного состава и его потребности. Функциональные возможности программы: в автоматизированном режиме производить загрузку электронных таблиц форматов .xls, .xlsx участков расчетной сети КАСУДР-И в БД АС ПБМ. (очередь 2019 г.); выполнять автоматизированную проверку участков расчетной сети КАСУДР-И на наличие логических ошибок; и др. Программа применяется на рабочих местах сотрудников ОАО «РЖД» для прогнозирования и моделирования грузовых перевозок в совокупности с прогнозированием экономических показателей перевозок на горизонте ДПР. Тип ЭВМ: IBM PC - совмест. ПК; ОС: Windows Server 2008 R2 и более новая.

Язык программирования: Visual FoxPro 6.0, Action Script 3.0, SQL, XML, HTML

Объем программы для ЭВМ: 6,5 Мб

Рисунок Г.2 – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020613265 Российская Федерация. "Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС). Подсистема Предиктивная бизнес-модель грузовых перевозок ОАО "РЖД" (АС ПБМ). Очередь 2019 г."

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



RU2021666866

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):

2021666866

Дата регистрации: 21.10.2021

Номер и дата поступления заявки:

2021665666 07.10.2021

Дата публикации и номер бюллетеня:

21.10.2021 Бюл. № 11

Контактные реквизиты:

Нет

Автор(ы):

Агеева Марина Андреевна (RU),
Бородин Андрей Федорович (RU),
Дмитриев Егор Олегович (RU),
Лаханкин Евгений Александрович (RU),
Мусыль Никита Владимирович (RU),
Панин Виталий Владимирович (RU),
Подорин Александр Андреевич (RU),
Поюркова Марина Аркадьевна (RU),
Щепанов Сергей Леонтьевич (RU)

Правообладатель(и):

Открытое акционерное общество «Российские
железные дороги» (RU)

Название программы для ЭВМ:

«Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС). Подсистема «Предиктивная бизнес-модель грузовых перевозок ОАО «РЖД» (АС ПБМ) в части расчета показателей сквозного производственного планирования (АС ПРОГРЕСС. АС ПБМ расчет СПП)»

Реферат:

Программа предназначена для автоматизации расчета показателей сквозного производственного планирования, включая определение резервов/дефицитов потребного парка локомотивов грузового движения, а также вариантов направлений погрузки, в случае наличия дефицитов инфраструктуры. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: CentOS 7 и выше.

Язык программирования:

JavaScript; Java; SQL; XML; HTML

Объем программы для ЭВМ:

180,1 МБ

Рисунок Г.3 – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021666866 Российская Федерация. "Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС). Подсистема "Предиктивная бизнес-модель грузовых перевозок ОАО "РЖД" (АС ПБМ) в части расчета показателей сквозного производственного планирования (АС ПРОГРЕСС. АС ПБМ расчет СПП)"

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2021665106**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):
2021665106

Дата регистрации: 20.09.2021

Номер и дата поступления заявки:
2021664110 09.09.2021

Дата публикации и номер бюллетеня:
20.09.2021 Бюл. № 9

Контактные реквизиты:
нет

Автор(ы):

Агеева Марина Андреевна (RU),
Бородин Андрей Федорович (RU),
Дмитриев Егор Олегович (RU),
Лаханкин Евгений Александрович (RU),
Мусыль Никита Владимирович (RU),
Новиков Павел Олегович (RU),
Панин Виталий Владимирович (RU),
Панин Евгений Владимирович (RU),
Подорин Александр Андреевич (RU),
Пояркова Марина Аркадьевна (RU),
Рубцов Дмитрий Валерьевич (RU),
Тарар Михаил Викторович (RU),
Филиппов Руслан Андреевич (RU),
Шиндеров Роман Викторович (RU),
Щепанов Сергей Леонтьевич (RU)

Правообладатель(и):

Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (RU)

Название программы для ЭВМ:

«Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО «РЖД» (АС ПРОГРЕСС) очередь 2020 г» (АС ПРОГРЕСС Оч. 2020).

Реферат:

Программа предназначена для автоматизации в едином многофункциональном программном продукте следующих задач: реализация имитационного моделирования использования инфраструктуры ОАО «РЖД»: расчет использования инфраструктуры с учетом возможностей припортовых станций, оценка загрузки инфраструктуры при пропуске по направлениям следования, заложенным в тарифном руководстве, графический интерфейс управления расчетами; автоматизированный расчет устанавливаемых на месяц нормативов технического плана работы вагонов грузового парка на сети ОАО «РЖД» с учетом использования межстанционного прогноза перевозок грузов; подготовка аналитических материалов для проведения оценки пропускных способностей станций и резервов освоения повышенных объемов погрузки грузов на припортовые дороги с учётом перерабатывающих способностей портов. Тип ЭВМ: IBM PC-совмест. ПК; ОС: CentOS 7 и выше.

Язык программирования: JavaScript, Java, SQL, XML, HTML

Объем программы для ЭВМ: 74,3 МБ

Рисунок Г.4 – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665106 Российская Федерация. "Имитационная ресурсная модель использования инфраструктуры ОАО "РЖД" (АС ПРОГРЕСС) очередь 2020 г" (АС ПРОГРЕСС Оч. 2020)

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**RU2022681093**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ

Номер регистрации (свидетельства):
2022681093
Дата регистрации: 09.11.2022
Номер и дата поступления заявки:
2022666464 07.09.2022
Дата публикации и номер бюллетеня:
09.11.2022 Бюл. № 11

Автор(ы):
Бородин Андрей Федорович (RU),
Дмитриев Егор Олегович (RU),
Лазарева Елена Николаевна (RU),
Новиков Павел Олегович (RU),
Панин Виталий Владимирович (RU),
Панин Евгений Владимирович (RU),
Подорин Александр Андреевич (RU),
Сайпашев Иван Александрович (RU),
Сухов Андрей Александрович (RU),
Филипшов Руслан Андреевич (RU),
Шиндеров Роман Викторович (RU),
Щепанов Алексей Леонтьевич (RU),
Щепанов Сергей Леонтьевич (RU)
Правообладатель(и):
Открытое акционерное общество «Российские
железные дороги» (RU)

Название программы для ЭВМ:

«Программное обеспечение технологии организации вагонопотоков (АСОВ) очередь 2021» (АСОВ очередь 2021)

Реферат:

Программа предназначена для автоматизированного расчета сетевого плана формирования с учетом сроков доставки и особых условий включения вагонов в поезд с учетом вариативности экономических параметров; разработки и ведения плана формирования в части корректировок с ограниченным сроком действия, дополнительным логическим контролем и возможностью ввода дополнительных условий действия; контроля и мониторинга перевозок на задаваемых пользователями направлениях. Тип ЭВМ: IBM PC-совместимый ПК; ОС: Centos 7.6.18.10 (Сервер), Windows 7/10 (АРМ пользователя).

Язык программирования: Java Script, Action Script, HTML, SQL, XML, MXML, JAVA

Объем программы для ЭВМ: 29 МБ

Рисунок Г.5 – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022681093 Российская Федерация. "Программное обеспечение технологии организации вагонопотоков (АСОВ) очередь 2021" (АСОВ очередь 2021)