

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет транспорта»
РУТ (МИИТ)

На правах рукописи



Роменский Дмитрий Юрьевич

**ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ
ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ НА ДИАМЕТРАЛЬНЫХ
МАРШРУТАХ КРУПНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ (НА
ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОГО ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА)**

2.9.4. Управление процессами перевозок

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
Кандидат технических наук, профессор
Вакуленко Сергей Петрович

Москва – 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	1
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ И ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В КРУПНЫХ АГЛОМЕРАЦИЯХ.....	16
1.1 Анализ отечественного опыта организации перевозок пассажиров в пригородном и пригородно-городском сообщении железнодорожным транспортом в крупных агломерациях	16
1.2 Анализ тенденций изменения подходов к разработке графиков движения пригородных электропоездов	28
1.3 Анализ зарубежного опыта организации пассажирских перевозок в пригородном и пригородно-городском сообщении	34
1.4 Анализ научных работ отечественных и зарубежных авторов в области организации пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок.....	41
1.5 Постановка цели и задач диссертационного исследования.....	51
Выводы по главе 1.....	56
2 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕНСИВНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИГОРОДНЫХ И ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ	57
2.1 Формирование основных параметров характеризующих системы пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок	57
2.1.1 Формирование перечня параметров качества транспортных услуг	57
2.1.2 Детализация параметров системы пригородно-городских пассажирских перевозок и повышение надёжности работы системы.....	61
2.2 Организация пригородно-городских железнодорожных перевозок в условиях смешанного движения на пригородных участках и выбор типа графика движения поездов.....	69

2.2.1 Основные мероприятия по повышению привлекательности пригородно-городских и внутригородских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом	69
2.2.2 Повышение приоритетности движения электропоездов пригородного сообщения по сравнению с другими пассажирскими поездами	81
2.2.3 Организация местной грузовой работы на станциях с интенсивным пригородным и пригородно-городским движением	89
2.3 Соединение двух железнодорожных участков узла с различным тактом графика движения электропоездов в диаметральный маршрут.....	91
2.4 Методы сокращения и ликвидации дневных технологических перерывов в движении пригородных электропоездов	97
Выводы по главе 2.....	104
3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЗОННЫХ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ НА УЧАСТКАХ С ИНТЕНСИВНЫМ ПАССАЖИРСКИМ ДВИЖЕНИЕМ.....	105
3.1 Анализ существующей технологии оборота пригородных электропоездов ..	105
3.2 Технология смены кабины управления электропоезда локомотивной бригадой	113
3.3 Разработка ускоренной технологии оборота пригородных электропоездов ..	118
3.3.1 Разработка ускоренной технологии оборота пригородных электропоездов на зонных станциях.....	118
3.3.2 Разработка технологии смены локомотивных бригад электропоездов на промежуточных остановочных пунктах.....	128
3.4 Разработка схем зонных станций и технологии оборота электропоездов на линиях с интенсивным движением пригородно-городских электропоездов	131
Выводы по главе 3.....	138

4 ВЫБОР РАЗМЕЩЕНИЯ И ЁМКОСТИ МЕСТ ОТСТОЯ ПРИГОРОДНЫХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ НА УЧАСТКАХ С ИНТЕНСИВНЫМ ПРИГОРОДНЫМ И ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИМ ДВИЖЕНИЕМ.....	139
4.1 Принципы размещения мест отстоя составов пригородных электропоездов, используемых в пригородно-городских перевозках, при различных вариантах технического оснащения пригородных участков	139
4.2 Определение режимов эксплуатации подвижного состава при формировании диаметральных маршрутов	145
4.3 Оценка инвестиционных решений при выборе размещения и ёмкости мест отстоя электропоездов	149
4.4 Алгоритм расчета числа составов в обороте при организации диаметрального движения	152
4.5 Выбор математического аппарата для формализации расчёта выбора места размещения и ёмкости мест отстоя электропоездов	154
Выводы по главе 4.....	162
5 АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИГОРОДНЫХ И ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ПРИМЕРЕ КУРСКО-РИЖСКОГО ДИАМЕТРА В МОСКОВСКОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЗЛА.....	163
5.1 Выбор мест размещения и ёмкости путей отстоя составов электропоездов на примере Рижского направления МТУ	163
5.2 Особенности разработки графика движения поездов Рижского направления Московского железнодорожного узла	167
Выводы по главе 5.....	174
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	175
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	178
ПРИЛОЖЕНИЕ А	201

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	204
ПРИЛОЖЕНИЕ В	212
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	215
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	223
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	227
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	230
ПРИЛОЖЕНИЕ И	233
ПРИЛОЖЕНИЕ К	235
ПРИЛОЖЕНИЕ Л	237

Актуальность темы исследования определяется существующими и перспективными тенденциями урбанизации крупных транспортных систем в России. Стоящие перед крупнейшими агломерациями России транспортные проблемы – это транспортное обеспечение населения при всё увеличивающейся плотности населения, увеличении площади с плотной городской застройкой и невозможности дальнейшего экстенсивного роста улично-дорожной сети. Рациональное использование транспортных ресурсов городских агломераций для решения экономических, социальных, экологических проблем, присущих современному урбанизированному обществу, невозможно без качественного обеспечения их агломерационных транспортных связей. В XX и начале XXI вв. в различных крупных городах России и мира испробовано огромное количество методов решения градостроительных и транспортных проблем. Разработаны и опробованы подходы к решению проблем транспортной системы крупных городов: автомобильный транспорт (США), общественный городской пассажирский транспорт (СССР), рельсовый транспорт (Япония) и смешанный подход (страны Европы). Каждый из подходов имеет свои минусы и плюсы, однако только рельсовый транспорт (или его близкие аналоги) способен обеспечить то соотношение технико-экономических параметров, которое позволяет выполнить экологические, градостроительные и социально-экономические требования, предъявляемые современными крупными городами с растущей плотностью населения. В связи с этим во многих крупных городах наблюдается активный рост строительства линий метрополитена, линий трамвая, монорельса и железной дороги в черте города для нужд обеспечения массовых пригородно-городских и внутригородских перевозок пассажиров.

Повышение роли железнодорожного транспорта, в организации внутригородских и пригородно-городских пассажирских перевозок – наиважнейшая задача. Железнодорожный транспорт – регулярный, экологичный, обладающий наибольшей провозной способностью вид транспорта, должен стать

каркасом для формирования прочных транспортных связей в городских агломерациях и мегаполисах.

Пригородные, пригородно-городские и внутригородские железнодорожные перевозки в крупных агломерациях обладают существенным потенциалом для развития, который в настоящее время остаётся недооценённым. В большинстве случаев перспектива формирования транспортного продукта пригородно-городского железнодорожного сообщения рассматривается как придаток к общей транспортной системе агломерации сформированной уличными видами наземного городского пассажирского транспорта (НГПТ) и метрополитеном. Высокая провозная способность, высокий уровень пунктуальности выполнения заявленного расписания движения, минимизация времени в пути для пассажиров и другие качественные параметры железнодорожного транспорта приравнивают его потенциал к лучшим системам метрополитена. Уровень доступности остановочных пунктов железнодорожного транспорта в увязке с транспортно-пересадочными узлами (ТПУ) при правильной структуризации городской транспортной системы определяет потенциал железнодорожного транспорта как неотъемлемой части транспортного каркаса города. Разработка и дальнейшее использование системных унифицированных подходов к организации высококачественного пассажирского сервиса на базе существующей железнодорожной сети в границах агломераций может решить задачу по повышению заинтересованности транспортных администраций в развитии инфраструктуры крупных железнодорожных узлов и заручиться поддержкой на уровне Субъектов РФ и федеральных органов исполнительной власти. Общее видение облика будущего транспортного продукта позволит более качественно объединить усилия всех заинтересованных лиц.

Для достижения этих целей и задач нужно реализовать комплекс мероприятий технологического, организационного и технического характера по развитию транспортной инфраструктуры. Масштабные транспортные проекты ещё на этапе разработки концепции требуют учёта всех перспективных видов перевозок и их взаимной интеграции во избежание в дальнейшем бросовых работ и

«замораживания» инвестиций из-за недостаточно эффективной этапности реализации проектов.

Развитие пригородно-городских и внутригородских железнодорожных пассажирских перевозок позволит увеличить объемы доходов для всех прямых и косвенных участников перевозочного процесса: владельцев инфраструктуры (ОАО «РЖД» и прочих), владельцев подвижного состава (ОАО «РЖД» и лизинговых компаний) и пригородных пассажирских компаний.

Востребованность такого проекта как Московское центральное кольцо (МЦК) и перспектива дальнейшего развития таких проектов как Московские центральные диаметры (МЦД) говорит о большом потенциале железнодорожного транспорта, необходимости его развития и позиционирования в качестве пригородно-городского и внутригородского вида транспорта. Использование железнодорожного транспорта в качестве базового элемента единой транспортной системы городских агломераций нашей страны позволит вывести деятельность пассажирского комплекса холдинга «РЖД» на принципиально новый высокоэффективный уровень.

Степень разработанности темы. Научная база вопросов функционирования систем железнодорожных пригородно-городских и пригородных перевозок заложена такими учёными как Н.И. Бещева, Ю.О. Пазойский, Ф.П. Кочнев, В.П. Кобзев, В.А. Персианов, Н.В. Правдин, В.Г. Шубко, А.П. Артынов и другие.

Исследованиям проблем встраивания железнодорожных перевозок в транспортную систему крупных городов и вопросам взаимодействия работы различных видов транспорта посвящены работы Н.Ю. Еврееновой, С.П. Вакуленко, А.В. Колина, Е.В. Копыловой, О.Н. Мадяр, Т.А. Власюк, П.В. Голубева, П.В. Куренкова, С.А. Ваксмана, К.Ю. Скалова и других.

Вопросам роли и важности комплексного развития транспортной системы агломерации посвящены исследования Е.А. Овчинниковой, М.Г. Крестмейна, Е.Б. Куликовой, Е.В. Копыловой, Ю.А. Капитонова и других.

Неоднократно исследовалась проблема оптимизации параметров работы систем пригородно-городских пассажирских перевозок и совершенствования подходов, заложенных советской научной школой (В.И. Апатцев, С.П. Вакуленко, А.П. Артынов, Е.П. Полынцев, Ю.О. Пазойский, Ю.В. Белецкий, А.Г. Котенко, В.П. Кобзев, В.Г. Шубко, Н.А. Муковнина и др.). Предложено множество различных оптимизационных мероприятий, направленных на минимизацию затрат организатора перевозки при выполнении целевых параметров транспортной работы при организации движения пригородных поездов.

Для использования на магистральном железнодорожном транспорте и динамического управления перевозочным процессом, накоплен опыт в метрополитенах СССР и развитый уже в России. В работах Л.А. Баранова, М.В. Новиковой, В.Г. Сидоренко предлагаются различные алгоритмы оптимизации планирования перевозок (организации движения поездов) на линиях метрополитена с различными параметрами.

Принципам и закономерностям формирования пассажиропотоков на пригородных железнодорожных участках посвящены работы Ю.О. Пазойского, Н.В. Правдина, С.П. Вакуленко, К.Е. Герасимчук, О.Н. Мадяр, Е.Б. Куликовой, Т.А. Власюк. Авторы концентрировали свои усилия на поиске закономерностей величин пассажиропотоков в пригородных поездах от внешних условий, главным образом от параметров населённых пунктов и их транспортных систем в зоне тяготения пригородных пассажиропотоков.

Объектом исследования в данной работе стали железнодорожные пригородно-городские пассажирские перевозки в крупных агломерациях.

Предметом исследования является технико-технологическая эффективность организации движения электропоездов в крупных транспортных узлах и обоснование потребной железнодорожной инфраструктуры.

Целью работы является разработка новых научно обоснованных технологических решений по организации и развитию пригородно-городских

железнодорожных пассажирских перевозок, которые позволят повысить качество обслуживания пассажиров.

Для достижения данной цели были решены следующие задачи:

- проанализирован и систематизирован зарубежный опыт работы систем пригородно-городских и внутригородских пассажирских перевозок в крупных агломерациях с возможностью его адаптации в крупных транспортных узлах России;
- структурирован научный опыт, накопленный отечественными учёными, изучавшими вопросы пригородных перевозок на железнодорожном транспорте;
- предложены и обоснованы методы совершенствования систем пригородно-городских диаметральных пассажирских железнодорожных перевозок;
- разработана технология работы железнодорожных участков с интенсивным пригородно-городским диаметральной движением;
- синтезированы технологические основы формирования диаметральных маршрутов электропоездов при различных условиях пропуска поездов различных категорий;
- спроектированы схемы путевого развития зонных пассажирских станций для маршрутов с интенсивным движением пригородно-городских электропоездов;
- разработаны технологические принципы работы зонных пассажирских станций и новые схемы оборота пригородно-городских электропоездов на участках с интенсивным движением поездов;
- создана методика расчёта мест размещения и ёмкости мест отстоя составов электропоездов.

Научная новизна исследования заключается в разработке основных принципов интеграции пригородных пассажирских железнодорожных перевозок в транспортные системы агломераций и применении в организации железнодорожных перевозок подходов, присущих организации перевозок на

городском пассажирском транспорте. В работе предложены следующие основные технологические решения и разработки:

1. Предложено разделение пригородных перевозок на дальнепригородные и пригородно-городские с соответствующей разработкой подходов к организации перевозок в каждом виде сообщения.

2. Доказана необходимость формирования тактовых расписаний и графиков движения электропоездов с использованием сводных тактов. Для качественной оценки разрабатываемых графиков введены такие понятия как коэффициент тактовости и комфортный интервал между поездами.

3. Детализированы условия работы диаметральных железнодорожных пассажирских маршрутов на базе классификации участков диаметральных направлений.

4. Предложены новые технологические схемы смены направления движения электропоездов и смены локомотивных бригад, новые технологические решения путевого развития пунктов оборота электропоездов с секционированием зонных тупиков.

5. Усовершенствована технология работы зонных пассажирских станций в условиях интенсивного движения электропоездов. Для повышения производительности станций предложены новые технологические схемы смены направления движения электропоездов и смены локомотивных бригад, новые технологические решения путевого развития пунктов оборота электропоездов с секционированием зонных тупиков.

6. Предложена и обоснована новая технология планирования расстановки составов электропоездов на отстой, позволяющая оптимизировать процедуру перехода между пиковым, непиковым и ночным периодами суток. Для решения задачи расстановки составов разработана экономико-математическая модель прикрепления отдельных составов к путям отстоя.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в комплексном методологическом подходе к организации процесса пригородно-городских перевозок на диаметральных маршрутах крупных транспортных узлов:

1. Положения диссертации могут быть применены при проектировании новых маршрутов пригородно-городских перевозок железнодорожным транспортом, как вида внутригородского транспорта с соответствующими параметрами качества.

2. Тактовые расписания движения транспортных средств позволяют достичь баланса интересов пассажиров и организатора перевозок. Подобный подход может быть тиражирован в работе всех видов городского и пригородного транспорта.

3. Предложенные технологические решения позволяют определить потребность в развитии железнодорожной инфраструктуре при проектировании диаметральных пассажирских маршрутов.

4. Предложенные технологические решения наиболее полно отвечают условиям работы железнодорожных участков с интенсивным движением поездов в крупных агломерациях.

5. Предложенные технологические подходы позволяют при интенсификации движения поездов применить на железнодорожном транспорте подходы, успешно применяемые в метрополитенах.

6. Разработанная методика расчёта мест размещения и ёмкости мест отстоя составов электропоездов может быть использована в современных городских системах наземных видов пассажирского транспорта (метрополитены, системы скоростного автобусного транспорта и трамвайные системы), где проблема оптимизации числа технических рейсов также является актуальной.

Методология и методы исследования основаны на анализе отечественной теории и практики в области пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок.

Для достижения целей и задач исследования применялись системный анализ и синтез сложных транспортных систем, графическое моделирование работы железнодорожных станций и участков, экономико-математические расчёты, обоснование экономической эффективности, целочисленное линейное программирование.

Положения, выносимые на защиту:

- выделение пригородно-городских железнодорожных пассажирских перевозок в отдельный вид пассажирских сообщений;
- технология организации движения электропоездов пригородно-городского сообщения на участках с интенсивным движением поездов;
- принципы формирования диаметральных маршрутов электропоездов;
- зонные пассажирские станции с удлинённым секционированным обратным тупиком;
- технология ускоренного оборота составов на зонных пассажирских станциях;
- порядок расчёта числа составов в обороте при организации диаметрального движения;
- методика расчёта мест размещения и ёмкости мест отстоя составов электропоездов.

Степень достоверности и апробация результатов подтверждается внедрением положений диссертации при проектировании развития Московского транспортного узла в ГАУ «Институт Генплана Москвы». Предложенные алгоритмы, подходы к проектированию железнодорожной инфраструктуры и технологические методы организации перевозок рассмотрены в проектном институте АО «Мосгипротранс» и используются при проектной проработке развития Центрального (Московского) транспортного узла.

Основные положения работы были доложены и одобрены на заседаниях кафедры «Управлением транспортным бизнесом и интеллектуальные системы»

(УТБиИС) Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)) в 2018-2020 гг., а также на конференциях:

- Международная юбилейная научно-практическая конференция «Тенденции развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом» ИУЦТ РУТ (МИИТ), Москва 2019г.;

- Национальная молодёжная научно-техническая конференция «Молодые учёные – развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК)» ИВГПУ, Иваново 2020 г.;

- II Международная научно-практическая конференция «Устойчивое развитие территорий» МГСУ, Москва 2019 г.;

- Всероссийская научно-практическая конференция «Неделя науки – 2019», РУТ (МИИТ), Москва 2019 г.;

- XIX всероссийская научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов», РУТ (МИИТ), Москва 2018 г.;

- Международная научно-практическая конференция «Транспортные системы: тенденции развития», МГУПС (МИИТ), Москва 2016 г.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников (203 библиографических наименования) и 10 приложений.

В первой главе рассмотрена теория и практика организации движения пригородных поездов на сети железных дорог России и стран дальнего зарубежья. Сделаны выводы о актуальности создания отдельного подкласса железнодорожных пассажирских перевозок – пригородно-городских, тесно интегрированных в пассажирские транспортные системы агломераций.

Во второй главе выполнена разработка основных принципов и методологии организации интенсивного движения пригородных и пригородно-городских электропоездов. Предложена методология формирования тактовых расписаний для пригородно-городских поездов, а также детализированы условия работы

диаметральных железнодорожных пассажирских маршрутов на базе классификации участков диаметральных направлений.

В третьей главе разработана технология работы зонных пассажирских станций для железнодорожных участков с интенсивным пригородно-городским движением электропоездов. Разработаны новые схемные решения путевого развития зонных станций, новые схемы оборота электропоездов и технология смены локомотивных бригад в пути следования.

В четвертой главе разработаны подходы к обоснованию необходимости обустройства пунктов отстоя составов электропоездов. Обосновано, что в условиях интенсивного движения электропоездов пригородно-городского сообщения актуальным является составление планов расстановки составов на отстой. Приведены типовые технологические рейсы электропоездов. Выполнена постановка задачи расчёта мест расположения и ёмкости пунктов отстоя электропоездов.

В пятой главе проведена апробация разработанных технико-технологических подходов к организации движения ПГЭП в пригородно-городском сообщении на примере Рижского железнодорожного направления МТУ.

1. АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ И ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В КРУПНЫХ АГЛОМЕРАЦИЯХ

1.1 Анализ отечественного опыта организации перевозок пассажиров в пригородном и пригородно-городском сообщении железнодорожным транспортом в крупных агломерациях

Существовавшая во времена СССР классификация железнодорожных сообщений на прямые (аналог перевозок в дальнем следовании), местные (в пределах одной дороги) и пригородные в настоящее время упрощена. Согласно действующему транспортному законодательству [66,67,146,145], в России, в зависимости от расстояния следования пассажирского поезда, существует две категории пассажирских перевозок: дальние и пригородные. Хотя многие отечественные учёные (М.Н. Беленький [8] и другие) неоднократно указывали на необходимость выделения пригородно-городских или внутригородских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом в отдельный класс сообщений для формирования устойчивой городской и пригородно-городской сети. Пригородное сообщение на сети ОАО «РЖД» в настоящее время представляет собой перевозки пассажиров моторвагонным подвижным составом (МВПС) и пассажирскими составами локомотивной тяги.

В процессе реформирования железнодорожного транспорта, начавшегося в 2003 году, пассажирский комплекс был разделён в соответствии с видами железнодорожных сообщений между пригородными пассажирскими компаниями (ППК) и единым перевозчиком в дальнем сообщении – Федеральной пассажирской компанией (ФПК). Полигонами работы ППК первоначально являлись границы отдельных железных дорог, а ФПК работала и сейчас продолжает работать на всей сети ОАО «РЖД».

С 2007 по 2016 годы, средняя дальность поездки на сети ОАО «РЖД» в пригородном сообщении снизилась на 18% и составила 33,1 км, что свидетельствует о изменении роли железнодорожного транспорта в общей транспортной системе [51].

При сохранении существующих тенденций развития пригородных пассажирских перевозок, будут существенно меняться внешние и внутренние условия работы пригородного комплекса железнодорожного транспорта [138,180]. При снижении общей средней дальности поездки пассажира будет снижаться величина средней дальности пригородных поездок пассажиров из крупного города в пригород, а значение маятниковых миграций жителей в крупных агломерациях будет расти. В этих условиях пассажирокилометровая работа и средняя дальность поездки пассажира будут снижаться, пока не стабилизируются на уровне показателей пригородно-городских перевозок в крупных агломерациях.

В таблице 1.1 представлено сравнение размеров движения пригородных поездов в крупнейших городах России, стран СНГ и Балтии по состоянию на 2018 год. Для большинства агломераций железнодорожный транспорт утрачивает ведущую роль, и не является полноценным пригородным, пригородно-городским и внутригородским транспортом. Для использования пригородных электропоездов как внутригородского транспорта, на территории агломерации должно располагаться большое число удобных железнодорожных остановочных пунктов, а размеры движения пригородных электропоездов должны превышать 15 пар поездов в сутки. Как пригородно-городской вид транспорта, пригородные электропоезда используются в немногих агломерациях: Москва, Минск, Киев, Волгоград, Сочи, Таллинн, Рига, Владивосток, Новосибирск, обеспечивая массовые перевозки пассажиров на определённых участках в режиме «городской электрички». Такой сервис обслуживает пригородные пассажиропотоки, в том числе маятниковые с плечом перевозки от 5 до 30 км, а также внутригородские перевозки в границах агломерации.

В Бакинской агломерации реализуется масштабный проект восстановления маршрутной сети обращения пригородно-городских электропоездов (ПГЭП), действовавшей во времена СССР.

Таблица 1.1 – Сравнение максимальной интенсивности движения пригородных поездов в крупнейших агломерациях России, стран СНГ и стран Балтии

Город	Число приг. участк	Размеры движения по наиболее интенсивному направлению, пар поездов/сутки	Перевозчик	Город	Число приг. участк	Размеры движения по наиболее интенсивному направлению, пар поездов/сутки	Перевозчик
Благовещенск	3	0	-	Краснодар	5	7	Кубань Экспресс-пригород
Воркута	1	0	-	Майкоп	2	1	Кубань Экспресс-пригород
Сыктывкар	1	0	-	Сочи	2	17	Кубань Экспресс-пригород
Ташкент	4	0	-	Кемерово	2	2	Кузбасс-пригород
Элиста	1	0	-	Новокузнецк	4	8	Кузбасс-пригород
Барнаул	5	11	Алтай-пригород	Томск	1	4	Кузбасс-пригород
Ереван	3	5	АрмЖД	Вильнюс	5	14	ЛГ
Братск	2	5	Байкальская ППК	Рига	4	38	ЛДЗ
Иркутск	2	13	Байкальская ППК	Тверь	2	26	МТППК
Улан-Удэ	3	2	Байкальская ППК	Омск	4	8	Омск-Пригород
Пенза	4	2	БашППК	Пермь	3	17	Пермская ППК
Саранск	2	2	БашППК	Южно-Сахалинск	3	2	ПК Сахалин
Ульяновск	4	3	БашППК	Самара	5	12	Самарская ППК
Уфа	4	11	БашППК	Саратов	4	7	Саратовская ППК
Брест	3	15	БЧ	Екатеринбург	7	13	СвердлППК
Витебск	4	6	БЧ	Курган	4	4	СвердлППК
Гомель	5	8	БЧ	Оренбург	3	3	СвердлППК
Гродно	3	8	БЧ	Сургут	3	2	СвердлППК
Минск	4	38	БЧ	Тюмень	3	6	СвердлППК
Могилев	4	6	БЧ	Челябинск	5	7	СвердлППК
Киров	3	12	ВВППК	Великий Новгород	3	3	СЗППК
Нижний Новгород	4	28	ВВППК	Мурманск	2	1	СЗППК

Астрахань	3	4	Волгоградтранспригород	Петрозаводск	2	2	СЗППК
Волгоград	4	21	Волгоградтранспригород	Псков	3	2	СЗППК
Таллин	3	43	ЕВР	Санкт-Петербург	11	35	СЗППК
Чита	2	2	Забайкальская ППК	Владикавказ	1	1	СКППК
Калининград	7	9	Калининградская ППК	Махачкала	2	2	СКППК
Бишкек	2	2	КЖД	Минеральные воды	3	19	СКППК
Абакан	3	1	КрасПригород	Нальчик	1	3	СКППК
Красноярск	3	15	КрасПригород	Ростов-на-Дону	7	15	СКППК
Севастополь	1	4	Крымская жд	Ставрополь	1	2	СКППК
Симферополь	3	7	Крымская жд	Вологда	4	2	СПК
Алма-Ата	2	1	КТЖ	Иваново	4	2	СПК
Астана	4	2	КТЖ	Кострома	2	3	СПК
Брянск	6	12	ЦППК	Ярославль	4	5	СПК
Владимир	3	10	ЦППК	Винница	3	9	УЗ
Курск	4	4	ЦППК	Днепропетровск	4	19	УЗ
Орел	5	5	ЦППК	Житомир	5	3	УЗ
Рязань	3	18	ЦППК	Запорожье	4	12	УЗ
Смоленск	5	5	ЦППК	Киев	5	36	УЗ
Тула	4	10	ЦППК	Кривой рог	5	9	УЗ
Москва	11	155	ЦППК/МТППК	Кропивницкий	2	2	УЗ
Белгород	4	5	Черноземье	Луцк	2	5	УЗ
Воронеж	3	9	Черноземье	Львов	6	11	УЗ
Тамбов	3	7	Черноземье	Николаев	4	2	УЗ
Биробиджан	3	3	Экспресс Приморья	Одесса	3	8	УЗ
Владивосток	1	23	Экспресс Приморья	Полтава	4	6	УЗ
Хабаровск	2	5	Экспресс Приморья	Ровно	4	5	УЗ
Новосибирск	4	25	Экспресс-Пригород	Сумы	3	8	УЗ
Ижевск	3	9	Содружество	Харьков	6	26	УЗ
Казань	3	16	Содружество	Херсон	3	3	УЗ
Чебоксары	1	2	Содружество	Хмельницкий	4	5	УЗ

Деятельность ППК, осуществляющих перевозки пассажиров на сети железных дорог России по состоянию на 2018-2019 гг. регулируется рядом федеральных законодательных актов, накладывающих ряд специфических условий работы. В соответствии с действующим законодательством РФ (Налоговым Кодексом РФ (НК РФ), Трудовым Кодексом РФ и Гражданским Кодексом РФ), пригородные перевозки полностью освобождаются от налога на добавленную

стоимость (НДС=0%) и оплаты за пользование инфраструктурой железнодорожного транспорта общего пользования (скидка 99%), а перевозки льготных категорий граждан субсидируются наравне с возмещением убытков от перевозок.

В то же время, сохранение действующей структуры владения и управления ключевыми активами пассажирского комплекса железнодорожного транспорта (подвижной состав, ремонтные предприятия, пассажирская инфраструктура) приводит к отсутствию мотивации у участников перевозочного процесса к повышению собственной эффективности [18,170]. Это вызвано тем, что учредителями ППК являются ОАО «РЖД», местные администрации и частные инвесторы. Местные администрации являются также заказчиками перевозки (ЗП) пассажиров на социально-значимых маршрутах, определяя уровень тарифов, размеры движения поездов и маршрутную сеть. Структура затрат ППК такова, что при ведении собственной деятельности они не имеют возможности влиять на структуру собственных расходов, так как до 80% общей суммы затрат компаний составляет оплата услуг ОАО «РЖД».

Участники организации перевозочного процесса (ЗП, ППК и владелец инфраструктуры) к сожалению, противопоставлены друг другу, а их взаимодействие нацелено не на повышение эффективности и развитие перевозок, а на уменьшение текущих затрат. Развитие существующей и строительство специализированной инфраструктуры для пригородных пассажирских перевозок тормозится из-за нестабильности объёмов перевозок и объёмов финансирования со стороны ЗП, то есть неопределённостью внешних условий. Поэтому известная теория «Трагедии истощения общего ресурса» (ТИОР) не должна быть реализована для железнодорожного транспорта [106,196,200]. В условиях ограниченных возможностей пригородные пассажирские перевозки могут недостаточно субсидироваться. Финансовое положение ППК, их функционирование полностью зависят от своевременного поступления финансирования от ЗП и стабильности объёмов перевозочной работы. Эти

субсидии на перевозки позволяют скомпенсировать убытки ППК и даже показать в отчётах некоторую, небольшую прибыль [50].

Сценарий ТИОР уже имел место в период становления деятельности пригородных пассажирских компаний на сети железных дорог России (2008 - 2015 гг.) когда происходил лавинообразный процесс отмены обращения пригородных поездов и сокращения размеров движения из-за нежелания ЗП регионов оплачивать (по их мнению) чрезмерно высокие выпадающие расходы. В настоящее время Правительством РФ приняты меры, которые сбалансировали ситуацию. Это позволило избежать проблему ТИОР.

В условиях развития пригородно-городских и внутригородских пассажирских перевозок в крупных агломерациях возникает необходимость кратного увеличения пропускной и перерабатывающей способности инфраструктуры. Предварительные расчёты показывают, что при проработке сценариев организации интенсивных железнодорожных пассажирских перевозок в режиме городских или пригородно-городских перевозок транспорта (по аналогии с метрополитенами) необходимо:

- увеличение числа главных путей на различных железнодорожных участках узлов;
- обустройство современной и комфортной инфраструктуры пассажирских обустройств (пассажирские платформы, пешеходные переходы, кассовые и турникетные залы, туалеты и т.д.);
- развитие путевой инфраструктуры для обслуживания пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок (зонные, перронные и приёмоотправочные пути, экипировочные пути, пути отстоя и другие);
- развитие устройств обслуживания подвижного состава, деповских комплексов и пунктов экипировки.

В настоящее время, всё большее число агломераций задумывается об организации на своей территории современных систем пригородно-городских

железнодорожных пассажирских перевозок. Попытки организации маршрутов пригородно-городских электропоездов (с малыми размерами движения) через центр города предпринимаются в таких городах как Пермь, Ярославль, Екатеринбург и др., но не дают должного транспортного эффекта ввиду ограничений предложения для пассажира.

Наибольшие объёмы перевозок пассажиров в пригородном сообщении имеет крупнейшая агломерация России – Московская. Сложившаяся структура пассажирских перевозок в Московском транспортном узле (МТУ) включает в себя пригородные железнодорожные пассажирские перевозки как неотъемлемую часть транспортной системы агломерации, поэтому более детально отечественный опыт организации пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок нужно рассматривать на примере Московской агломерации.

Объём перевезенных пассажиров в пригородном сообщении в МТУ за 2019 год составил 633 млн. пассажиров, обгоняя аналогичный показатель 2018 года менее чем на 1%. Наиболее сильно зафиксированный объём перевозок пассажиров в МТУ вырос за 5 лет с 2010 по 2014 годы (рисунок 1.1) со значения 466 млн пасс до 641 млн. В целом за период с 2010 года до 2019 года прирост объёмов перевозок составил 35%.

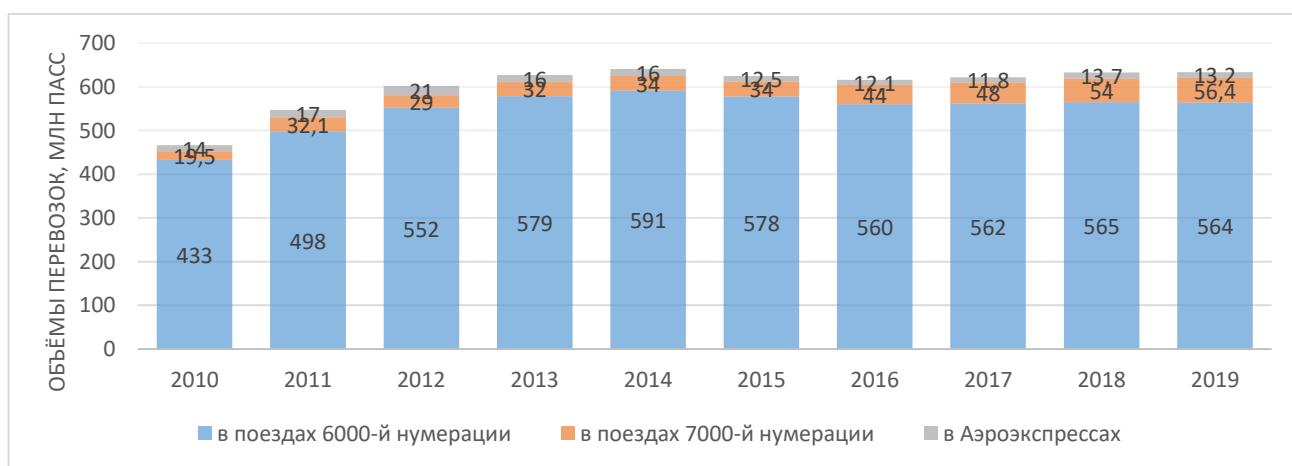


Рисунок 1.1 – Динамика изменения объема перевозок пассажиров в пригородном сообщении (по данным ЦО-27) в МТУ за 2010-18 гг.

Высокие показатели роста объемов перевозок достигнуты за счет:

- существенного повышения уровня контроля за оплатой проезда пассажирами (до 12-13% в год особенно в период 2010-2013 гг.);

- увеличения фактической численности постоянных и временных жителей мегаполиса (Москва и Московская область);

- увеличения пассажирооборота аэропортов Московского авиационного узла (Шереметьево, Внуково, Домодедово).

В последующие периоды усиление контроля оплаты проезда с помощью сооружения автоматизированных систем оплаты проезда (АСОКУПЭ) на станциях и остановочных пунктах МТУ не давало прежних темпов роста объемов перевозок.

Увеличение объёмов пригородного и пригородно-городского пассажиропотока в мегаполисе достигнуто привлечением пассажиропотоков с альтернативных видов транспорта за счёт:

- назначения дополнительных пригородных электропоездов в «пиковые» периоды суток;

- улучшения качества ГДП пригородных электропоездов (выравнивание интервалов движения, уменьшение неравномерности населенности электропоездов, частичная ликвидация обгонов пригородных электропоездов ускоренными пригородными экспрессами, и пассажирскими поездами дальнего следования, оптимизация числа остановок пригородных электропоездов на участке);

- существенного улучшения информационного сопровождения процесса пригородных пассажирских перевозок, в том числе добавления новых каналов продаж проездных документов, улучшения тарифного меню, ввода новых видов абонементов;

- ввода дополнительных ограничений для личного транспорта на территориях города Москвы;

- повышения комфорта проезда пассажиров за счет обновления подвижного состава, улучшения санитарно-технического состояния пассажирских обустройств пригородной пассажирской инфраструктуры, ликвидации несанкционированной торговли, повышения уровня транспортной безопасности в поездах и на остановочных пунктах.

Наиболее пассажиронапряженные радиальные пригородные участки МТУ находятся в 16-17 км от головных станций пригородных направлений (рисунок 1.2). При этом лимитированные размеры пригородного движения на не менее чем 25-км расстоянии от головных станций Московских вокзалов осваивают эти объемы в «пиковые» периоды перевозок за счет проезда пассажиров стоя.

Высокая плотность застройки ближней пригородной зоны Подмоскovie формирует в МТУ доминирующий тип пригородных перевозок – в пригородно-городском сообщении, выполняемое пригородными поездами на коротких расстояниях в пределах города и ближней пригородной зоны (до 25 км от головной станции пригородного участка) [151].

Существующая схема организации движения пригородных электропоездов начала формироваться в 50-х годах прошлого столетия вместе с массовой электрификацией железнодорожных пригородных участков, и принципиально не изменялась в течение последующих 30 лет. Но в 1990-е и в начале 2000-х гг. несколько изменилась главная задача пригородных перевозок в МТУ. Если в 1980-1990-е годы пригородные электропоезда ещё активно использовались для проезда между городами Московской области и менее активно для проезда в Москву (в будние дни, и для массового выезда дачников в выходные дни), то в настоящее время основная задача пригородных железнодорожных перевозок в МТУ – обслуживание перемещения пассажиропотока трудовой миграции мегаполиса в Москву, центральную её часть и обратно, а также для перемещения пассажиропотока из ближайшего пригород и из Москвы в ближайший пригород и внутригородского перемещения по радиальным и кольцевым маршрутам. Массовый выезд дачников железнодорожным транспортом в выходные дни кардинально сократился из-за повышения уровня автомобилизации населения. Стали низко востребованными маршруты пригородных электропоездов, конечной станцией которых при следовании из Москвы являлись Тушино, Царицыно, Бирюлево и Красный Строитель, которые в настоящее время дублируются метрополитеном и/или НГПТ.

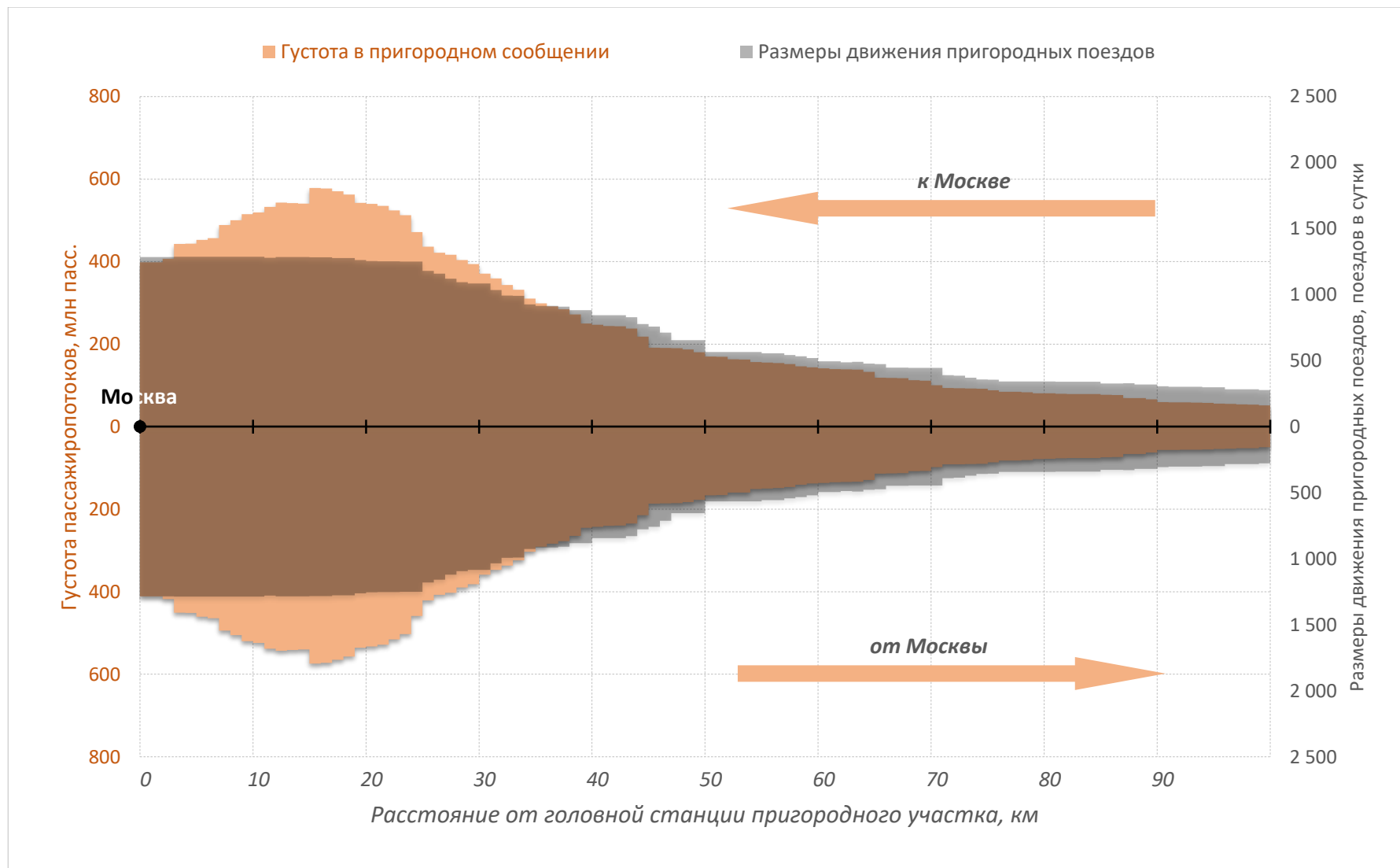


Рисунок 1.2 – Интегральная густота пассажиропотока и размеры движения пригородных электропоездов по всем направлениям МТУ от вокзалов головных станций (по данным ЦО-22 за 2018 год)

Технология работы пассажирских и зонных станций не претерпела значительных изменений. На большинстве вокзалов головных пассажирских станций сохраняется специализация пассажирских платформ и перронных приемоотправочных путей, действовавшая последние годы, подразумевающая разделение пассажирского движения на дальнее и пригородное. Исключение составляет только пассажирская станция Москва-Бутырская (Савёловский вокзал), с которого было полностью вынесено дальнее пассажирское движение.

Ранее, во времена МПС СССР, МПС РФ в МТУ применялся принцип компромиссного пропуска поездов различных категорий при котором главной задачей узла была организация пропуска поездов всех категорий, в том числе значительных размеров транзитных грузовых поездов через Московскую кольцевую железную дорогу (МКЖД), ныне – Московское центральное кольцо (МЦК). В последние два десятилетия стал изменяться приоритет пропуска поездов, появились ускоренные пригородные электропоезда и скоростные пассажирские поезда, которые вводились в график без должного обоснования в ущерб другим видам движения, а введение каждого такого поезда приводило к отмене нескольких обычных пригородных электропоездов или грузовых поездов, или к их длительным простоям под обгоном.

Последние годы ознаменовались многими технико-технологическими изменениями в организации перевозочного процесса в МТУ, к которым можно отнести:

- введение в обращение скоростных пассажирских поездов «Сапсан», «Стриж», «Ласточка» и др.;
- общее сокращение размеров движения пассажирских поездов при одновременном их ускорении;
- введение в обращение электропоездов - экспрессов («Аэроэкспресс») до Московских аэропортов Домодедово, Шереметьево и Внуково;
- строительство дополнительных главных путей на головных участках Ленинградского и Горьковского радиальных железнодорожных направлений.

Сегодня работа пригородного комплекса МТУ все чаще сталкивается с ужесточением требований к безопасности и надёжности выполнения графика движения поездов (ГДП). В 1980-е годы на большинстве радиальных направлений МТУ обращалось в среднем на 10-30% больше пригородных электропоездов (при частых сбоях в расписаниях), чем в настоящее время, когда сделан упор на надёжность выполнения ГДП и безопасность движения. Ограничительные меры, связанные с повышением уровня безопасности движения, способствовали снижению пропускной способности. Это стало особенно заметно в часы «пик». Если на Московском метрополитене минимальный межпоездной интервал в период с 1980-ых по 1990-ые годы сократился со 100 до 90 сек., то на Московской железной дороге (МЖД) он увеличился с 4-х минут до 5-6 (кроме Савёловского направления, где он сократился с 6 до 5 минут).

Существенное влияние на величину провозной способности головных пригородных участков оказал ввод в обращение электропоездов-экспрессов в аэропорты («Аэроэкспресс»). Электропоезда-экспрессы, следующие в аэропорт на Савёловском, Павелецком и Киевском радиальных направлениях МТУ, используют те же главные пути, что и обычные пригородные электропоезда, при этом поезда-аэроэкспрессы прокладываются равномерным (тактовым) расписанием. Из-за большого несоответствия в разнице во времени хода этих поездов с обычными пригородными электропоездами возникает большой «съём», который наиболее заметен в пиковые периоды. Например, на Савёловском направлении МТУ до ввода в обращение электропоездов аэроэкспрессов был возможен пропуск до 12 пригородных электропоездов в час (в одном направлении), после запуска их количество сократилось до 6, т.е. в 2 раза.

Отдельными пассажирскими компаниями на полигонах их работы внедряются принципы сквозного движения пригородных поездов через центральную часть города. Вместо окончания маршрута на головной пассажирской станции поезда следуют на противоположный конец города до одной из зонных станций. Перевозчики и заказчики перевозки пытаются таким образом организовать пригородно-городское сообщение, но такие проекты не носят

системного характера. Отсутствует общепринятый термин для подобного рода маршрутов поездов, но после запуска в г. Москве проекта «Московские центральные диаметры», в профессиональной среде закрепился термин «диаметральное движение». Под этим термином следует понимать движение электропоездов по сквозным маршрутам через центральную часть агломерации с одного пригородного участка на другой без оборота на головной пассажирской станции. Можно констатировать, что движение электропоездов по диаметральным маршрутам является одним из наиболее перспективных направлений совершенствования системы организации движения пригородных и пригородно-городских электропоездов.

1.2 Анализ тенденций изменения подходов к разработке графиков движения пригородных электропоездов

Анализ расписаний и ГДП пригородных электропоездов за период с 1990 по 2019 годы показал, что подходы к их разработке существенно изменились.

Вплоть до 1990-ых годов к разработке ГДП пригородных электропоездов применялись научные подходы, заложенные проф. Кочневым Ф.П, проф. Пазойским Ю.О., проф. Шубко В.Г и др., в основе которых были: применение зонного графика (каждый пригородный участок делился на несколько характерных зон в зависимости от темпов регрессии густоты пассажиропотока при удалении от головной станции участка), специальных принципов подбора остановок у электропоездов, а также в выборе последовательности отправления пригородных электропоездов, при которых обеспечивалось равномерное распределение пассажиров между электропоездами дальних и ближних зон, максимальные пропускные и провозные способности; минимизация времени ожидания пассажиров электропоезда и времени нахождения пассажира в пути.

Как показал анализ, в крупных узлах густота пассажиропотока по мере отдаления от головной станции пригородного участка снижается, причём опережающими темпами в сравнении с количеством электропоездов и предложенных мест. На размеры движения пригородных электропоездов (при фиксированной их вместимости) основное влияние оказывают два фактора: густота пассажиропотока и максимально допустимый интервал движения, обеспечивающий привлекательность пригородных перевозок.

С учётом этих факторов для двухпутных линий предлагаются следующие типы ГДП (рисунок 1.3):

- классический параллельный - все электропоезда следуют с остановками по всем пунктам (рисунок 1.3а);

- классический непараллельный - электропоезд каждой зоны имеет частые остановки только в пределах своей зоны (зоны, включающей конечный пункт маршрута), а предыдущие зоны он проходит в экспрессном режиме (остановки предусматриваются только на самих зонных станциях и в крупных ТПУ - рисунок 1.4б);

- умеренный непараллельный - все электропоезда условно делятся на две группы: ближнепригородные и дальнепригородные (первые курсируют на расстояния не далее чем 40-70 км и, как правило, имеют остановки «по всем пунктам», вторые выходят за пределы расстояний 70 км и в пределах ближней пригородной зоны (40-50 км) останавливаются только на крупных пересадочных узлах, а также на зонных станциях рисунок 1.3в);

- шахматный — электропоезда делятся условно на две группы и прокладываются в ГДП через один (рисунок 1.3г): первые имеют остановки в пределах 1,3, 5 зон, вторые в пределах 2, 4, 6 зон.

На рубеже 1990 / 2000-х годов классический параллельный ГДП движения поездов (ГДП) практически не применялся, из-за неизбежно появляющейся перенаселённости электропоездов дальних зон, недостаточной пропускной

способности участков, а завышенных интервалов между электропоездами в ближних зонах.

Наибольшее применение получил умеренный непараллельный ГДП (рисунок 1.3в), однако, на Белорусском, Савёловском, Курском, Павелецком, Горьковском направлениях МТУ в пиковые часы электропоезда дальних зон в пределах ближних зон, не смотря на отсутствие остановок, умеренно «затягивались» с целью повышения пропускной способности участка. В то же время отсутствие остановок у электропоездов дальних зон в пределах ближних зон было оправдано тем, что этими электропоездами не могли воспользоваться пассажиры ближних зон, что позволяло избегать их перенаселённости.

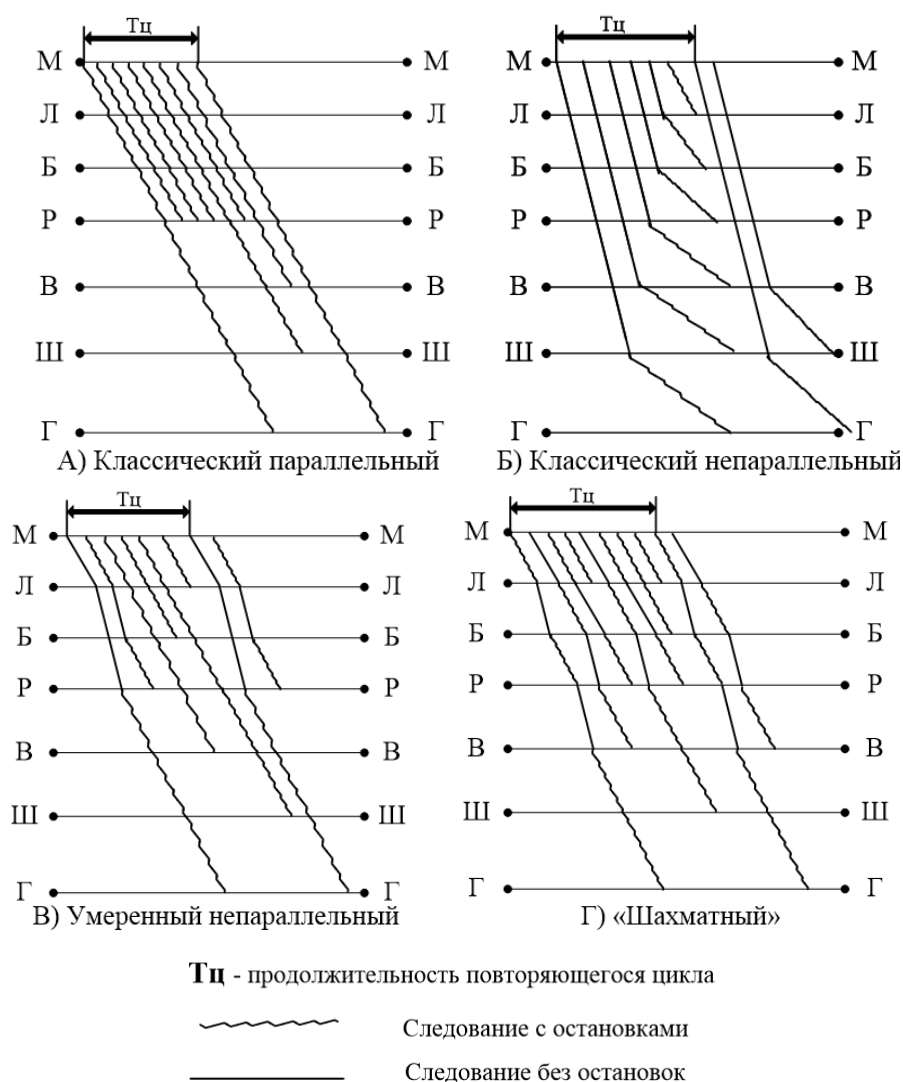


Рисунок 1.3 – Типы ГДП электропоездов, используемых в МТУ до 2000-ых годов
 (на примере направления Москва-Голутвин: зонные станции М-Москва, Л-Люберцы, Б-Быково, Р-Раменское, В-Виноградово, Ш-Шиферная, Г-Голутвин)

На Рязанском и Ленинградском направлениях МТУ электропоезда ближних и дальних пригородных зон в пределах ближних зон имели разное время хода так как была возможность пропускать их по разным главным путям (рисунок 1.4).

На многопутном Ярославском направлении применялся комбинированный ГДП, представляющий комбинацию умеренного непараллельного и шахматного ГДП (рисунок 1.5).

Анализ ГДП показал, что вплоть до конца 1990-ых годов полностью отсутствовало такое явление как «обгон» одних электропоездов другими пассажирскими поездами. Обгоны пригородных электропоездов пассажирскими поездами дальнего сообщения носили оперативный характер и производились только в крайних случаях с целью ввода опаздывающих поездов в ГДП. Тем более не производились обгоны одних пригородных электропоездов другими. На линиях, где для пропуска пассажирских поездов не использовалась отдельная пара путей, в часы «пик» (с 6.30 до 9.30 по прибытию в Москву и с 17.00 до 20.00) на головных участках пропускались только пригородные электропоезда с минимальным межпоездным интервалом (4-6 минут).

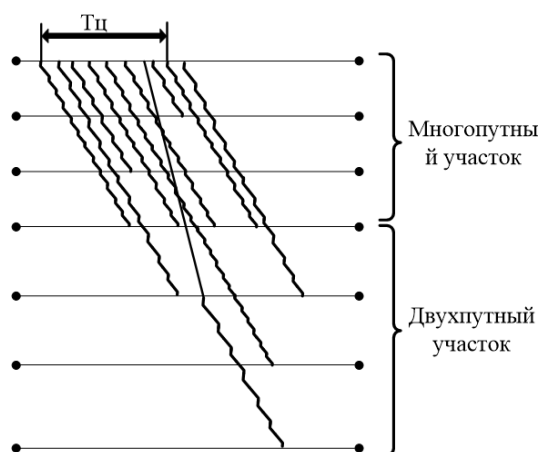


Рисунок 1.4 – Вид непараллельного ГДП на многопутной линии

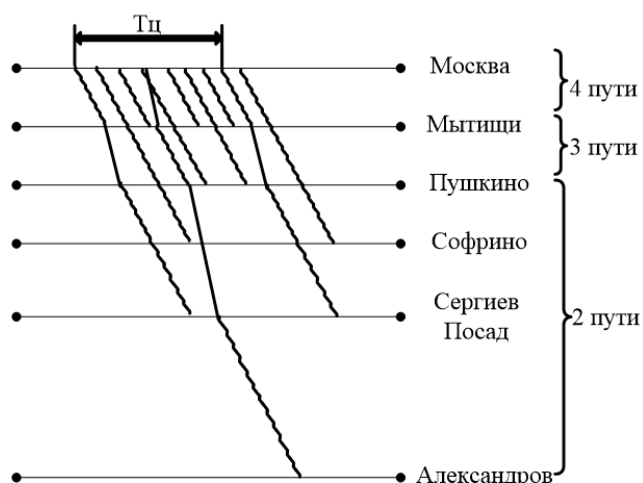


Рисунок 1.5 – Вид комбинированного ГДП на Ярославском направлении

К сожалению, лучшие наработки советской научной школы в области организации пригородных перевозок, применяемые также во многих зарубежных агломерациях, начиная с 2000-ых годов стали игнорироваться. Следствием такого положения стало искусственное занижение пропускной и провозной способности, рост количества перенаселённых поездов в часы «пик».

В период 2000-ых годов в несколько этапов на отдельных направлениях МТУ в ГДП были введены электропоезда «Спутник» Москва – Мытищи (маршрут впоследствии был продлён до Болшево и Пушкино), Москва – Раменское, Москва – Железнодорожная, Москва – Лобня для обслуживания пригородно-городских перевозок в экспрессном режиме в сообщении между Москвой и крупными городами-спутниками, а также так называемые «концептуальные» электропоезда (ускоренные пригородные электропоезда дальних зон, курсирующие по несколько раз в сутки). На Павелецком, Савёловском и Киевском направлениях появились ускоренные пригородные электропоезда повышенной комфортности – «аэроэкспрессы», следующие в аэропорты без остановок и с повышенной маршрутной скоростью.

Эта ситуация сложилась в связи с изменением целевой задачи, которая ставилась перед перевозчиками. Если до конца 1990-ых годов основной целью организации пригородных перевозок было освоение пассажиропотоков при

условии обеспечения приемлемых условий проезда (исключение проезда стоя за пределами ближних пригородных зон и его минимизация в пределах ближних), то в настоящее время основная цель - извлечение перевозчиками максимальной прибыли.

Электропоезда типа «Спутник», концептуальные и аэроэкспрессы имеют приоритет в ГДП при том, меньшей вместимостью, занижая провозную способность направлений. Кроме того, на двухпутных линиях для обеспечения приоритетности электропоездов более высокого класса обычные электропоезда ставятся под обгоны, ухудшая и без того не лучшие условия проезда пассажиров в них.

Ввод ускоренных пригородных электропоездов равномерным (тактовым) расписанием из-за разницы времён хода и возникающего в связи с этим «съёмом» приводит к увеличению интервалов между обычными электропоездами. В качестве компенсации таких неудобств перевозчик назначает остановки обычным электропоездам дальних зон в ближних зонах, что приводит к их перенаселённости и к заметному увеличению времени нахождения в пути (до 20 минут). При вводе ускоренного движения пригородных электропоездов на ближних зонах пострадали такие маршруты дальних зон как Москва – Дубна, Москва – Савёлово, Москва – Петушки (Владимир), Москва – Голутвин (Рязань), Москва – Тула.

Разделение пригородных электропоездов на «классы», с принципиально различными тарифными планами привело к тому, что перевозчик старался формировать расписание движения электропоездов таким образом, чтобы условия проезда и привлекательность расписания движения электропоездов типа «Спутник» выгодно отличались от остальных пригородных электропоездов. Например, на Горьковском направлении МТУ в вечернее время не назначаются обычные пригородные электропоезда перед отправлением поезда «Спутник», чтобы обеспечить населённость последнего. Расписание движения обычных электропоездов из аэропорта Домодедово затягивается, а время их отправления устанавливается таким образом, чтобы период накопления был минимальным.

Вместе с тем, содержание отдельных парков подвижного состава, отрицательно сказывается на их общей производительности. Например, подвижной состав, обслуживающий электропоезда «Спутник», работает преимущественно в часы «пик», потому что в этот период они пользуются спросом лишь из-за дефицита мест в обычных электропоездах. В межпиковый период и в выходные дни населённость этих поездов снижается до критически низких значений из-за того, что в обычных электропоездах дефицита мест нет.

Как показывает отечественная практика, железнодорожный транспорт является массовым видом общественного транспорта, способным осваивать наибольшие значения пассажиропотоков во внутригородском и пригородно-городском сообщении, даже большие, чем метрополитены, так как на железных дорогах применяются большие габариты подвижного состава и практически отсутствуют ограничения для увеличения длины поездов. В метрополитенах крупнейших агломераций, построенных в конце XIX – первой половине XX столетий, повышение провозной способности невозможно, так как оно ограничивается габаритами тоннелей и длиной пассажирских платформ на станциях.

В условиях дефицита пропускной способности, безусловный приоритет должны получать сервисы, обеспечивающие наибольшую провозную способность, а приоритетный допуск к инфраструктуре – электропоезда, имеющие наибольшую вместимость.

1.3 Анализ зарубежного опыта организации пассажирских перевозок в пригородном и пригородно-городском сообщении

При рассмотрении вопросов организации функционирования единой транспортной системы метрополитена и внутригородских железнодорожных

линий, а также роли железнодорожных перевозок в обеспечении транспортных связей внутри регионов [202] можно выделить несколько видов интеграции железнодорожных перевозок в транспортную систему города: финансово-организационная, тарифная и инфраструктурная.

Финансово-организационная интеграция

В разных регионах мира разработаны различные механизмы субсидирования работы и развития транспортной системы городских агломераций. Под финансово-организационной интеграцией подразумевается создание единого органа, финансирующего, координирующего и управляющего работой всего общественного транспорта (НГПТ, метрополитена и железнодорожного) в пределах определенного региона. В большинстве крупных городских агломераций операторами железнодорожного и внутригородского общественного транспорта, как правило, являются разные организации, однако есть несколько примеров, где все перевозки в пределах определенного региона осуществляются единым транспортным оператором.

В подавляющем большинстве крупных мегаполисов существует административный орган – Транспортное Управление (Transit Authority), выполняющий функции организатора и заказчика транспортной работы у различных перевозчиков. Как правило, Транспортное Управление является также распорядителем бюджетных средств, направляемых на субсидирование работы городского транспорта [120,130,131,143,152,154,188,198-199].

Таким образом, в большинстве агломераций финансирование НГПТ, пригородного и внутригородского железнодорожного транспорта осуществляется из единого источника и распределяется единым транспортным управлением с учетом потребностей всего региона, невзирая на достаточно условные административные границы города. Практически не существует примеров финансирования общественного пассажирского транспорта в пределах границ отдельного города без пригородов, в подавляющем числе городских агломераций, финансирование осуществляется описанным способом на

региональном/агломерационном уровне. Внутригородские и пригородно-городские пассажирские перевозки железнодорожным транспортом являются полноправным участником получения дотаций на обеспечение транспортного обслуживания населения города и его пригородов.

Все вышесказанное также относится и к капитальным затратам на строительство новых объектов общественного транспорта (линий, станций, ТПУ), а также на реконструкцию существующих. Региональные транспортные управления также занимаются распределением финансирования капитального строительства. Таким образом, в большинстве городских агломераций пригородные железнодорожные линии получают свою долю средств на развитие из общего регионального источника наравне с другими видами транспорта.

В ряде случаев организатором перевозок и оператором выступает одна и та же организация. В регионах, где отсутствует организационная интеграция, между операторами разных видов транспорта и существуют определенные административные барьеры, мешающие работе транспорта в виде единой необходима организационная интеграция с моделью административного управления пассажирскими перевозками в рамках городской агломерации.

Применение вышеперечисленных принципов организации перевозочной работы существенно отличается от используемых в настоящее время в России. Развитие пригородно-городских и внутригородских пассажирских перевозок всегда тесно связано с более тесной интеграцией железнодорожного транспорта с НГПТ и метрополитена, поэтому необходима разработка новых подходов к формированию транспортных систем с участием и на базе железнодорожного транспорта.

Тарифная интеграция

Интеграция тарифов на перевозку пассажиров в пригородных электропоездах и городском общественном транспорте может принимать различные формы в разных городских агломерациях. В европейских мегаполисах, как правило, тарифные системы полностью интегрированы в масштабах

агломерации/региона (иногда и страны) и пересадки абсолютно «прозрачны» для пассажиров. В единых транспортных системах мегаполисов применяются:

- единая «плоская» тарификация всех поездок на пригородных поездах наравне с другими видами НГПТ;
- зонная тарификация с малым количеством зон (2-3 зоны на всю агломерацию) и едиными тарифами на другие виды пригородных перевозок;
- независимая тарификация пригородно-городских перевозок или отдельных перевозчиков на железнодорожном транспорте, без тарифной интеграции.

Тарифная интеграция сильно меняет транспортное поведение пассажиров и повышает мобильность их поездок. Особенно заметным изменение поведения пассажиров становится в нестандартных ситуациях: при сбоях перевозок на железнодорожном транспорте или других видах НГПТ.

Изменение поведения пассажиров и единая тарификация изменяют структуру железнодорожных пассажирских перевозок в пригородном и внутригородском сообщении, привлекая на железнодорожные маршруты внутригородских пассажиров, предпочтения которых отличаются от пассажиров пригородного сообщения.

Инфраструктурная интеграция

Самой видимой и одной из наиболее важных для пассажира формой интеграции железнодорожного транспорта в общую систему транспорта мегаполиса является инфраструктурная [132,144,152,179]. Под инфраструктурной интеграцией понимается возможность осуществления поездки с использованием различных видов транспорта (например, железнодорожного транспорта и метрополитена). Наиболее значимыми являются транспортно-пересадочные узлы (ТПУ) между линиями пригородных электропоездов и линиями метрополитена или скоростного трамвая.

Отдельно следует отметить полную технологическую интеграцию железнодорожных линий и метрополитена, встречающуюся в ряде транспортных систем мегаполисов Японии и Южной Кореи.

Вопросы инфраструктурной интеграции активно прорабатывались во многих исследованиях учёных, бизнес-планах и концепциях железнодорожными администрациями.

Интервалы движения и маршрутные скорости

Интервал движения между транспортными средствами является ключевым показателем качества транспортного сообщения в пригородно-городских перевозках. Анализ научного и производственного опыта показал отсутствие общепринятых значений оптимальных интервалов. Каждая транспортная система подстраивается под нужды конкретной агломерации.

Для анализа качества сервиса перевозки пассажиров в пригородном сообщении были выбраны крупнейшие европейские агломерации: Берлин, Париж, Мадрид, Лондон. В каждой городской агломерации рассмотрены показатели работы сети внутригородского и пригородного железнодорожного сообщения, и выявлены особенности его эксплуатации.

Маршруты на сети Берлинских железных дорог связаны за счет объединения различных радиальных маршрутов в диаметральные с общим оборотом составов, с минимальным межпоездным интервалом 5 минут. Многие маршруты в центральной части города накладываются друг на друга вследствие чего межпоездной интервал отдельных маршрутов увеличен до 10 или 20 минут. При помощи наложения различных маршрутов решается проблема несоответствия густоты пассажиропотока в центральной части диаметров и на окраинах маршрута.

Для пригородной железнодорожной сети Берлина характерно наличие множества зонных станций для оборота составов, и станций, на которых производится ночной отстой составов, равномерно распределенных по маршруту следования электропоездов. В зависимости от дня недели движение открывается и закрывается в различные периоды. В будни движение открывается в 3:40-4:00, закрывается 1:00-1:40. К особенностям эксплуатации пригородных электропоездов

можно отнести круглосуточное обращения пригородных электропоездов с интервалом не более 30 минут на определенных участках сети.

Средняя маршрутная скорость пригородных электропоездов в Берлине составляет 39,5 км/ч. Основное перераспределение пассажиропотока происходит с линиями метрополитена U-Bahn, средняя скорость движения поездов метрополитена в Берлине составляет 30,7 км/ч. Сервис наземных железнодорожных перевозок является более привлекательным для пассажира если средняя скорость движения по городу превышает 40 км/ч.

Аналогичные системы организации регионального сообщения имеются в крупных европейских транспортных узлах: Парижа, Мадрида, Лондона.

В Париже региональное сообщение представлено сетью Reseau Express Regional (RER). Средняя дальность радиусов регионального обращения составляет 40-50 км. В Мадриде сеть маршрутов электропоездов Cercanias имеет плечи обращения поездов до 50 км. В Лондоне наземное пригородное пассажирское железнодорожное сообщение представлено сетью Overgrown. Линии располагаются преимущественно в черте города и на самых дальних зонах имеют плечи обращения 25 км.

В региональном сообщении Берлин с прилегающими городами связывает сеть маршрутов RE (Regional Express). Региональные поезда обращаются на расстояния 120 – 150 км. Линии RE не имеют пересечений с линиями S-Bahn и U-Bahn. Поезда RE имеют собственную выделенную пару главных путей и другой (верхний) токосяем.

При рассмотрении линий RE был проведен анализ интервалов обращения этих поездов на линиях. В качестве примера рассмотрены направления RE1, RE5, RE5, RE5. Интервалы проследования поездов в сечениях 40-60 км не превышают 30 минут. На самые дальние зоны интервал не превышает 2 часов.

Межпоездные интервалы на диаметральных региональных маршрутах Берлина приведены в таблице 1.2, а межпоездные интервалы в системах пригородно-городских перевозок крупнейших агломераций Европы приведены в Приложении А.

Таблица 1.2– Межпоездные интервалы на радиальных направлениях региональных экспрессов RE

Диаметральный маршрут	Радиальное направление	Средний межпоездной интервал в заданных зонах обращения электропоездов, мин.					
		20 км	40 км	60 км	80 км	100 км	200 км
RE1	Magdeburg-Berlin	30	30	60	60	60	
	Berlin-Frankfurt (Oder)	30	30	30	30		
RE3	Stralsund-Berlin	60	60	60	120	120	120
	Berlin-Falkenberg	30	30	30	120	120	
RE5	Rostock - Berlin	30	30	30	30	120	120
	Berlin - Elsterwerda	30	30	60	60	60	
RE7	Dessau - Berlin	30	30	30	60	60	
	Berlin - Wünsdorf-Waldstadt	60	60	60			\

Поезда RE связывают пригородное сообщение на расстоянии более 200 км. На направлениях с большим пассажиропотоком, обращение электропоездов на средних (до 60 км) зонах происходит не реже чем раз в 30 минут, на дальних зонах (100 км) не более 60 минут. Нитки региональных поездов равномерно распределены в течении суток без увеличения межпоездного интервала в дневной межпиковый период. При увеличении межпоездного интервала на дальних зонах происходит совмещение поездов RE с высокоскоростными поездами.

Парижские линии регионального сообщения преимущественного проходят по выделенной паре путей и имеют минимальное число участков для совмещенного движения. Пересадка пассажиров с одной линии на другую может осуществляться за счет пересечений линий в разных уровнях и кроссплатформенных пересадок пассажиров. На центральном участке линии А все маршруты проходят по одной паре путей с установлением 3-х минутного межпоездного интервала на перегоне между станциями Vincennes и La Defense (Grande Arche).

На линиях RER отсутствует выраженное зонное движение. Интервалы по мере удаления от центрального участка увеличиваются за счет разветвлений линии. В дневной межпиковый период интервал между поездами увеличивается, и на центральном участке составляет 6 минут.

К особенностям организации движения на линии RER можно отнести изменение станций оборота и маршрута следования в различные периоды суток.

Для примера на линии В станция Orsay-Ville используется для оборота составов только в пиковый период. В пиковый период происходит увеличение протяженности маршрутов и уменьшение интервала проследования поездов. В дневной межпиковый период маршруты следования поездов укорачиваются.

Средняя маршрутная скорость региональных электропоездов в Париже составляет 45 км/ч. Средняя скорость движения поездов метрополитена в Париже составляет 35 км/ч, поэтому сервис пригородных перевозок более предпочтителен для пассажира.

В Мадриде пригородное сообщение имеет совмещенный участок движения Atocha – Chamartin. На совмещенном участке в час пик, межпоездной интервал составляет 5 минут, в то время как межпоездной интервал каждого отдельного маршрута составляет 15 минут. В дневной межпиковый период межпоездной интервал увеличивается до 20 минут, на маршрутах с малым пассажиропотоком до 25 минут. На всех линиях фактически отсутствует зонное движение и оборот состава на дальних зонах обращения региональных поездов.

Отдельно следует выделить линию С5 соединяющую радиусы Atocha – Mostoles-El Soto и Atocha – Humanes. Особенности данной линии являются малый угол между соединяемыми радиусами, сопоставимая густота пассажиропотока. Подобное соединение радиусов в диаметр приводит к практически полной сменяемости пассажиров на центральном участке, новые корреспонденции пересекающие центральную часть города не образуются.

1.4 Анализ научных работ отечественных и зарубежных авторов в области организации пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок

Вопросам развития пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте посвящены труды многих отечественных учёных-транспортников. Изучение опыта исследований

показывает, что ведомственная принадлежность железнодорожного транспорта в СССР и РФ на протяжении десятков лет оказала влияние на уклон проводимых исследований и результаты их внедрения.

Общая теоретическая научная база вопросов функционирования железнодорожных систем пригородно-городских и пригородных перевозок заложена такими учёными как Н.И. Бещева, Ю.О. Пазойский, Ф.П. Кочнев, В.П. Кобзев, В.А. Персианов, Н.В. Правдин, В.Г. Шубко, А.П. Артынов [2,12-14,56,75,81,91,92,123,126,139-141,188,189]. Кроме того, существенный вклад в развитие научного знания о принципах функционирования пригородных перевозок внесли и другие авторы [1,24,27,35,40,70,77,79,80,96,98,111,155-158,162-169].

Основы научных подходов к транспортному планированию при организации интенсивных пассажирских перевозок в крупных городах были заложены В.Н. Образцовым ещё в 30-40е годы XX в [117,185]. Образцов одним из первых в отечественной науке сформировал мысль о важности электрической тяги в пригородных и пригородно-городских перевозках. В его трудах были сформированы первые концепции диаметральных пассажирских маршрутов для Москвы.

Труды Бещевой Н.И. в период с 40-х по 60-е гг. посвящены определению облика транспортных систем пригородных и пригородно-городских перевозок [12-15], где излагается комплекс предложений, касающихся параметров подвижного состава, инфраструктуры и организации движения поездов. Н.И. Бещева заложила принципы развития систем пассажирских перевозок в крупных агломерациях и описала принципы формирования диаметральных маршрутов пригородно-городских перевозок.

Исследованиям проблем интеграции железнодорожных перевозок и транспортных систем городов, вопросам стыкования работы различных видов транспорта посвящены работы К.Ю. Скалова, С.А. Ваксмана, С.П. Вакуленко, А.В. Колина, О.Н. Мадяр, Е.В. Копыловой, П.В. Голубева, Н.Ю. Еврееновой, Ф.С.

Пехтерева, Ю.А. Капитонова, Ю.Н. Дранченко, Т.А. Власюк, А.А. Попова и др. [1,21,23,25-30,35,31,37,42,44-46,53-55,59-62,71,73,74,77,81,82,84,85-88,97,99,101, 114,133,156], в которых исследуются такие вопросы как взаимодействие видов городского и пригородного транспорта, организация работы ТПУ.

Вопросам роли и важности комплексного развития транспортных систем агломераций посвящены исследования [27,60-62,93,103-105,111,118,119,156,161,171,203], где сформулированы выводы о том, что наука о городском транспортном планировании является междисциплинарной наукой, органично вписывающей транспортное обслуживание в жизнь города.

В работах [35,40,79] авторами отмечена проблема снижения эффективности работы пассажирского комплекса Российских железных дорог ввиду несовершенства законодательного регулирования, предложен новый подход к классификации пассажирских поездов. Основываясь на зарубежном опыте авторами предлагается закрепить в классификации поездов такие понятия как пригородно-городской поезд и региональный поезд с дальнейшим внедрением принципов взаимозаменяемости сервисов и отказом от жёсткого административного деления на пригородные и дальние перевозки. В работах [87,162] подтверждается важность правильного категорирования видов поездов исходя из планируемых маршрутов. Особенно актуальной данной проблема является для маршрутов, находящихся вне сферы максимальной эффективности как пригородных, так и дальних пассажирских перевозок

Основы экономики и планирования эксплуатационной работы в пассажирском движении на железнодорожном транспорте на этапе реформирования пассажирского комплекса в 2000-е годы рассматривались в работах [9,96,98,99,116,187,190,191,192]. В работе [18] приведен актуальный порядок планирования и учёта показателей работы в ОАО «РЖД» по состоянию на 2019 год. Заложенная М.Н. Беленьким система показателей была пересмотрена в свете произошедших реформ на железнодорожном транспорте и разделения хозяйствующих субъектов.

В многочисленных работах Т.А. Власюк [44-47] доказывается тесная взаимосвязь развития городских агломераций и железнодорожного транспорта. Являясь мощными коммуникациями, обеспечивающими маятниковую миграцию, железнодорожные линии в XX веке естественным путём стали одним из важнейших факторов, влияющих на застройку пригородов крупнейших городов. Автором указывается, что чем более разветвлённая сеть железнодорожных линий сформирована в агломерации или отдельно взятом городе, тем больший пассажиропоток формируется в пригородных и пригородно-городских сообщениях. То есть имеет место мультипликативный эффект.

В работе качественной системы пассажирских перевозок должен лежать принцип непрерывности, представляемый как равномерная последовательность движения транспортных средств на отдельных участках и соединение различных транспортных линий в единую систему с минимальным временем пересадки с одного транспортного средства на другое [73,74]. Принцип непрерывности, равномерной последовательности привел к появлению тактовых расписаний и интегральных тактовых расписаний. В работе указывается на современный подход к стыковке транспортных средств различных маршрутов в пересадочных узлах, называемый «рандеву». Данный подход представляет большой интерес для тиражирования в системах городских и пригородных перевозок общественным транспортом. Важность перехода на тактовые графики движения транспортных средств описана в [74,186]. Авторами предложен алгоритм расчёта тактового расписания на примере сообщения город-аэропорт, который затем апробирован и усовершенствован на примере городов Ленинградской области.

Оптимизацией компоновочных решений ТПУ на железнодорожном транспорте посвящены работы Н.Ю. Еврееновой [60-62]. В них делается вывод о том, что ключевыми тенденциями, находящими своё теоретическое и практическое подтверждение, являются: создание многофункциональных ТПУ, наиболее тесная интеграция железнодорожного и скоростного городского пассажирского

транспорта, широкое применение многоуровневых компоновочных решений и важность функциональной оптимизации.

Ряд актуальных предложений по формированию систем пригородно-городских железнодорожных перевозок сформирован П.В. Голубевым [52-55]. Исследование включает в себя проработку вопросов поиска сфер применения различных компоновочных решений ТПУ и зонных пассажирских станций, а также подходы к формированию сетей маршрутов поездов и методы оптимизации пассажирских коммуникационных путей. Исследование Голубева П.В. продолжены и углублены в работе А.А. Еременко [64], где на основе методов, предложенных Ю.О. Пазойским [126,127] подробно описывается задача определения целесообразности сооружения дополнительной зонной станции в местах стыкования железнодорожного транспорта и метрополитена.

В работах С.П. Вакуленко, Е.Б. Куликовой, Е.В. Копыловой, М.А. Туманова и других авторов [23,24,30,39,58,83,85,86,94,95] изучается значимость интеграции пригородного пассажирского комплекса железнодорожного транспорта в единую логистическую систему пассажирских перевозок мегаполиса. Влияние качества оказания услуг на результаты работы транспорта в пассажирских перевозках исследовалось Е.В. Копыловой и Е.Б. Куликовой [39,86]. В работах были сделаны выводы о необходимости непрерывного совершенствования организации перевозки пассажиров на железнодорожном транспорте.

В части изучения способов повышения надёжности работы пассажирских транспортных систем на железнодорожном транспорте заслуживает внимания подход Е.В. Копыловой [88], предлагающий интеграцию пригородных железнодорожных пассажирских перевозок и автобусных перевозок в периоды проведения технологических «окон» на железной дороге. В данной работе подробно рассмотрены аспекты организации автобусной перевозки, дополняющей собой временно неработающий железнодорожный сервис при минимизации общих затрат организатора перевозок.

Дальнейшим развитием этих исследований являлась работа П.А. Козлова и Е.В. Копыловой [76,89], где на базе методов динамической транспортной задачи предложена технология организации пассажиропотоков в пригородном сообщении, которые могут использоваться в дальнейших оптимизационных расчётах.

Исследователями неоднократно ставилась проблема совершенствования параметров работы систем пригородно-городских пассажирских перевозок и совершенствования подходов, заложенных советской научной школой [8,10,75,90,122-129,134,135,148,150,160]. Предложены различные оптимизационные мероприятия, направленные на минимизацию затрат организатора перевозки при выполнении целевых параметров транспортной работы при организации движения пригородных поездов.

Ю.О. Пазойским предложены и детализированы различные методы оптимизации и совершенствования пригородных перевозок, а также максимизации соответствия спроса и предложения пассажирских мест в пригородных электропоездах с использованием положений исследования операций [126,128]. В работах Ю.О. Пазойского была впервые сформулирована постановка задачи составления графика оборота (ГО) подвижного состава – одного из важнейших технологических документов при организации пригородных пассажирских перевозок. В более поздних работах автором был сделан вывод о ряде важных особенностей поведения пассажиров, которые накладывают отпечаток на работу пригородного участка. Например, населённость электропоездов дальних зон всегда выше, так как пассажиры, следующие в ближние зоны, имеют выбор на каком поезде ехать (ближнего или дальнего маршрута), а пассажиры дальних зон такого выбора не имеют. Это приводит к недонаселённости электропоездов ближних зон и перенаселённости электропоездов дальних зон.

В монографии Ю.О. Пазойского [127] рассмотрен ряд важнейших аспектов работы пригородных участков. Заслуживает внимания предложенный алгоритм введения засыльных составов для обеспечения ограничений по путевому развитию

станций оборота пригородных поездов. Данный алгоритм широко применялся и применяется в практике работы железнодорожного транспорта, однако не учитывается возможность целесообразности увеличения путевого развития зонных станций.

В работе Артынова А.П. и Дмитриева Н.У. [2] описаны результаты развития эксплуатационной науки пригородных железнодорожных перевозок, рассмотрены технологические вопросы их организации и экономической эффективности.

В отечественной терминологии можно встретить такой термин как «маятниковое движение» [122,127,129,182], подразумевающий организацию движения пригородных поездов на диаметральных маршрутах в крупных городах. Авторами приводятся такие преимущества организации движения на таких маршрутах в виде улучшения показателей работы подвижного состава и высвобождения железнодорожной инфраструктуры в центральной части крупных городов. В настоящее время вместо термина «маятниковое движение» приходит термин «диаметральное движение» [80].

В работе [90] рассмотрена проблема устаревания подходов, в основе которых лежали принципы плановой экономики, не предусматривающие существование различных хозяйствующих субъектов при организации перевозочного процесса. Авторами предлагается заслуживающий внимания гибкий подход к организации движения электропоездов на пригородных участках, указывается на необходимость отхода от жёстких границ пригородных зон и более широкое применение графиковых оптимизационных мероприятий.

В работе Н.А. Муковниной [113] рассмотрены алгоритмы выбора оптимального варианта организации движения пригородных электропоездов на участках с произвольным распределением пассажиропотоков и сферы применения схем работы засылочных составов пригородных электропоездов в зависимости от параметров участка и экономических факторов. В работе [112] к параметрам оптимизации были добавлены количество и местоположение зонных станций.

В публикации [10] предложен новый комплексный подход к оптимизации размеров движения поездов. Авторами предлагается наравне с учётом таких основных параметров как освоение пассажиропотока, величина затрат перевозчика и технологические ограничения учитывать возможность применения модульных схем составов электропоездов.

Принципы равномерности движения транспортных средств рассматриваются в работе [48,173], где ставится проблема усовершенствования процедуры перехода от пикового периода ГДП к непиковому и обратно. Предложен алгоритм выравнивания интервалов между транспортными средствами. Задача определения наиболее эффективной последовательности отставления от движения с линии транспортных средств решается в общем случае при помощи алгоритма Евклида. В частном случае, когда количество электропоездов в разные периоды суток кратно, доказываем справедливость подхода к оставлению транспортных средств с периодичностью, равной этой кратности. Приведенный алгоритм целесообразно использовать в случае наличия замкнутого контура обращения транспортных средств (метрополитен, МЦД и другие системы). В работе не учтены следующие особенности организации движения на пригородных железнодорожных участках не позволяющие применение данного метода: наличие различного режима подбора остановок пригородных электропоездов, наличие различных типов поездов использующих одну инфраструктуру (грузовые, пассажирские поезда дальнего следования и др.), необходимость наличия инфраструктуры для отставления составов во время движения, возможность регулировочных мероприятий по изменению времени движения электропоезда на перегоне, а также изменение густоты пассажиропотока и требуемых размеров движения по мере удаления от центра агломерации (зональное движение).

Исследованием взаимосвязей между объёмами транспортной работы, целевыми параметрами организации движения поездов на железнодорожных

участках и потребным техническим оснащением станций и перегонов посвящены работы [2,3,7,22,33,34,38,63,78,82,102,134,135,140,148,149,159,181].

Компоновочные схемы и работа зонных пассажирских станций на железнодорожном транспорте рассматривались, в таких работах как [65,140,148]. Для проектирования предлагаются типовые схемы данных станций, однако недостаточно исследовались реальные перерабатывающие способности различных схем путевого развития станций.

Исследованием на тему определения потребностей в железнодорожной инфраструктуре для пригородных перевозок является работа Т.А. Веретенковой [41], посвящённая обоснованию схем путевого развития зонных пассажирских станций и их количества на пригородных участках.

Заслуживает внимания для использования на магистральном железнодорожном транспорте богатый опыт организации движения и динамического управления перевозочным процессом, накопленный в метрополитенах СССР [5,6,72,109,115,121,172,175-178]. На базе этого опыта продолжается развитие метрополитенов в России и странах СНГ. Путём поэтапной и последовательной работы по повышению эффективности, Московский метрополитен в настоящее время достиг одной из лучших в мире интенсивностей движения поездов - более 35 пар в час в реальных условиях перегруженных линий. Учёными и практиками разработан целый ряд мероприятий, каждое из которых направлено на уменьшение межпоездных интервалов на несколько секунд на перегонах, станциях и пунктах оборота. Например, в метрополитенах применяется отличающийся от железнодорожного транспорта подход к организации движения при восстановлении его работы после сбоев в движении [4,48].

В работах В.Г. Сидоренко и соавторов [5,6,115,172,174-178] предлагаются различные алгоритмы оптимизации планирования перевозок (организации движения поездов) на линиях метрополитена с различными параметрами и конфигурацией. Авторы описывают прогресс, достигнутый в автоматизации

составления нормативных технологических графиков для метрополитенов. Так, автоматизировано составление проектных ГДП, ГО подвижного состава с увязкой составов под конкретные маршруты.

Проблему расстановки подвижного состава на ночной отстой и все сопутствующие аспекты организации движения в метрополитенах рассмотрел Чжо Мин Аунг. Работы [175,178] заслуживают внимания по причине применения автором генетических алгоритмов в решении проблемы автоматизации выбора мест отстоя и автоматизации построения ГДП и ГО электропоездов. Применение подобных подходов при их детализации и дальнейшей проработке к условиям интенсивных пригородно-городских перевозок позволит решить ряд принципиальных вопросов эксплуатационной работы железнодорожных участков при интенсификации движения и приближении их параметров работы к метрополитенам.

Г. Харрисом описан [201] опыт Лондонского метрополитена по применению методики расчёта времени посадки пассажиров в вагон. Установлено, что время посадки (влияющее в свою очередь на пропускную способность линии) зависит от компоновки салона поезда, ширины и количества дверей, а также количества вовлечённых в процесс посадки-высадки пассажиров.

Принципам и закономерностям формирования пассажиропотоков на пригородных железнодорожных участках посвящены работы [28,32,36,37,45,49,94,95,136,139,141]. Исследователи концентрировали свои усилия на поиске закономерностей величин пассажиропотоков в пригородных поездах от внешних условий, главным образом от параметров населённых пунктов в зоне тяготения железнодорожных линий.

В работах О.Н. Мадяр [83,94,95], изучены аспекты назначения дальним пассажирским поездам дополнительных остановок при следовании их через крупные агломерации так как в крупных агломерациях происходит наложение зон тяготения пассажиропотоков пригородного и дальнего сообщения.

В работах О.А. Медведь [107,108] рассматривается целесообразность организации на участках пригородного сообщения адресных электропоездов экспрессов, обращающихся между выбранными станциями, без промежуточных остановок. В качестве критериев эффективности организации подобного движения рассматривается сокращение времени в пути пассажиров, следующих в данных поездах экспрессах. В качестве дополнительной меры предполагаемого повышения качества обслуживания пассажиров предполагается установление доли заполняемости таких поездов экспрессов подвижного состава на уровне 0,5 - 0,67 от общего числа сидячих мест с исключением возможности перевозки стоячих пассажиров. Предлагаемые в работе мероприятия могут разительно ухудшить эксплуатационные характеристики использования подвижного состава, сократить провозную способность участка, привести к неэффективному использованию пропускной способности, появлению на ГДП большого коэффициента съема [69]. Улучшение условий пассажиров пользующихся услугой поездов экспресс приведет к значительному росту тарифа на перевозку, что в данной работе не рассматривается как фактор. Использование электропоездов экспрессов сокращает время в пути для пассажиров электропоездов экспресс, но увеличивает время в пути всех остальных пассажиров. При обосновании межпоездного интервала, образуемого электропоездами-экспрессами, предполагается, что прибытие пассажиров на платформу в час пик подчинено нормальному закону распределения, что в реальных условиях не наблюдается.

1.5 Постановка цели и задач диссертационного исследования

Отечественная научная школа накопила богатый опыт в части разработки технологий организации движения поездов на участках с интенсивным пригородным движением. Однако недостаточная проработанность вопросов организации движения пригородно-городских электропоездов на диаметральных

маршрутах крупных узлов диктует необходимость уточнения ряда аспектов технологии пропуска поездов различных категорий по пригородным участкам, технологии организации движения и оборота пригородно-городских электропоездов.

Целью работы является разработка новых научно обоснованных технологических решений по организации и развитию пригородно-городских железнодорожных пассажирских перевозок, которые позволят повысить качество обслуживания пассажиров.

Для достижения данной цели в исследовании должны быть решены следующие задачи:

- анализ и систематизация зарубежного опыта работы систем пригородно-городских и внутригородских пассажирских перевозок в крупных агломерациях с возможностью его адаптации в крупных транспортных узлах России;
- структурирование научного опыта, накопленного отечественными учёными, изучавшими вопросы пригородных перевозок на железнодорожном транспорте;
- обоснование новых методов совершенствования систем пригородно-городских диаметральных пассажирских железнодорожных перевозок;
- разработка технологии работы железнодорожных участков с интенсивным пригородно-городским диаметральным движением;
- синтез технологических основ формирования диаметральных маршрутов электропоездов при различных условиях пропуска поездов различных категорий;
- проектирование схем путевого развития зонных пассажирских станций для маршрутов с интенсивным движением пригородно-городских электропоездов;
- разработка технологических принципов работы зонных пассажирских станций и новых схем оборота пригородно-городских электропоездов на участках с интенсивным движением поездов;
- создание методики расчёта мест размещения и ёмкости мест отстоя составов электропоездов.

Перечисленные задачи актуальны для организации движения электропоездов в крупнейших транспортных узлах, к которым относится в первую очередь Московский транспортный узел (МТУ), то есть объектом исследования являются крупные транспортные узлы, а детализация исследований выполнена на примере МТУ. В условиях ограниченной пропускной способности головных железнодорожных участков МТУ возникает вопрос о приоритетности пропуска поездов различных категорий. Кардинальным решением ликвидации дефицита пропускной способности является сооружение дополнительных главных путей, и специализация их по видам движения, в зависимости от размеров движения поездов различных категорий, их технических параметров и способа пропуска по участкам. Однако даже при поэтапном наращивании интенсивности обращения пригородно-городских электропоездов по железнодорожным участкам возникает потребность в решении ряда технико-технологических вопросов в плоскости организации перевозочного процесса. В таблице 1.3 представлен перечень тематик, связанных с теорией и практикой пригородных железнодорожных пассажирских перевозок, основанных на приведенных выше задачах диссертационного исследования и требующих более глубоких исследований.

Таблица 1.3 – Перечень актуальных тематик исследований пригородно-городских железнодорожных перевозок

Направления исследований	Научно-практическая тема развития пригородно-городских перевозок	Степень проработанности тематики	Необходимость более глубоких исследований по данной теме в диссертационном исследовании
Организация движения поездов	Принципы разработки тактовых ГДП	Применение основ тактового движения для отдельных видов поездов в практике железных дорог	Необходима детализация принципов, по которым следует формировать комплексные такты ГДП при смешанном движении
	Методы прокладки поездов различных категорий в ГДП при организации движения ПГЭП	Вопрос прокладки поездов различных категорий исследовался теоретиками в работах по организации движения поездов и практиками	Интенсивность движения ПГЭП и пересмотр роли железнодорожного транспорта в агломерациях диктуют необходимость разработки актуальных методов прокладки поездов в ГДП

	Принципы организации технологических перерывов при организации движения ПГЭП	Вопрос не исследовался отечественными учёными. Есть отдельные примеры в МТУ по изменению технологии	Необходима разработка новых принципов организации движения ПГЭП без дневных технологических перерывов
	Организация грузового движения в транспортных узлах с организацией движения ПГЭП	Отечественными учёными исследован вопрос организации местной грузовой и сортировочной работы в железнодорожных узлах,	Вынос грузовой работы за пределы полигонов обращения ПГЭП полностью меняет подходы к организации работы железнодорожных узлов. Необходимо определить основные направления развития эксплуатационной работы
	Организация дальнего и скоростного пассажирского сообщения в узлах с организацией движения ПГЭП	Накопленный практический опыт, требующий актуализации для условий крупных агломераций	Требуется разработка принципов прокладки всех видов поездов в ГДП на участках совмещённого движения с ПГЭП
	Принципы оперативной диспетчеризации ГДП и ГО электропоездов	Накоплен опыт оперативного управления и диспетчеризации работы пассажирских транспортных систем	Требуется незначительная проработка
	Технология начала и окончания движения электропоездов при обращении ПГЭП	Вопрос не исследовался подробно	Требуется проработка
	Выбор скоростей обращения ПГЭП	Вопрос исследован детально	Не требуется дополнительная проработка
	Методика составления ГО подвижного состава для ПГЭП	Принципы составления ГО подвижного состава остаются неизменными	Не требуется дополнительная проработка
	Технология смены локомотивных бригад для ПГЭП	Существующая технология требует пересмотра	Требуется доработка и тиражирование лучших практик
	Автоматизация составления ГО подвижного состава и ГДП для ПГЭП	Активно исследуется в настоящее время	Не является предметом исследования данной работы
Технология работы железнодорожных станций	Технология работы пассажирских станций сквозного типа и их путевое развитие	Исследован ранее	Не требуются дополнительные исследования
	Компоновочные решения транспортно-пересадочных узлов	Исследован ранее	Не требуется дополнительная проработка
	Технология работы и путевое развитие тупиковых пассажирских станций	Исследован ранее	Не требуется дополнительная проработка
	Технология работы и путевое развитие зонных пассажирских станций в условиях обращения ПГЭП	Теория и практика не располагают подходами к работе зонных станций в условиях обращения ПГЭП	Требуется дополнительной проработки

	Технология организации местной грузовой работы на станциях при организации движения ПГЭП	Исследованы отдельные вопросы местной грузовой работы	Требуется уточнения вопрос работы грузовых станций при интенсивном движении ПГЭП
Вопросы организации пассажирских перевозок	Определение оптимальной величины интервалов между поездами на маршруте	Исследованы вопросы минимальных межпоездных интервалов	Проработка вопроса оптимальных для пассажира величин интервалов между поездами
	Выбор параметров подвижного состава для пригородно-городских пассажирских перевозок	Производителями предложены различные модификации подвижного состава, в том числе для пригородно-городских перевозок	Необходимо уточнение набора целевых параметров электропоездов
	Основные потребительские свойства дальнепригородных и пригородно-городских перевозок	В отечественной практике данные виды перевозок не подразделялись	Необходима проработка вопроса
	Технологические требования к формированию диаметральных маршрутов ПГЭП	Диаметральное движение глубоко не исследовалось с технологической точки зрения	Необходима проработка вопроса
	Повышение надёжности работы транспортной системы при организации движения ПГЭП	Ранее не ставился вопрос комплексного подхода к данной проблеме	Требуется формирование основных подходов (направлений дальнейших исследований)
	Прогнозирование пассажиропотоков на маршрутах ПГЭП	Вопрос исследован отечественными и зарубежными учёными	Не требуется дополнительная проработка
	Расчёт величины потребного парка подвижного состава для организации движения ПГЭП	Вопрос частично исследовался при исследовании методов разработки и автоматизации составления ГО подвижного состава	Требуется актуализация
	Социально-экономические эффекты от организации движения ПГЭП	Принципы расчёта и подходы к расчёту эффектов остаются неизменными	Не требуется дополнительная проработка
	Принципы интеграции ПГЭП в единую транспортную систему агломераций	Вопрос подробно исследован, но требует актуализации	Требуется формирование основных направлений дальнейших исследований
	Целевой набор услуг для пассажиров ПГЭП	Вопрос подробно исследован	Требуется формирование основных направлений дальнейших исследований
	Принципы формирования маршрутной сети ПГЭП	Вопрос подробно исследован	Требуется формирование дальнейших исследований

Выводы по главе 1

1. Развитие транспортных систем крупных агломераций связано с необходимостью формирования каркаса маршрутов рельсового транспорта и вводом в обращение пригородно-городских электропоездов.

2. Анализ изменений, происходящих в пассажирском комплексе железнодорожного транспорта России, стран СНГ и стран Балтии показывает необходимость развития нового формата пассажирских перевозок в пригородно-городском сообщениях, существенно отличающемся от пригородных перевозок требованиями к подвижному составу, организации перевозки, а также к организации движения и оборота.

3. Анализ работы МТУ показал, что на его двухпутных железнодорожных участках при организации интенсивного движения электропоездов и соответствующем дефиците провозной способности в пригородном движении зачастую наблюдаются ситуации некорректного расставления приоритетов между поездами различных категорий, что требует разработки новой методологии и принципов их пропуска.

4. Анализ работы транспортных систем крупнейших мировых агломераций показал, что их развитие идёт по пути комплексной интеграции пригородно-городских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом и НГПТ в единую транспортную систему, включая инфраструктурную, организационную, навигационную и др. интеграции.

5. Анализ выполненных исследований показал, что в основном в них рассмотрены и решены различные аспекты пригородных перевозок, такие как нормирование и планирование эксплуатационной работы, экономическая эффективность перевозок, совершенствование принципов проектирования пассажирской и железнодорожной инфраструктуры (в том числе вокзалов, транспортно-пересадочных узлов и станций), организация движения поездов, прогнозирование спроса на перевозки и др.

2 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕНСИВНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИГОРОДНЫХ И ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ

2.1 Формирование основных параметров характеризующих системы пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок

2.1.1 Формирование перечня параметров качества транспортных услуг

В соответствии с приказом Минтранса от 18 июля 2007г с правками от 08 февраля 2019 года «О критериях определения категорий поездов в зависимости от скорости их движения и расстояния следования» пригородным сообщением является: «...Следующие на расстояния не более 200 км или в границах одного субъекта Российской Федерации, состоящие из вагонов с местами для сидения». Основой успешного развития пригородного комплекса на железнодорожном транспорте, как было отмечено в главе 1, является более чёткая специализация пригородных перевозок по выполняемым задачам.

Режимы перевозок пассажиров, обеспечивающие маятниковую миграцию в крупном транспортном узле или мегаполисе, и обеспечение перевозки в региональном сообщении значительно отличаются. Если первые тяготеют по своим параметрам к метрополитенам и системам НГПТ в целом, то региональные (дальнепригородные) перевозки отличаются от них. Ввод в действие нового транспортного продукта, каким являются железнодорожные пригородно-городские и внутригородские пассажирские перевозки, неразрывно связан с формированием облика этого продукта в глазах пассажиров и всех участников перевозочного процесса. Обозначим основные отличительные особенности каждого из транспортных продуктов.

Дальнепригородные (региональные) пассажирские перевозки

К дальнепригородным перевозкам следует отнести перевозки, обслуживающие остановочные пункты, расположенные вне урбанизированной зоны центральной части агломерации. Такими маршрутами являются маршруты протяжённостью более 50 километров (более 1 часа в пути) от срединной зоны агломерации. Зону далее 70 километров вплоть до границ обращения пригородных поездов можно назвать «дальней» зоной пригородного участка, а зону от 20 до 70 километров – «средней». Средняя зона может обслуживаться как дальнепригородными, так и пригородно-городскими поездами с целью уменьшения расходов.

Обслуживание пассажиропотоков средней дальности и дальних пригородных пассажиропотоков крупных агломераций должно выполняться преимущественно специализированными электропоездами, особенности которых:

- максимизация числа мест для сидения в салонах электропоезда, соответствующих общему числу пассажиров, а степень удовлетворения спроса на перевозки должна соответствовать обеспеченности местами для сидения ввиду большой продолжительности поездки;
- повышенный комфорт мест для сидения в электропоездах дальних зон по сравнению с аналогичными местами пригородно-городском сообщении;
- минимизация количества дверей на вагон;
- выделение вагонов повышенной комфортности и буфетных зон во всех электропоездах взамен существующих сервисов электропоездов «Спутник» и «РЭКС»;
- средние разгонно-тормозные характеристики электропоездов, с повышенной максимальной скоростью (не ниже 160 км/ч);
- параметры дальнепригородного подвижного состава должны соответствовать режиму эксплуатации с остановками каждые 3-7 км.

Заданным параметрам наиболее полно соответствуют используемые в настоящее время электропоезда ЭД4М/ЭП2Д, а также электропоезда «Ласточка».

С точки зрения организации перевозочного процесса, дальнепригородные перевозки должны иметь следующие технологические характеристики:

- следование в ближней (пригородно-городской) зоне с минимальным числом остановок (по ключевым ТПУ) на многопутных линиях, и со всеми остановками на двухпутных линиях;

- места отправления дальнепригородных электропоездов из центральной части агломерации должно располагаться максимально близко к центру города, поэтому наиболее эффективным с точки зрения совокупности выгод и затрат является отправление с вокзалов существующих головных пассажирских станций, а перенос мест отправления дальнепригородных электропоездов на окраины агломераций недопустим;

- следование зонным непараллельным тактовым ГДП в средней и дальней зоне пригородного железнодорожного участка с учётом выполнения целевых показателей частоты курсирования;

- организация работы железнодорожного пригородного участка с сохранением дневного технологического перерыва в расписании дальнепригородных электропоездов;

- единую тарификацию в поостановочных (следующих со всеми остановками) и экспрессных электропоездах с отказом от так называемых «концептуальных» электропоездов, предусматривающих свою тарификацию поездок;

- обращение электропоездов на маршрутах длиной до 250км (с учётом перспективного изменения действующего законодательства).

Пригородно-городские и городские перевозки

Обслуживание ближней и средней зон пригородного участка (от центральной части агломераций до 20 и до 70 км соответственно) должно

осуществляться пригородно-городскими электропоездами (ПГЭП), несколько отличающимися по своим параметрам от применяемых в настоящее время пригородных электропоездов. Формируемый транспортный продукт предусматривает использование специализированного подвижного состава с определёнными характеристиками и условиями технической и технологической эксплуатации:

- работа в режиме графика движения, аналогичном метрополитену без дневных технологических интервалов с тактовыми интервалами;
- повышенные требования к разгонно-тормозным характеристикам подвижного состава, вызванные необходимостью быстрого набора скорости и быстрого торможения с целью минимизации времени хода;
- увеличение количества дверей в подвижном составе и увеличенная их ширина, связанная с необходимостью увеличения их пропускной способности с целью минимизации времени стоянки на остановочных пунктах при посадке и высадке пассажиров;
- наличие двух ярко выраженных суточных пиковых периодов (утренний и вечерний);
- обращение на маршрутах длиной до 100 км с частыми остановками (каждые 1-2 км);
- максимальная скорость эксплуатации подвижного состава 120 км/ч;
- пониженное число мест для сидения и оборудованные места для стояния (поручни, ручки).

Пригородно-городские электропоезда обращаются в режиме «со всеми остановками» и обеспечивают минимальные интервалы в пригородно-городских сообщениях между центром и периферией агломерации. При формировании маршрутов пригородно-городских перевозок предпочтение отдаётся диаметральным и хордовым маршрутам. При невозможности формирования диаметрального маршрута на существующей инфраструктуре рассматривается возможность организации пригородно-городских перевозок на тупиковом радиальном направлении с перспективным строительством

подземных (тоннельных) соединений между радиальными железнодорожными направлениями транспортного узла.

2.1.2 Детализация параметров системы пригородно-городских пассажирских перевозок и повышение надёжности работы системы

Надёжность и безотказность работы являются важнейшими параметрами работы системы массового обслуживания, которой является система внутригородских и пригородно-городских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом. Обеспечение высокой надёжности работы пригородных железнодорожных участков при высокой интенсивности движения электропоездов – важнейшая составляющая всей системы организации перевозочного процесса. В соответствии с теорией массового обслуживания устойчивая ритмичная работа каналов обслуживания (например, станций оборота) достигается, если уровень загрузки канала не превышает $0,7 - 0,85$.

Основными причинами задержек пригородных электропоездов, приводящих к нарушениям ритмичности движения и являются:

- превышение нормативного времени высадки и посадки пассажиров на остановочных пунктах и станциях участка, вызванное нестандартным поведением пассажиров;
- несчастные случаи и случаи травматизма с пассажирами, пешеходами на железнодорожных путях и работниками железнодорожного транспорта;
- технические отказы в работе подвижного состава или ложное срабатывание диагностических устройств безопасности на подвижном составе;
- технические отказы объектов инфраструктуры или ложное срабатывание устройств безопасности на объектах инфраструктуры;
- ошибки машинистов (невыдержка времени хода и т.п.);

- ошибки диспетчерского персонала, управляющего организацией движения (несвоевременное приготовление маршрута, нарушение приоритетности и очерёдности выполнения операций и т.п.);

- задержки поездов других категорий (маршруты которых конфликтны с маршрутами ПГЭП), поступающих со смежных участков;

- происшествия на железнодорожных переездах, аварии, крушения и т.д.

С целью минимизации вероятности задержек в условиях интенсивного движения электропоездов должен применяться комплекс технических и технологических мероприятий по каждому из обозначенных выше рисков.

Надёжность движения подвижного состава

Вероятность ошибки машиниста электропоезда и диспетчерского персонала в условиях интенсивной эксплуатации транспортной системы становится важным фактором риска. С целью его снижения, на линиях с интенсивным пригородным движением должны внедряться современные системы интервального регулирования (СИР) и управления движением поездов [57,110,137,193-197], предусматривающие:

- системы контроля физического состояния поездной бригады;

- применение в качестве расчётного поезда для СИР фактически используемых типов подвижного состава, а не тяжёлого грузового поезда с дифференциацией типов подвижного состава;

- применение систем автоведения и автоторможения в пределах остановочных пунктов, обеспечивающих точность остановки не более 1 метра;

- точное позиционирование подвижного состава с использованием как напольных, так и нестационарных устройств для обеспечения выполнения минимальных межпоездных интервалов;

- автоматическое задание поездных маршрутов на станциях, а также маршрутов по приёму-отправлению поездов с пассажирских станций. Комплекс мероприятий включает в себя внедрение функций автоматизации

основных типовых процессов на сложных (крупных) пассажирских станциях с целью повышения надёжности работы системы;

- автоматическое выполнение заданий на стандартные маневровые передвижения в пределах зонных станций;

- многоступенчатый логический контроль выполнения основных функций машиниста, дежурного по станции и поездного диспетчера;

- точное ведение поездов в местах возникновения враждебных пересечений на станциях и перегонах.

Применение регулировочных мероприятий на линиях пригородно-городских перевозок

В условиях интенсификации движения ПГЭП предусматривается их движение с минимальным технологически возможным интервалом на протяжении всего пикового утреннего и вечернего периода. В связи с этим важнейшее значение для обеспечения работоспособности железнодорожного участка и восстановления его ритмичности при возникновении сбоев приобретают регулировочные меры, аналогичные тем, что применяются в аналогичных пассажирских транспортных системах (метрополитены, НГПТ и др.). При выдерживании высоких параметров качества услуг, и главным образом малых интервалов между транспортными средствами пассажиры легко подстраиваются под диспетчерские корректировки расписания при волнообразных опозданиях. Применение регулировочных мер позволяет восстановить работу транспортной системы в минимальные сроки. К числу таких мер можно отнести:

- отмену электропоезда;
- прерывание маршрута следования (оборот электропоезда ранее конечной станции его маршрута);
- пропуск электропоезда по другому главному (приёмоотправочному) пути;
- продление маршрута следования электропоезда далее «проблемной» станции оборота;

- изменение очерёдности пропуска поездов (постановка на обгон);
- оперативная отмена остановок с целью быстрого освобождения «проблемного» перегона (участка), с целью ликвидации опоздания или вследствие пропуска по пути без пассажирских платформ;
- вывод на линию резервных составов электропоездов;
- вывод в работу резервных локомотивных бригад;
- смена локомотивной бригады вне линейного пункта локомотивных бригад.

Важно отметить, что в части обеспечения высокой ритмичности движения ПГЭП наиболее интересен опыт организации движения электропоездов в метрополитенах. В частности, чаще может использоваться такая регулировочная мера, как отмена электропоезда. В существующей практике пригородные электропоезда даже при значительных опозданиях (свыше 1 часа), как правило, не отменяются, а доводятся до конечной станции назначения с целью ввода электропоезда в графике оборота (ГО) и выполнения транспортного заказа. Это не всегда оправдано, так как, во-первых, увеличивается длина очереди на приём на станции с ограниченной пропускной способностью (что ещё больше увеличивает опоздания), а во-вторых сильно опаздывающие электропоезда могут попадать уже во внепиковый период или в ночной период, когда необходимость в них с точки зрения освоения пассажиропотока уже отпадает. Вместе с тем, на опаздывающих электропоездах зачастую превышает нормативно допустимая продолжительность работы локомотивной бригады.

Для обеспечения более эффективного использования подвижного состава и более гибкого регулирования размеров движения на участке, для соответствия фактическому пассажиропотоку при сбоях в движении или задержках в пути следования целесообразна классификация поездов пригородного сообщения на следующие категории:

- электропоезда, для которых отмена или укорочение маршрута крайне нежелательна (электропоезда дальних зон и/или уникальных маршрутов, при

отмене или укорочению маршрутов которых потребуется продолжительное время ожидания следующего электропоезда);

- электропоезда, для которых допускается применение регулировочных мер в части отмены или укорочения маршрута следования, если это не приводит к продолжительному ожиданию следующего электропоезда – к таковым могут быть отнесены ПГЭП ближних и средних зон.

При организации «окон» по обслуживанию, ремонту и модернизации объектов инфраструктуры применяют вариантные ГДП, предусматривающие отмену части электропоездов и/или укорочение маршрутов их следования. При сбоях в движении и организации «окон» для перевозки пассажиров через участки, где движение ПГЭП прекращается или резко ограничивается предусматривается организация движения компенсационного транспорта (автобусов).

Таким образом, указанные требования к организации перевозок и перечень регулировочных мер позволяют сформулировать дополнительные требования к размещению и схемам путевого развития зонных станций в пределах, предназначенных для оборота пригородных электропоездов:

- для повышения маневренности работы пригородного участка (в части возможности оперативного оборота электропоездов) необходим ввод дополнительных зонных станций;

- целесообразно предусматривать возможность оборота ближних ПГЭП за пределами условных границ их обращения;

- на всех зонных станциях целесообразно обеспечивать возможность оборота электропоездов с любой стороны (как на направлениях «в центр», так и на направлениях «из центра»);

- на зонных станциях, которые могут быть использованы для оперативного оборота, целесообразно предусматривать отстойно-разворотные площадки для оборота компенсационного транспорта (автобусов);

- необходима организация «горячего» резерва электропоездов в пунктах массового отстоя для срочного вывода электропоездов на линию в случаях сбоев в движении;

- необходимо проработать схемы аварийного подвоза локомотивных бригад на станции, где может потребоваться оперативная смена локомотивных бригад с участием и без участия автомобильного транспорта.

Все имеющиеся зонные станции целесообразно сохранить для нужд оперативного аварийного оборота, при этом в ГДП необходимо предусматривать наличие хотя бы одного пути отстоя (не занятого продолжительным отстоем) для организации аварийного оборота на каждой зонной станции. Для аварийного оборота электропоездов могут быть использованы и станции, расположенные за пределами условных границ участка пригородно-городских перевозок.

Формирование диаметральных маршрутов пригородно-городских перевозок

Комплексным решением технологических проблем крупных транспортных узлов по организации пригородно-городского движения электропоездов является соединение радиальных направлений в диаметральные. Переход к диаметральной технологии позволяет решить множество технологических задач:

- 1) Ликвидировать враждебные маршруты в горловинах головных пассажирских станций. Интервал прибытия-отправления поездов по враждебным маршрутам на тупиковых пассажирских станциях является главным элементом, лимитирующим пропускную способность всего пригородного участка. Из-за враждебностей по прибытии-отправлению и низкой скорости прибытия электропоездов на тупиковые пути межпоездной интервал (за некоторым исключением) не может быть менее 6 минут. При отказе от использования тупиковых путей межпоездной интервал будет определяться системами интервального регулирования (СИР) и может сократиться в 1,5-2 раза.

2) Отказаться от строительства дополнительных приемоотправочных путей на головных пассажирских станциях. Проблема дефицита пропускной способности приемоотправочных путей до сегодняшнего дня решалась путем увеличения их количества. При диаметральной технологии пропуска пригородных электропоездов через крупные пассажирские станции, потребность в дополнительных приемоотправочных путях на головных станциях отсутствует.

3) Устранить ограничения по скоростному режиму движения пригородных электропоездов по горловинам пассажирских станций, особенно при приеме на тупиковые перронные пути, скорость движения по которому установлена не более 20 км/ч, а за 50 м до упора – 5 км/ч. Сквозное движение пригородных электропоездов через головную станцию позволит сократить время в пути по центру агломерации до минимальных значений.

4) Интегрировать задачи комплексного развития пассажирских перевозок в пригородном, пригородно-городском и внутригородском сообщении. Выровнять нагрузки на городскую транспортную сеть, повысить её потенциал, повысить эффективность комплексных инвестиционных программ.

Модернизация системы интервального регулирования движения электропоездов на перегонах

При переходе на диаметральное движение и при ликвидации враждебных маршрутов на головных пассажирских станциях (и самих станций как технологического элемента пригородных перевозок), одним из основных ограничителей пропускной способности головных пригородных участков станут межпоездные интервалы движения пригородных электропоездов, следующих в «пакете» ГДП.

Существующая СИР движения поездов на перегоне – автоматическая блокировка – позволяет выдерживать межпоездной интервал при последовательном пропуске пригородных электропоездов не менее 4-5 минут (при необходимости пропуска грузовых поездов интервал увеличивается).

Существующие резервы по сокращению межпоездного интервала при автоблокировке незначительны и требуют привлечения больших инвестиций при непривлекательной фондоотдаче.

Внедрение и дальнейшее совершенствование работы бессветофорной автоблокировки с динамическими интервалами на головных пригородных участках, которая в настоящее время уже успешно используется на МЦК – автоматическая локомотивная сигнализация тональных рельсовых цепей (АЛСО), – позволит сократить интервалы движения поездов до 2,5-3 минут икратно увеличить пропускную способность инфраструктуры. Согласно заявлениям разработчика (АО «НИИАС»), система АЛСО на базе аппаратуры АБТЦ-МШ предназначена для реализации следующих задач:

- контроля занятости (в т.ч. целостности) и свободы рельсовых цепей;
- контроля проследования поезда;
- формирования и передачи информации о поездной ситуации по каналам автоматической локомотивной сигнализации и/или АЛС-ЕН, а также с помощью дублирующего цифрового радиоканала при его наличии;
- передача извещения в систему переездной сигнализации и контроль за её работой;
- взаимодействие с другими устройствами и системами СЦБ;
- автоматическая диагностика устройств системы с регистрацией отказов.

Выбор установленной скорости движения в системе АЛСО на основании информации о количестве свободных элементарных тональных рельсовых цепей перед поездом должен формироваться на основании индивидуальной прошивки модульных блоков АЛСО на электропоезде или локомотиве (рисунок 2.1), учитывающей динамические характеристики, установленные для его серии. При этом решение о выборе скорости должно формироваться на подвижном составе на основании полученной информации о количестве свободных элементарных рельсовых цепей (то есть коды АЛС несут

информацию не о допустимой скорости, а о расстоянии), а элементарные рельсовые цепи должны быть максимально короткими. Это позволит сократить интервалы движения до 1,5-2 минут.



Рисунок 2.1 – Принцип совершенствования работы АЛСТРЦ

2.2 Организация пригородно-городских железнодорожных перевозок в условиях смешанного движения на пригородных участках и выбор типа графика движения поездов

2.2.1 Основные мероприятия по повышению привлекательности пригородно-городских и внутригородских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом

Повышение качества организации пригородно-городских железнодорожных пассажирских перевозок в транспортных узлах крупных агломераций требует перехода на более высокий уровень интенсивности работы его железнодорожных участков, что требует существенных изменений в системе организации движения электропоездов.

Анализ работы пригородного комплекса крупных агломераций позволил сделать вывод, что перечень основных мероприятий и целевых параметров организации движения электропоездов по повышению привлекательности пригородно-городских и внутригородских перевозок, должен включать:

- минимизацию вариантов маршрутов электропоездов в пригородно-городской зоне (стандартизация расписания);
- установление интенсивности движения электропоездов на головных пригородных участках в пиковые периоды суток либо в соответствии с пассажиропотоком, но не более комфортного времени ожидания поезда;
- синхронизацию продолжительности пиковых периодов движения электропоездов в утренние и вечерние часы рабочих дней по головным пассажирским станциям участков с пиковыми периодами работы НГПТ и метрополитенов;
- единый принцип применения назначения остановок пригородных, пригородно-городских и внутригородских электропоездов по остановочным пунктам;
- применение тактовых ГДП, обеспечивающих установленные параметры качества работы транспортной системы;
- стабильность движения электропоездов в течение суток, отсутствие продолжительных интервалов между пригородно-городскими электропоездами;
- отказ от дневного технологического перерыва на головных участках пригородных направлений в границах обращения ПГЭП и внутригородских маршрутах;
- максимизацию использования возможностей организации диаметральных внутригородских маршрутов.

Внедрение тактовых расписаний движения электропоездов предусматривает в том числе стандартизацию интервалов между ними в различные характерные периоды суток: для пиковых периодов, для непиковых периодов и для периодов открытия и закрытия движения (ночных и утренних).

Для обслуживания пригородных железнодорожных участков и отдельных зон этих участков с различными густотами пассажиропотоков необходима дифференциация интервалов, то есть применение принципов зонного

пригородного движения. За пределами зоны обращения ПГЭП величина межпоездных интервалов обосновывается фактическими величинами густот пассажиропотоков на пригородных участках.

Как показали выполненные исследования величин пассажиропотоков, в крупных агломерациях пиковыми периодами в пригородном движении следует считать временной интервал рабочих дней (с расчётом по времени прибытия электропоездов на пассажирские станции головных вокзалов) с 7.00 до 9.30 и с 16.30 до 20.00 (с расчетом по времени отправления с вокзалов головных станций). Остальные периоды суток рабочих дней и все периоды выходных дней можно считать непиковыми. В пиковые периоды суток величина межпоездных интервалов в зоне обращения ПГЭП должна обеспечивать максимально комфортные для пассажиров условия проезда. С одной стороны, эти условия ограничиваются возможностями инфраструктуры (при недостатке провозной и пропускной способности), а с другой стороны – величиной комфортного интервала между поездами с точки зрения пассажира (при невысоких пассажиропотоках).

В непиковые периоды суток величина интервалов между электропоездами должна обеспечить комфортное время ожидания для пассажиров и требуемую провозную способность. Для маршрутов пригородно-городских перевозок на железнодорожном транспорте максимальная величина межпоездного интервала в непиковые периоды суток должна быть расчётной величиной. Периоды начала движения и окончания движения (с 5.00 до 6.00 и с 22.00 до 1.30) могут иметь более низкую интенсивность движения до 1,5 поездов в час.

Такт расписания движения пригородных электропоездов разрабатывается по принципам классического непараллельного зонного ГДП. Для каждого направления узла должен разрабатываться такт пикового периода и такт непикового периода. Период такта, как правило, составляет 1 час. На направлениях узла с тактовыми расписаниями поездов других категорий

(пригородных экспрессов, скоростных пассажирских поездов и др.) должен выстраиваться общий сводный такт, включающий в себя поезда всех категорий.

Один такт ГДП включает ПГЭП и пригородные электропоезда дальних зон различных маршрутов. Их число обосновывается существующими и прогнозными величинами пассажиропотока.

Принципы расположения электропоездов различных маршрутов внутри такта рассмотрим на примере железнодорожного участка Москва – Дмитров (Савёловское направление МТУ). Исходя из характера распределения пассажиропотока для дальнейших расчетов целесообразно выделить три принципиальные группы пассажиров:

Группа *a* – пассажиры осуществляющие поездку в пределах пригородно-городской зоны Москвы на маршруте МЦД-1. Характер прибытия пассажиров на головную станцию равномерный;

Группа *b* – пассажиры, осуществляющие поездку на среднем плече пригородной зоны (участок Лобня – Дмитров). Характер прибытия пассажиров на головную станцию носит частично детерминированный характер, пассажир учитывает расписание движения поездов при планировании своей поездки;

Группа *c* – пассажиры, осуществляющие поездку на относительно дальнее расстояние в пределах пригородного участка обращения электропоездов (далее г. Дмитрова). Характер прибытия на головную станцию носит детерминированный характер, пассажир планирует своё время под момент отправления поезда.

При дальнейших расчётах принимается, что пассажиры группы *b* и *c* прибывают на головную станцию равномерно в течение 15 минут перед отправлением нужного поезда. Предполагается, что соотношение пассажиров трёх групп за рассматриваемый период сопоставимо с суточным соотношением пассажиров.

Наиболее остро проблема нерационального расположения ниток графика движения поездов внутри принятого такта проявляется в периоды с наибольшим пассажиропотоком (час пик), поэтому в дальнейшем анализе будет рассматриваться пример на основе расписания образца 2021 года в вечерний час пик с 18:41 до 19:41.

Для расчета общего спроса на перевозку в рассматриваемый момент времени целесообразно привести рассматриваемые группы пассажиров к единому знаменателю, так группы пассажиров b и c в дальнейшем будут рассматриваться как доля группы a формула (2.1):

$$\sigma_{a,b,c} = \frac{P_{a,b,c}}{P_a} \quad (2.1)$$

где: $P_{a,b,c}$ – суточное число пассажиров назначений a , b , c соответственно, чел.

Относительная доля пассажиропотока в единичный интервал отправления в пределах такта определяется (2.2-2.3):

$$aI = \frac{\sigma_a}{m} \quad (2.2)$$

$$bI, cI = \frac{\sigma_{b,c}}{N_{b,c}} \quad (2.3)$$

где: $\sigma_{a,b,c}$ – доля пассажиров назначений a , b , c соответственно по отношению к зоне a ; m – число поездов, проходящих по рассматриваемому участку за час; $N_{b,c}$ – число поездов, следующих по соответствующим назначениям.

Свод результатов расчета рассмотренных величин приведен в таблице 2.1. Принимая значения прибытия пассажиров из таблицы 2.1 можно построить график накопления пассажиров на головной станции с учетом расписания движения поездов (рисунок 2.2). На рисунке указан расчет общей относительной доли пассажиропотока в момент отправления n_i , который определяется следующим образом:

$$\gamma_p^{n_i} = \varphi * aI + \varphi * bI + \varphi * cI \quad (2.4)$$

где: φ – количество интервалов накопления относительной доли пассажиропотока на момент отправления нитки рассматриваемой корреспонденции. Для aI оно равно количеству интервалов между отправления поездов, для bI и cI равно 1 в случае, если рассматриваемый поезд следует до нужной зоны и 0 если поезд следует до более ближних зон.

Таблица 2.1 – Анализ прибытия пассажиров на головную станцию

Рассматриваемые корреспонденции	Принимаемое суточное число пассажиров, чел $P_{a,b,c}$	Доля пассажиров по отношению к зоне a $\sigma_{a,b,c}$	Число поездов для рассматриваемых назначений в вечерний час пик $N_{a,b,c}$	Относительная доля пассажиропотока в единичный интервал отправления (aI , bI , cI)
Назначения a	27000	1	9	0,0833
Назначения b	12500	0,46	5	0,09
Назначения c	5500	0,20	2	0,10

С учётом того факта, что график движения поездов на рассматриваемом участке имеет строго тактовый вид и фиксированные межпоездные интервалы, равные 5 минутам, количество поездов в час равняется 12 парам. На схеме фактические и возможные моменты отправления поездов обозначим как n_i , за рассматриваемый период таких отправлений будет $m = 12$.

Анализ процесса накопления пассажиров на головных станциях показал, что в случае проследования специализированных электропоездов, таких как «Аэроэкспресс» (n_1 , n_7), или отсутствия отправлений электропоездов в рассматриваемый момент времени (n_9), на нитках n_2 , n_8 и n_{10} образуется своеобразная «волна» пассажиропотока, и спрос на проезд в электропоездах в указанных периодах времени значительно выше, чем на других поездах, следующих после указанных. Разница в населенности подвижного состава на момент отправления электропоезда на самых востребованных рейсах может более чем в 3 раза превышать населенность других рейсов. Для описания данного явления введем термин локальной временной эффективности провозной способности участка, рассматриваемой для различных категорий

пассажиров, который будет определяться как соотношение наличной и потребной провозной способности участка

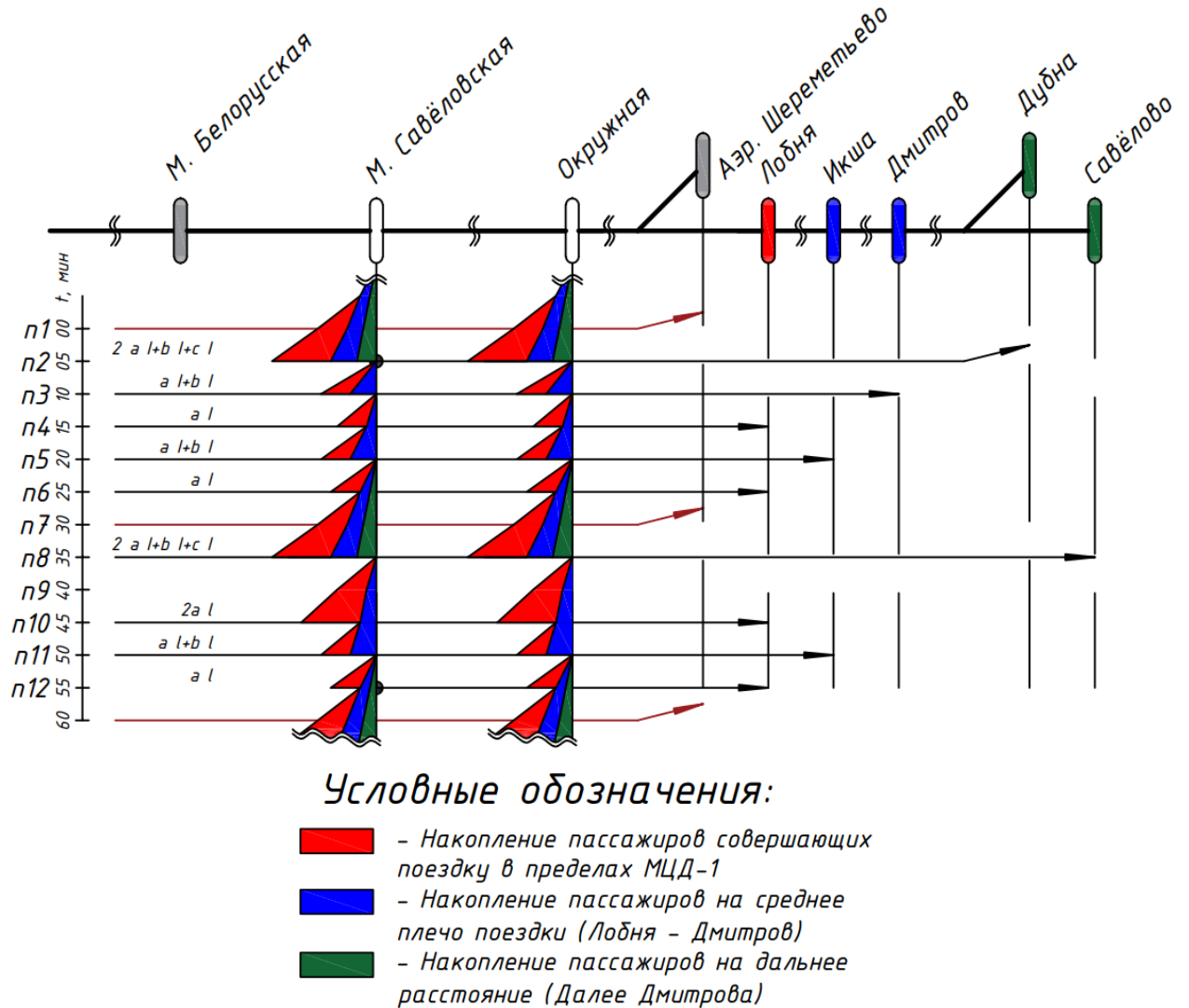


Рисунок 2.2 – Накопление пассажиропотока на головных станциях Савёловского направления при существующем расписании движения поездов в вечерний час пик

Провозная способность участка в свою очередь будет определяться используемым на данном назначении подвижным составом, компоновкой его салона, количеством вагонов и другими характеристиками. Локальная временная эффективность провозной способности носит переменный характер, и в общем случае описывается функцией:

$$\mu^{j,k}(n_i) = \frac{a_{\text{потреб}}^{j,k}}{a_{\text{наличн}}^{j,k}} \quad (2.5)$$

где $a_{\text{потреб}}^{j,k}$ – потребная емкость подвижного состава на момент его отправления от рассматриваемой станции для выбранной категории пассажиров; $a_{\text{наличн}}^{j,k}$ – наличная емкость подвижного состава на момент его отправления от рассматриваемой станции для выбранной категории пассажиров; j – рассматриваемая категория пассажиров различных корреспонденций или их совокупность; k – рассматриваемый отдельный пункт; n_i – порядковый номер нитки поезда в графике движения за рассматриваемый период $n_i \in [1; \frac{t_1 - t_0}{I}]$; t_1 – момент времени окончания рассматриваемого периода; t_0 – момент времени начала рассматриваемого периода; I – межпоездной интервал на рассматриваемом участке, ограниченный СИР или путевым развитием головных и оборотных станций.

Идеальное состояние системы будет достигаться в случае, если $\mu^{j,k}(n_i) = 1$, вне зависимости от станции отправления, станции назначения и времени отправления электропоезда. В реальных условиях эксплуатации данное состояние является недостижимым, однако имеется возможность сделать спрос на емкость подвижного состава, следующего маршрутами в пределах одного такта более равномерным.

Для сглаживания спроса на емкость подвижного состава без изменения размеров движения или проведения капиталоемких инвестиционных мероприятий предлагается провести организационные мероприятия по корректировке положений ниток графика поездов в пределах рассматриваемого периода времени. Корректировка будет производиться по следующему алгоритму:

- 1) Определение узких мест графика с наибольшей неравномерностью спроса на перевозку между рейсами электропоездов;
- 2) Определение преобладающей доли пассажиров в указанных моментах отправления (в рассматриваемом примере, во всех случаях большинство пассажиров «волны» следует назначениями в зоне а);

3) Назначение после перерыва в отправлении электропоездов, вызванного проследованием поезда специализированного сервиса или отсутствия отправлений, поезда назначением до ближайшей зонной станции, являющейся границей преломления пассажиропотока (в рассматриваемом примере это станция окончания диаметального сообщения МЦД-1 станция Лобня) для обеспечения вывоза пассажиров категории а;

4) Прокладка ниток графика ближней зоны таким образом, чтобы обеспечивался единый такт следования поездов (при корректировке графика (рисунок 2.3) возможно установление такта следования поездов назначением Москва – Лобня составляющего 15 минут, в существующем графике такт поездов ближних зон отсутствует);

5) Заполнение оставшихся слотов графика поездами назначений средних и дальних зон с приоритетным пропуском поездов средних зон.

Результаты прогнозирования работы направления при корректировке графика движения в соответствии с указанными принципами приведены на рисунке 2.4. В качестве ограничений при прогнозировании работы участка принимается:

1) Неизменность густоты пассажиропотока в рассматриваемый период и структуры пассажиров, следующих до различных зон;

2) Неизменность такта и положения ниток «Аэроэкспрессов»;

3) Неизменность числа ниток, следующих по соответствующим назначениям;

4) Сохранение 1 неиспользуемого слота графика.

При корректировке графика был достигнут эффект, выраженный в сглаживании спроса на проезд в электропоездах, отправляющихся в рассматриваемый период времени. Для целочисленной оценки полученных эффектов необходимо определить долю часового пассажиропотока, приходящегося на каждое отправление. Приведенную долю пассажиропотока в момент отправления n_i определим по формуле (2.6):

$$\beta_p^{n_i} = \frac{\gamma_p^{n_i}}{\sum_{n_i}^m \gamma_p^{n_i}} \quad (2.6)$$

где $\gamma_p^{n_i}$ – относительная доля пассажиропотока в момент отправления n_i к выбранной группе пассажиров; $\sum_{n_i}^m \alpha_p^{n_i}$ – сумма долей пассажиров за рассматриваемый период; m – количество ниток графика за рассматриваемый период.

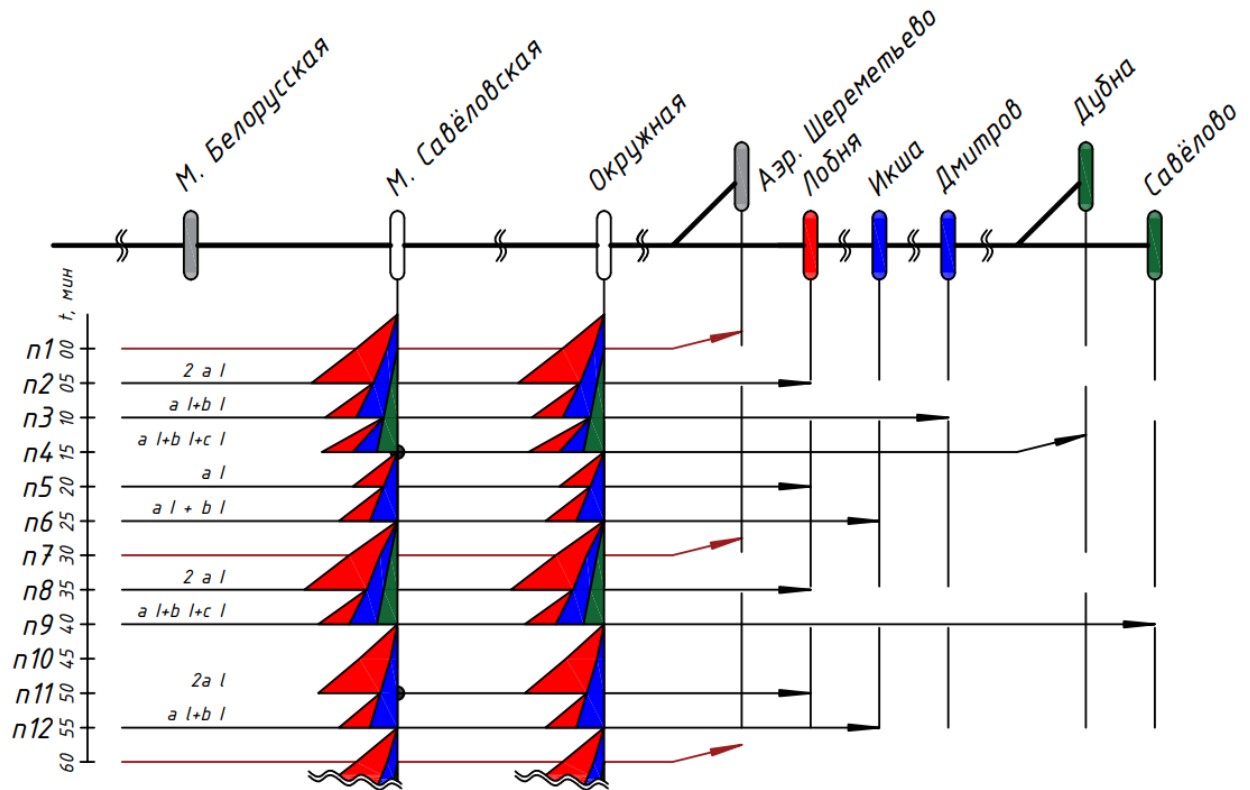


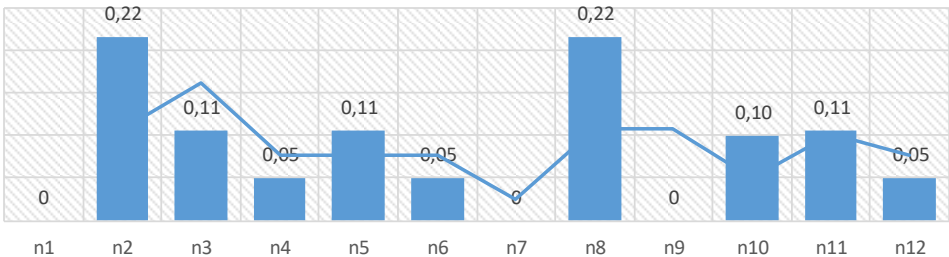
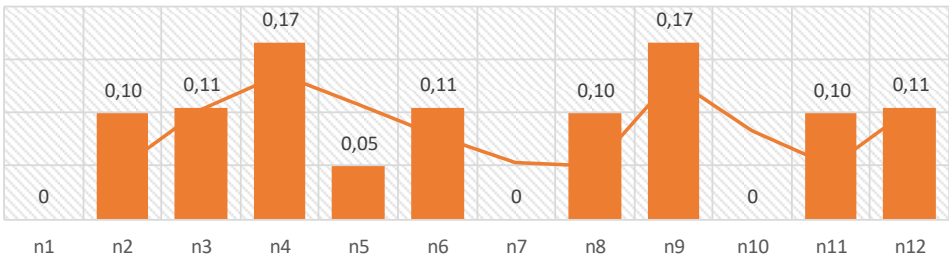
Рисунок 2.3 – Накопление пассажиропотока на головных станциях Савёловского направления при предлагаемом расписании движения поездов в вечерний час пик.

Результаты прогнозирования работы участка при существующем и скорректированным графиком движения поездов, с определением приведенной доли пассажиропотока указаны в таблице 2.2. При существующем графике движения поездов предельная загрузка подвижного состава в вечерний час пик составляет 22% от часового пассажиропотока, и приходится на дальнепригородные поезда n2 и n8 в соответствии с рисунком 2.2. После прохождения крупных станций погашения пассажиропотока при

следовании до станции Лобня загрузка данных электропоездов будет сокращаться, и после зонной станции Лобня электропоезд будет следовать с избыточной провозной способностью. Амплитуда локального спроса на перевозку составляет 17% от часового пассажиропотока. В предлагаемом варианте взаимного расположения ниток графика предельная загрузка подвижного состава составляет 17% от часового пассажиропотока, п4 и п9 в соответствии с рисунком 2.3, при этом загрузка всех электропоездов становится более равномерной. Амплитуда локального спроса на перевозку составляет 12% от часового пассажиропотока. Загрузка состава при этом стала более равномерной, о чем свидетельствуют значения приведенной доли пассажиропотока, приходящейся на 1 состав.

Уменьшение загрузки электропоездов дальних и средних зон улучшит качество сообщения для пассажиров как данных назначений, так и пассажиров ближних зон, которые будут следовать на диаметральных электропоездах, что сделает железнодорожный транспорт в целом более привлекательным и конкурентоспособным.

Таблица 2.4 – Результаты прогнозирования загрузки подвижного состава

Рассматриваемая характеристика	Существующее положение												Всего
													
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	
Относительная доля пассажиропотока в вечерний час пик	-	0,3611	0,1759	0,0833	0,1759	0,0833	-	0,3611	-	0,1667	0,1759	0,0833	1,666667
Приведенная доля пассажиропотока в вечерний час пик	-	0,22	0,11	0,05	0,11	0,05	-	0,22	-	0,10	0,11	0,05	1
Назначения а	-	2	1	1	1	1	-	2	-	2	1	1	12
Назначения b	-	1	1	0	1	0	-	1	-	0	1	0	5
Назначения с	-	1	0	0	0	0	-	1	-	0	0	0	2
Рассматриваемая характеристика	Моделируемый вариант												Всего
													
	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11	n12	
Относительная доля пассажиропотока в вечерний час пик	-	0,1667	0,1759	0,2778	0,0833	0,1759	-	0,1667	0,2778	-	0,1667	0,1759	1,666667
Приведенная доля пассажиропотока в вечерний час пик	-	0,10	0,11	0,17	0,05	0,11	-	0,10	0,17	-	0,10	0,11	1
Назначения а	-	2	1	1	1	1	-	2	1	-	2	1	12
Назначения b	-	0	1	1	0	1	-	0	1	-	0	1	5
Назначения с	-	0	0	1	0	0	-	0	1	-	0	0	2

2.2.2 Повышение приоритетности движения электропоездов пригородного сообщения по сравнению с другими пассажирскими поездами

Более высокий приоритет пропуска пассажирских поездов дальнего следования над поездами пригородного сообщения, определённый в [68,147] создает на головных пригородных участках крупных транспортных узлов значительные проблемы рационализации общей схемы движения. При построении ГДП на пригородных направлениях крупных агломераций, инженеры-графисты руководствуются теми же принципами прокладки поездов, что и на других участках сети железных дорог, где движение пригородных электропоездов менее интенсивное. Для пропуска пассажирского или скоростного поезда с установленной для них скоростью, пригородные электропоезда ставятся под обгон, переносятся на менее востребованное время или отменяются.

На рисунке 2.5 представлен пример плотного непараллельного ГДП, в котором движение поездов разделено минимальным межпоездным интервалом – интервалом автоблокировки. Высокий приоритет пропуска пассажирских поездов перед пригородными, а также более высокая установленная ходовая скорость приводят к «съему» дополнительных ниток в ГДП пригородного движения, что существенно снижает пропускную способность участка. На участках протяженностью до 25 км разница времен хода пригородного и пассажирского поезда может составлять до 15 минут, на расстояниях до 45 км – до 30 минут. Интервал между пригородными электропоездами при пропуске пассажирского поезда составит:

$$I_{\text{факт}} = 2I + \Delta t \quad (2.7)$$

где I – межпоездной интервал на участке, мин; Δt – разница времен хода пригородного и пассажирского поезда, мин.

пригородными электропоездами не должен превышать комфортной величины (не более 15 минут).

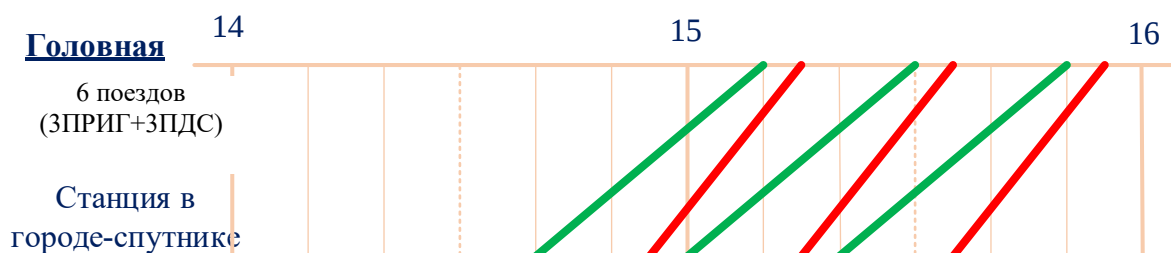


Рисунок 2.7 – Неплотный непараллельный ГДП

Наибольшую пассажиронапряженность имеют головные пригородные участки, ограничиваемые станциями, располагаемыми в крупных городах-спутниках, на которых зарождается значительный пассажиропоток. Для большого количества электропоездов спутниковой зоны эти зонные станции являются конечными, образуя зонный ГДП движения пригородных электропоездов. Другие крупные пассажирообразующие населенные пункты, более удаленные от центральной части агломерации, имеющие станции с достаточным путевым развитием, могут также образовывать пригородные зоны (с зонными станциями) с существенным числом конечных пригородных поездов. На рисунках 2.8 и 2.9 приведены примеры плотных зонных ГДП с пропуском пассажирских поездов дальнего следования.

Пропуск пассажирских поездов дальнего следования с высокой скоростью (рисунок 2.8 и 2.9) поглощает пропускную способность участка на пропуск 4-х и более пригородных электропоездов. Перерывы в движения электропоездов дальних зон вырастают до 40 минут и более, что приводит к существенному снижению качества пригородного сообщения и его привлекательности для пассажира.

Для обеспечения высокой скорости движения пассажирских поездов дальнего следования могут организовываться обгоны пригородных электропоездов пассажирскими на зонных и других попутных станциях. В этом случае увеличивается время в пути пригородного электропоезда из-за стоянки под обгоном.

$$t_{обз}^{min} = I_{приб} + I_{отпр} \approx 2I \quad (2.8)$$

где $I_{приб}$ и $I_{отпр}$ – интервалы прибытия и отправления на станцию, мин.

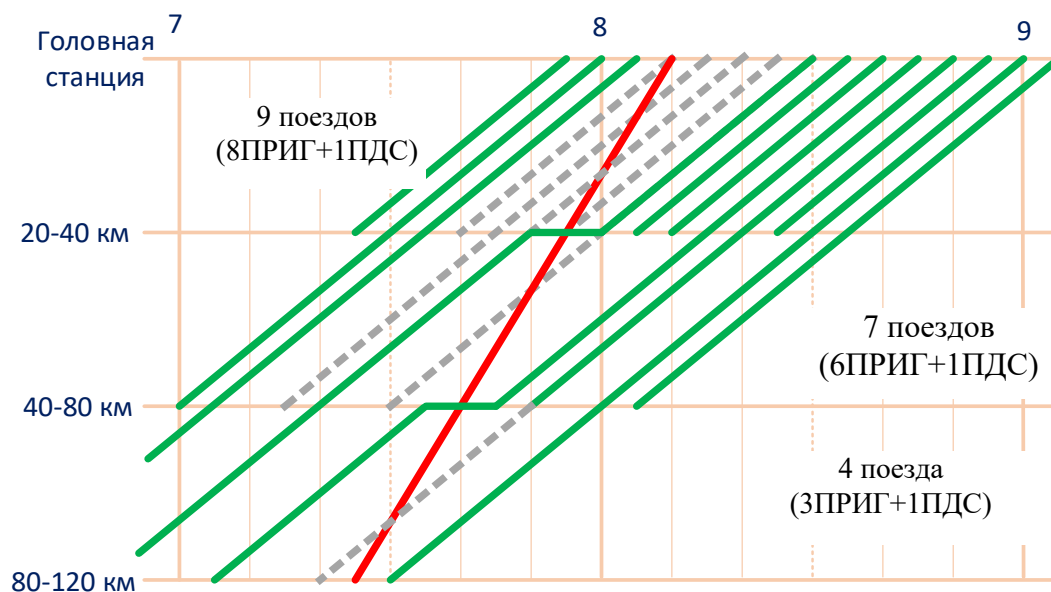


Рисунок 2.8 – Зонный плотный непараллельный ГДП с обгонами пригородных электропоездов

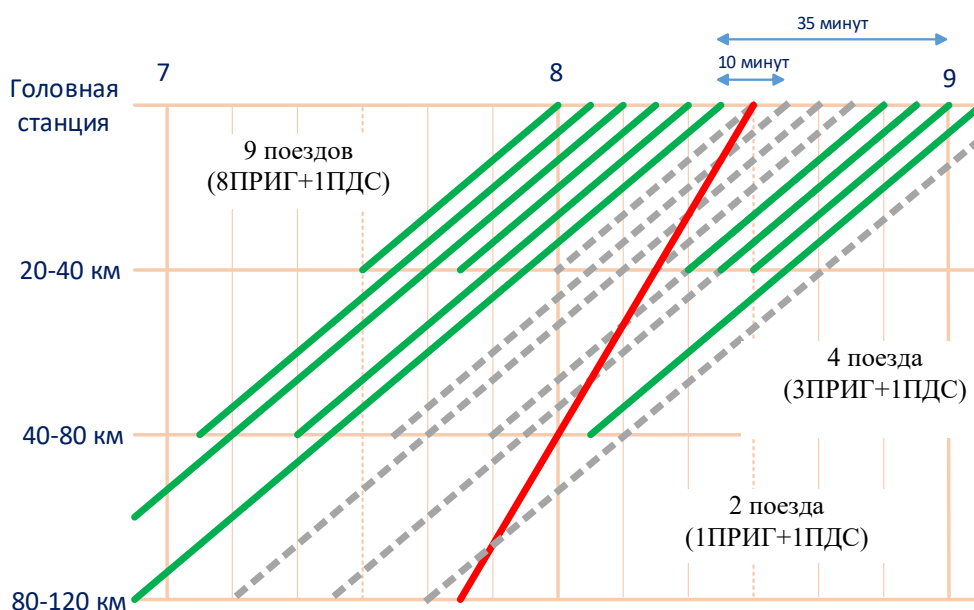


Рисунок 2.9 – Зонный плотный непараллельный ГДП без обгонов пригородных поездов

На рисунке 2.10 приведен вариант пропуска поездов на минимальном интервале – скорость пассажирского поезда снижается до скорости пригородных электропоездов на головном пригородном участке. В ближней пригородной зоне до головного участка ходовая скорость пассажирского поезда дальнего следования выше скорости пригородного электропоезда.

Применение такого ГДП снимает только одну нитку пригородного электропоезда дальней зоны.

Применение зонного неплотного ГДП (рисунок 2.11) позволяет прокладывать ПДС на ходовой скорости до головного участка, а на головном участке их скорость снижается. При этом съём ниток пригородных электропоездов минимален.

На головных участках четырёхпутных линий ПДС могут следовать с установленной ходовой скоростью. В этом случае одна пара путей выделяется под пригородное сообщение (преимущественно электропоезда ближних зон следуют со всеми остановками), другая пара – для всех остальных категорий поездов; фактический съём пригородных электропоездов на участке отсутствует. Пример ГДП на четырёхпутной линии представлен на рисунке 2.12.

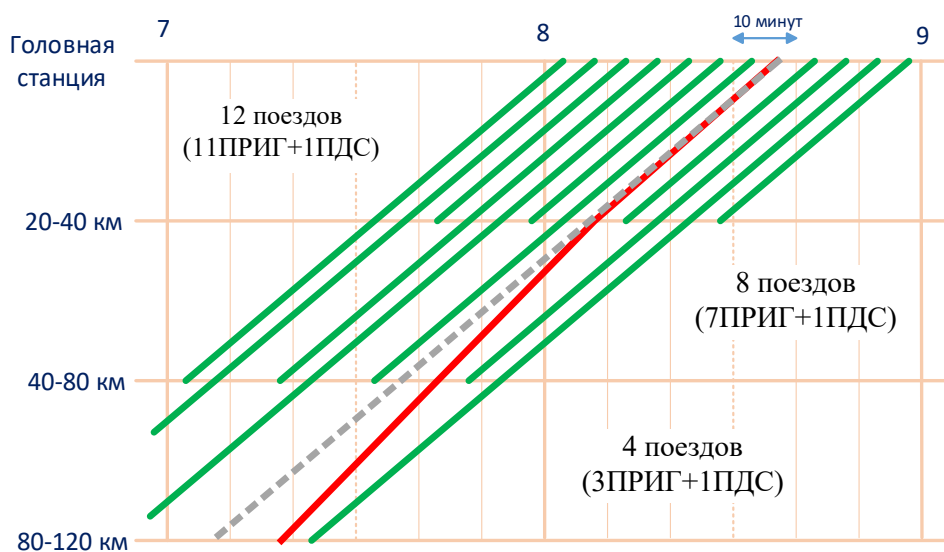


Рисунок 2.10 – Зонный плотный параллельный ГДП

Применение параллельного ГДП в «пиковые» периоды и регулировка ходовой скорости ПДС, компромиссные решения по приоритетности пропуска электропоездов и ПДС, позволяют значительно интенсифицировать пригородные перевозки, улучшить качество расписания, повысить эффективность использования инфраструктуры. На рисунке 2.13 можно видеть, что ПДС, в том числе скоростные региональные поезда, снимают в

«пиковое» время одну нитку вместо пяти, а в «непиковое» время сьем отсутствует.

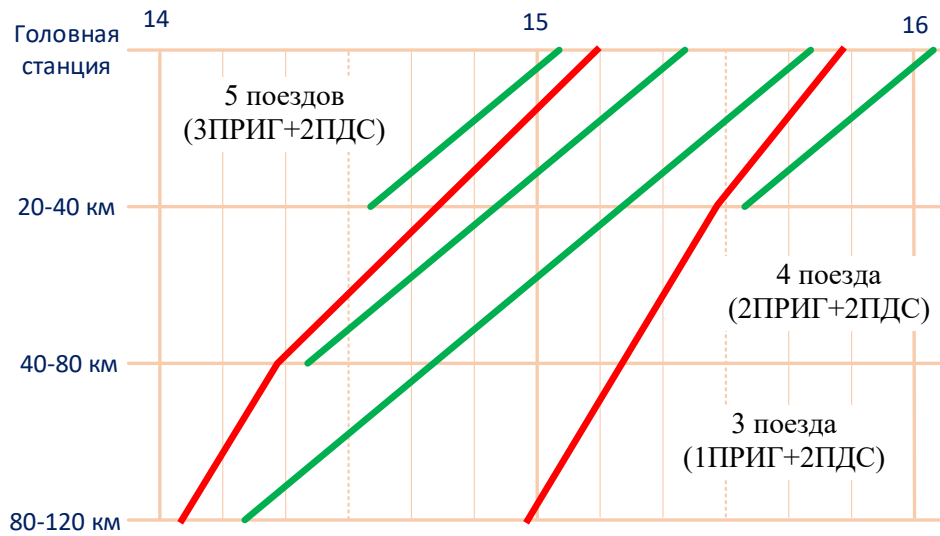


Рисунок 2.11 – Зонный неплотный непараллельный ГДП

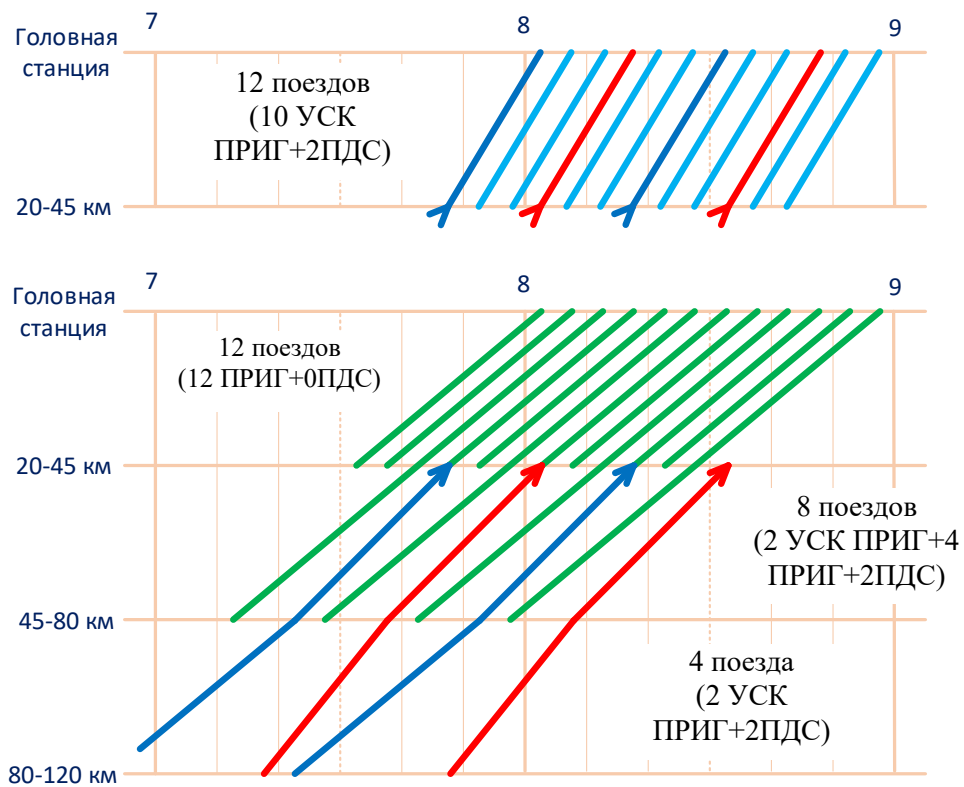


Рисунок 2.12 – Зонный плотный параллельный ГДП на четырехпутной линии

При межпоездном интервале $I = 5$ мин пропускная способность двухпутного перегона при параллельном ГДП составляет $N = 60 / I = 12$ пар поездов в час всех категорий. Отсутствие локального управления

приоритетностью пропуска, выбора ходовой скорости, уменьшает возможности этой линии до 7 пар поездов в час (более чем на 40%).

Скорость движения грузовых поездов примерно соответствует скорости пригородных электропоездов, следующими со всеми остановками, поэтому съём ниток пригородных электропоездов сопоставим с размерами грузового движения. Основные размеры грузового движения приходятся на ж.-д. участки, расположенные с внешней стороны от грузовых обходов. На участки центральных зон крупных транспортных узлов, как правило, вводятся только местные вагонопотоки для грузовых станций центральной части узла.

Для обеспечения ритмичности работы сортировочных и грузовых станций грузовые поезда должны пропускаться максимально равномерно в течение суток, поэтому на многопутных участках рекомендуется сохранять нитки грузовых поездов в том числе и в «пиковое» время суток.

На многопутных (в первую очередь на четырёхпутных) линиях целесообразно полное разделение по видам движения. Одну пару главных путей нужно использовать для пропуска ближнепригородных поездов в режиме «со всеми остановками», вторую – для поездов всех остальных категорий. Такая технология частично на практике реализована только на 4-путных участках Москва – Раменское и Москва – Крюково. Полной реализации этой технологии нет ввиду того, что часть пригородных электропоездов дальних зон пропускается по той же паре главных путей, что и ближнепригородные.

В МТУ на 5-путном участке Москва – Мытищи Ярославского направления пропуск ближнепригородных электропоездов из-за большого их количества производят также по 3-4 главным путям помимо 1-ого и 2-ого.

Среди различных категорий поездов (грузовые, пассажирские, скоростные пассажирские, ускоренные пригородные) вопреки установившемуся мнению, наименее конфликтны по отношению к пригородным электропоездам и ПГЭП именно грузовые.

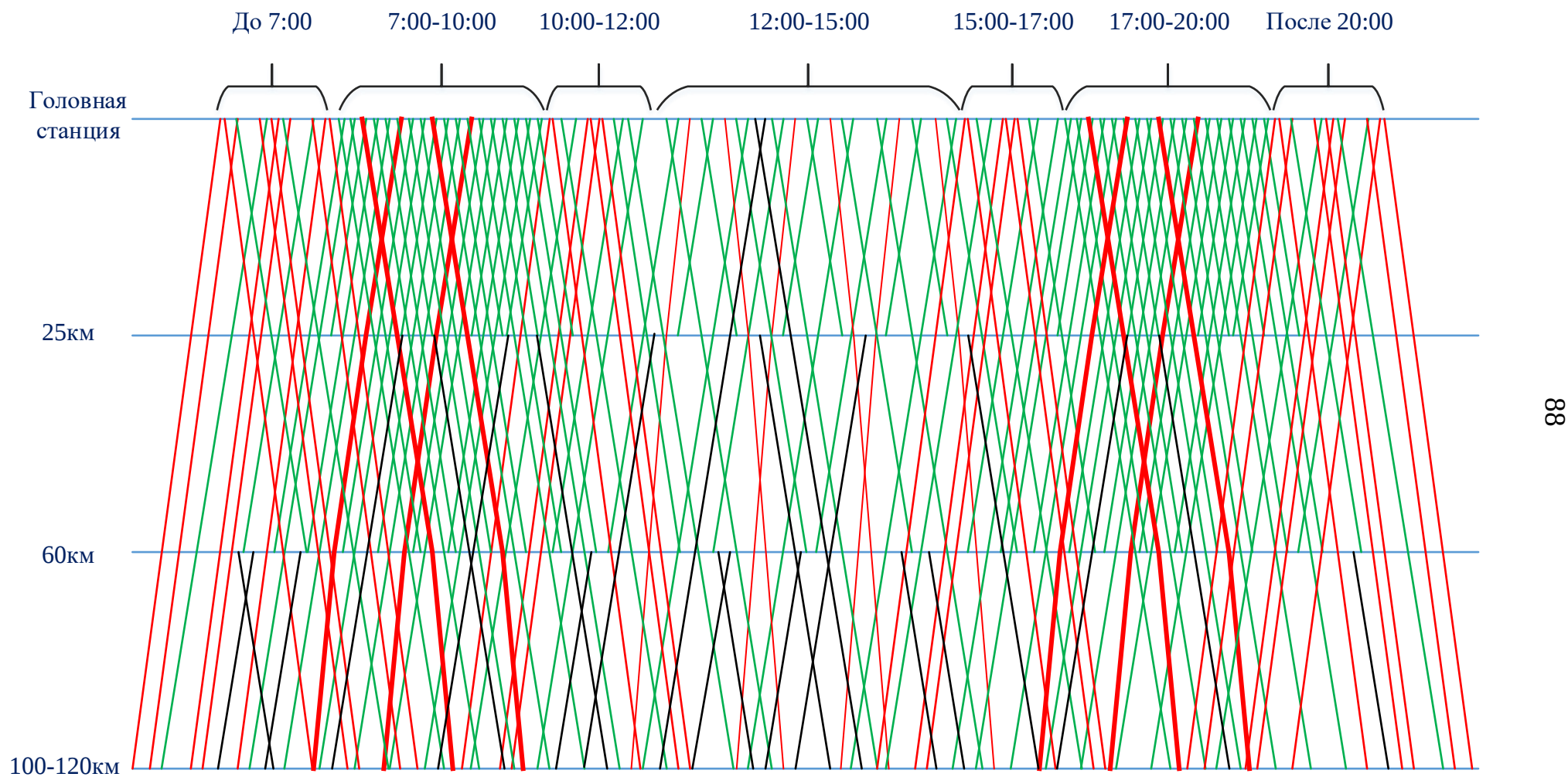


Рисунок 2.13 – Концептуальный ГДП движения поездов при равной приоритетности пригородных электропоездов и ПДС

Пассажирские поезда дальнего следования также не оказывают серьёзного влияния на качество ГДП пригородных электропоездов, поскольку их прибытие в крупные города приходится, в основном, на утренний непииковый период (до 6.30 и после 9.30), а отправление - на поздневечерний период (после 21.00) когда интенсивность движения пригородных электропоездов значительно снижается.

Наиболее уязвимы и конфликтны по отношению к расписанию движения пригородных электропоездов скоростные пассажирские поезда и пригородные электропоезда-экспрессы, поскольку их «нитки» прокладываются в том числе и в часы «пик». В этой связи вплоть до сооружения дополнительных главных путей в целях форсирования пропускной способности следует рекомендовать непопулярные, но необходимые мероприятия:

- скоростные поезда дальнего следования замедлять в пределах головных участков до времени хода, равного времени хода пригородных электропоездов, следующих в режиме остановок «по всем пунктам» и сокращения станционных интервалов до величины межпоездного интервала (в настоящее время, согласно действующим инструкциям ОАО «РЖД» скоростному поезду готовится маршрут за 10 минут вне зависимости от того, с какой скоростью он следует по перегону);

- региональные и дальнепригородные электропоезда-экспрессы пропускать в ближнепригородных зонах в режиме остановок «по всем пунктам».

2.2.3 Организация местной грузовой работы на станциях с интенсивным пригородным и пригородно-городским движением

Организация интенсивного движения ПГЭП существенно затрудняет обработку местного грузового вагонопотока на железнодорожных участках. Выполнение грузовых и прочих операций, связанных с ними (отцепка-прицепка вагонов от местных грузовых поездов, подача-уборка для

выполнения грузовых операций) ограничена. Грузовые поезда ввиду большей массы и длины, величины тормозного пути и разгонно-тормозных характеристик занимают в ГДП больше места, чем пригородные. Кроме того, при приёме-отправлении грузовых поездов с пересечением главных путей требуется увеличение станционных интервалов, требующее увеличенного межпоездного интервала на пересекаемых главных путях. При производстве маневровой работы, связанной с подачей – уборкой вагонов, также зачастую возникает необходимость в пересечении главных путей. Кроме того, на многих станциях для осуществления маневровой работы отсутствуют, либо имеют недостаточную длину вытяжные пути, так что для перестановки и подборки вагонов требуется использовать главные пути, иногда даже с выездом за границы станции. При моделировании перечисленных операций с целью принятия решений по минимизации влияния на пропуск ПГЭП требуется производить расчёт их продолжительности.

При текущих весовых нормах поездов и СИР, интервал между двумя последовательными пригородными электропоездами для пропуска между ними грузового поезда должен составлять не менее 15 мин, а при приёме грузового поезда на приёмо-отправочный путь с пересечением главного пути, интервал между последовательно следующими поездами на пересекаемом главном пути должен быть не менее 8 мин.

В условиях, когда пропуск ПГЭП регламентируется необходимостью выдерживания определённого такта расписания, основными мероприятиями, направленными на снижение негативных последствий совмещённого движения, являются:

- перенос местных грузовых поездов за пределы периодов интенсивного пропуска ПГЭП и переход на «жёсткое» расписание пропуска грузовых поездов;
- отказ от маневровой работы по перестановке вагонов с пересечением главных путей в периоды интенсивного движения ПГЭП с переводом этих операций на другие периоды суток;

- выбор тактового интервала для движения ПГЭП, соответствующего максимальной продолжительности выполнения маневровых операций с пересечением главных путей;

- для станций, где перестановка вагонов осуществляется с пересечением обоих главных путей целесообразна синхронизация по времени пропуска чётных и нечётных пригородных электропоездов.

При формировании полигона ПГЭП в МТУ характерным примером всех случаев враждебных маршрутов пропуска транзитного грузового поездопотока и местных передвижений является работа станции Гривно. Детализация технологии работы станции в условиях пропуска ПГЭП приведена в Приложении Б.

2.3 Соединение двух железнодорожных участков узла с различным тактом графика движения электропоездов в диаметральный маршрут

Формирование маршрутной сети обращения ПГЭП связано с необходимостью интеграции работы различных железнодорожных участков между собой. Соединение ранее независимых железнодорожных участков в единый пассажирский маршрут требует «увязки» ниток движения поездов в ГДП между обоими участками. Данное действие не представляет сложности если соединяются два пригородных участка со схожими технологическими параметрами: межпоездной интервал, размеры движения электропоездов, режим их движения в течение суток. Однако, различия в местных условиях работы каждого из участков приводят к тому, что даже в пределах одной агломерации и/или транспортного узла существуют пригородные участки с существенно различающимся техническим оснащением и интенсивностью движения электропоездов.

Для определения технологических особенностей продвижения подвижного состава по диаметральному участку и определения наиболее эффективного режима движения введем классификацию участков, в условиях организации диаметального сообщения на направлениях $(A - a_{\text{п}})$ и $(B - b_{\text{п}})$, где A, B – условные внешние границы формируемого диаметального сообщения, а $a_{\text{п}}$ и $b_{\text{п}}$ – внутренние границы эксплуатируемого радиального сообщения. В предлагаемой классификации на формируемом диаметральном сообщении, выделяются следующие участки:

а) **Участок перехода** $(a_{\text{п}} - b_{\text{п}})$ – участок, состоящий из одного или нескольких перегонов между станциями изменения режима движения (изменения технического оснащения, интенсивности движения);

б) **Центральный участок** $(a_{\text{ц}} - b_{\text{ц}})$ – участок, границами которого являются станции, на которых фиксируется или прогнозируется максимальная плотность пассажиропотока каждого из радиальных участков, в пределах которого необходимо предусмотреть технологические операции для перехода поезда с одного межпоездного интервала на другой;

в) **Радиальный участок** $(A - a_{\text{п}}) \cup (B - b_{\text{п}})$ – участок, на котором осуществляется классическое радиальное сообщение от станции перехода (крупной пассажирской станции) до рассматриваемых условных границ формируемого диаметра;

г) **Внешнее технологическое плечо** $(A - a_{\text{нт}}) \cup (B - b_{\text{нт}})$ – участки, расположенные за пределами устанавливаемых условных границ диаметра, используемые для организации технических рейсов (засыльных) до станций $a_{\text{нт}}$ или $b_{\text{нт}}$, обладающих емкостями отстоя электропоездов преимущественно в ночной, а в некоторых случаях, в дневной межпиковый период;

д) **Диаметральный участок** $(A - B)$ – участок, в непосредственных пределах которого, планируется обращение электропоездов в установленных условных границах.

Графическое изображение классификации участков приведено на рисунке 2.14.



Рисунок 2.14 – Классификация участков на диаметральном направлении.

Соединение «ниток» пригородно-городских поездов в ГДП диаметального маршрута происходит на центральном участке маршрута. Именно на данном участке происходит изменение технологических параметров пропуска поездов и возникает задача поиска наиболее эффективного режима движения поездов. На рисунке 2.15 представлен фрагмента ГДП движения поездов диаметального маршрута на участке перехода между станциями $a_п$ и $b_п$.

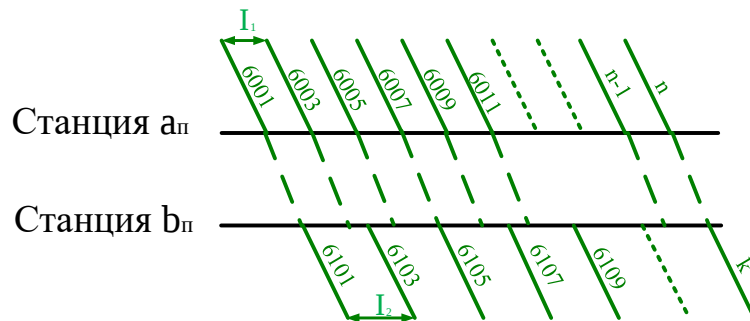


Рисунок 2.15 – Соединение ГДП движения электропоездов двух радиальных участков в диаметральный маршрут.

На радиальном участке ($A - a_ц$) принят межпоездной интервал I_1 , а интенсивность движения поездов в час составляет $\frac{60}{I_1}$. На радиальном участке ($B - b_ц$) межпоездной интервал имеет большее значение I_2 , а значит и количество поездов в час $\frac{60}{I_2}$ на этом участке меньше. Для обоих участков также

задан шаг ГДП i , обозначающий точность разработки ГДП. Как правило на магистральных железнодорожных линиях дорогах это 1 минута, на линиях с интенсивным пригородным движением это 30 секунд, а в метрополитенах - 10 секунд.

Задача соединения двух радиальных маршрутов в диаметр должна решаться путём увязки электропоездов из множества $A_{пп}\{6001, 6003, \dots, n\}$ с электропоездами из множества $B_{пп}\{6101, 6103, \dots, k\}$.

При увязке радиальных маршрутов в диаметр в зависимости от интенсивности поездопотока возможны следующие варианты стыковки.

1) $|A_{пп}| \equiv |B_{пп}|$ – когда количество электропоездов, проследующих станции перехода на радиальных участках A и B , за рассматриваемый промежуток времени одинаково. Возникает при одинаковом оснащении железнодорожной линии на радиальных направлениях, обеспечивающих равный возможный межпоездной интервал и сопоставимую густоту пассажиропотока. В этом случае дополнительные мощности для размещения, отстоя или оборота поездов (n_o) на границе радиусов не требуются.

2) $|A_{пп}| > |B_{пп}|$; $|A_{пп}| \nmid |B_{пп}|$ – когда на радиальном участке A наблюдаются или прогнозируются большие размеры движения, чем на радиальном участке B , при этом величины поездопотоков не обладают выраженной кратностью по отношению друг к другу. В этом случае возникает некоторое количество электропоездов $n_o = n(A_{пп}) - n(B_{пп})$, которые не следуют на радиальный участок B , и которые должны закончить свой маршрут на участке перехода $a_{пп} - b_{пп}$, совершить оперативный оборот или должны быть отправлены на межпиковый отстой.

3) $|A_{пп}| < |B_{пп}|$; $|A_{пп}| \nmid |B_{пп}|$ – когда на радиальном участке B наблюдаются или прогнозируются большие размеры движения, чем на радиальном участке A , при этом значения величины поездопотоков не обладают выраженной кратностью по отношению друг к другу. В этом случае

потребное число электропоездов, направляемых на межпиковый отстой или оперативный оборот определяется как $n_o = n(B_{пп}) - n(A_{пп})$.

4) $|A_{пп}| > |B_{пп}|$; $|A_{пп}| \mid |B_{пп}|$ – когда на радиальном участке A наблюдаются или прогнозируются большие размеры движения, чем на радиальном участке B , при этом значения величины поездопотоков обладают кратностью $k_{пп}$ по отношению друг к другу. В этом случае на участке перехода, количество поездов $n_o = n(A_{пп})/k_{пп}$.

5) $|A_{пп}| < |B_{пп}|$; $|A_{пп}| \mid |B_{пп}|$ – когда на радиальном участке B наблюдаются или прогнозируются большие размеры движения, чем на радиальном участке A , при этом значения величины поездопотоков обладают кратностью $k_{пп}$ по отношению друг к другу. В этом случае на участке перехода, количество электропоездов $n_o = n(B_{пп})/k_{пп}$.

При любом указанном выше случае увязки радиальных направлений для решения задачи организации оборота или выбора мест отстоя электропоездов не имеет значения, какими маршрутами следуют электропоезда обоих множеств, так как расположение электропоездов различных маршрутов внутри такта в обоих ГДП может быть скорректировано на следующих этапах организации движения.

Ввиду того, что интервалы между электропоездами являются неизменными, так как установлены исходя из обеспечения такта ГДП движения поездов, то при соединении электропоездов множеств $|A_{пп}|$ и $|B_{пп}|$, то не получается пропустить все диаметрально поезда без изменения скорости проследования. Часть поездов должна быть проложена с увеличением времени в пути, то есть нитки ГДП должны быть «затянуты» на величину от 0 до $(I_2 - I_1)$, мин.

Общее необходимое время замедления для каждой нитки ГДП $\sum t_{min}$ можно определить путём перебора конечного количества вариантов (2.12).

$$\sum t_{min} = \sum (t_k^b - t_n^a), \quad (2.9)$$

где: t_k^b и t_n^a соответственно времена проследования станций a_n и b_n поездами n и k , мин.

Процесс перебора является итерационным. Число итераций определяется как число возможных шагов ГДП i_1 в интервале между поездами I_1 множества A , то есть $\frac{I_1}{i_1}$. Таким образом, сдвигая времена проследования станции a у электропоездов множества A на i_1 , и рассчитывая сумму времён нахождения всех поездов на участке $(a_{ц} - b_{ц})$ определяется наиболее эффективный вариант.

После выбора эффективного варианта соединения ниток ГДП на радиальных направлениях в диаметральные маршруты возникает задача определения способа добавления времени хода электропоездам на центральном участке $(a_{ц} - b_{ц})$ для окончательного соединения «ниток» ГДП двух радиальных направлений. Диаметральные электропоезда получают прибавку времени хода в диапазоне от 0 до i_1 . Рассмотрим следующие варианты замедления следования электропоездов.

1) Замедление проследования участков составами электропоездов посредством увеличения времени стоянки на станциях с наибольшим пассажиропотоком. При этом продолжительность увеличения стоянки должна быть кратна i , исходя из общего потребного времени замедления состава и характеристик радиального направления выбирается расположение и количество станций с увеличенным временем стоянки на центральном участке $(a_{ц} - b_{ц})$. При выборе данного варианта организации движения на центральном участке критерием эффективности будет общее время пассажирочасов в движении, которое должно стремиться к минимуму ($\sum A_{\text{пасс}} t \rightarrow \min$).

2) Замедление проследования участков составами электропоездов посредством увеличения времени проследования ими перегонов $(a_{ц} - b_{ц})$. В этом случае при уменьшении максимальной скорости движения или уменьшения ускорения разгона или замедления расходуется меньше

электроэнергии сокращаются расходы на проследования электропоездом центрального участка. В этом случае критерием эффективности будет являться минимизация расходов на проследование поездом участка, которые должны стремиться к минимуму ($\sum \Delta \rightarrow \min$).

3) Замедление проследования посредством увеличения времени стоянки на конечных радиальных станциях $a_{\text{п}}$ и $b_{\text{п}}$. Критерием эффективности организации в этом случае будет число поездочасов нахождения на радиальных участках, которое должно стремиться к минимуму ($\sum Nt \rightarrow \min$);

4) Комбинированный способ замедления проследования производится на основе многофакторного анализа критериев, указанных в пунктах 1-3, распределение времени может производиться как за счет увеличения времени стоянки на станциях, так и за счет увеличения времени проследования перегонов.

2.4 Методы сокращения и ликвидации дневных технологических перерывов в движении пригородных электропоездов

Технологическое окно — время, в течение которого прекращается движение поездов по перегону, отдельным железнодорожным путям перегона или железнодорожной станции для производства ремонтно-восстановительных работ. Время проведения технологического окна зависит от сложности и объемов работ, а количество «окон» устанавливается в зависимости от износа инфраструктуры. Как правило, технологические окна назначаются несколько раз в год, и время их проведения колеблется от 4 часов до нескольких суток. Проведение столь продолжительных перерывов в движении поездов — объективная необходимость, характерная для всех видов транспортной инфраструктуры.

Технологический перерыв в движении – это время, в течение которого проводится текущий ремонт и обслуживание железнодорожной инфраструктуры, а также обеспечиваются резервы в ГДП для восстановления движения всех категорий поездов по расписанию при сбоях в движении. Существующие ГДП предусматривают ежедневные технологические перерывы на головных пригородных участках в светлое время суток – от окончания утреннего часа «пик» до начала вечернего часа «пик», что обеспечивает минимальные эксплуатационные расходы на проведение работ. В выходные дни технологические перерывы как правило не предусматриваются. Продолжительность технологического перерыва на двупутных и многопутных линиях составляет $90 \div 120$. На двупутных участках в технологический перерыв одновременно на обоих путях парализуется движение всех категорий поездов, что ухудшает качество обслуживания пригородных пассажиров. Как видно из рисунка 2.16 на примере МТУ, в период с 11 до 13 часов проведение технологического перерыва создаёт неосвоенный пригородный пассажиропоток, который осваивается конкурирующими видами транспорта.

Как было доказано выше, чем короче поездка, тем более чувствительным является пассажиропоток к колебаниям интервалов между поездами и к наличию больших интервалов между ними. Можно сделать вывод о том, что для дальнепригородных перевозок наличие интервала продолжительностью 90-120 минут не является критичным ввиду того, что такой интервал уже является более кратным продолжительности поездки, составляющей около 2-4 часов. В пригородно-городских перевозках, наоборот, наличие перерыва между поездами, превышающего комфортный интервал в десятки раз приводит к снижению привлекательности транспортной системы в целом.

Указанные выше принципы работы пригородно-городских перевозок подразумевают необходимость ликвидации или уменьшения подобных

перерывов в движении электропоездов (с сохранением доступности сервиса в течение дня) и сохранения их для дальнепригородных электропоездов.

Все виды технологических работ на железнодорожной инфраструктуре необходимо предусматривать в ночное время. При этом ночные технологические перерывы не должны препятствовать движению грузовых поездов и транзитных пассажирских поездов дальнего следования.



Рисунок 2.16 – Диаграмма прибытия пассажиров в Москву в течение суток

На рисунке 2.17 представлена концептуальная модель прокладки ниток поездов в ГДП крупного транспортного узла с грузовым обходом. В ГДП предусматривается перенос технологического перерыва на головном участке на ночное время.

В приведенной модели работы железнодорожного участка предусматривается:

- ночной технологический перерыв на головном участке (от головной пассажирской станции до средней зонной станции) в период с 1.00 до 4.00 отдельно по каждому из главных путей (грузовые поезда, попадающие в этот период, показаны чёрными пунктирными линиями так как назначаются только в нерабочие дни, когда не проводятся работы по текущему содержанию инфраструктуры);

- дневной технологический перерыв на дальних зонах пригородного участка (от средней зонной станции до дальней зонной станции) в период с

10.00 до 14.00 отдельно по каждому из главных путей – так называемое «шахматное планирование» перерывов (грузовые поезда, попадающие в этот период, также показаны чёрными пунктирными линиями);

- обеспечение подвода местных грузовых поездов (сборных, вывозных, передаточных) до грузовых станций участка в непиковые периоды, то есть до часа пик ранним утром, между утренним и вечерним пиковыми периодами, а также поздним вечером (показаны черными линиями до «грузовой станции»);

- следование транзитных грузовых поездов по грузовому обходу транспортного узла с высвобождением пропускной способности центрального участка для пассажирских перевозок (транзитные грузовые поезда показаны чёрными сплошными линиями со стрелками, обозначающими их отклонение на узловой станции);

- оборот ПГЭП на «ближней зонной пассажирской станции», пригородных электропоездов на «средней зонной пассажирской станции», а дальнепригородных (региональных) электропоездов на «дальней зонной пассажирской станции» (пригородные поезда показаны сплошными зелёными линиями);

- пропуск пассажирских поездов дальнего следования в периоды между ночным и дневным технологическими перерывами на каждом из соответствующих участков за исключением наиболее интенсивных периодов движения пригородных электропоездов.

На любом многопутном направлении (при количестве главных путей более двух) существуют дополнительные возможности по пропуску поездов и проведению дневного перерыва одновременно. За пределами многопутных участков в любом случае сохраняется обычный режим пропуска поездов с дневным технологическим перерывом.

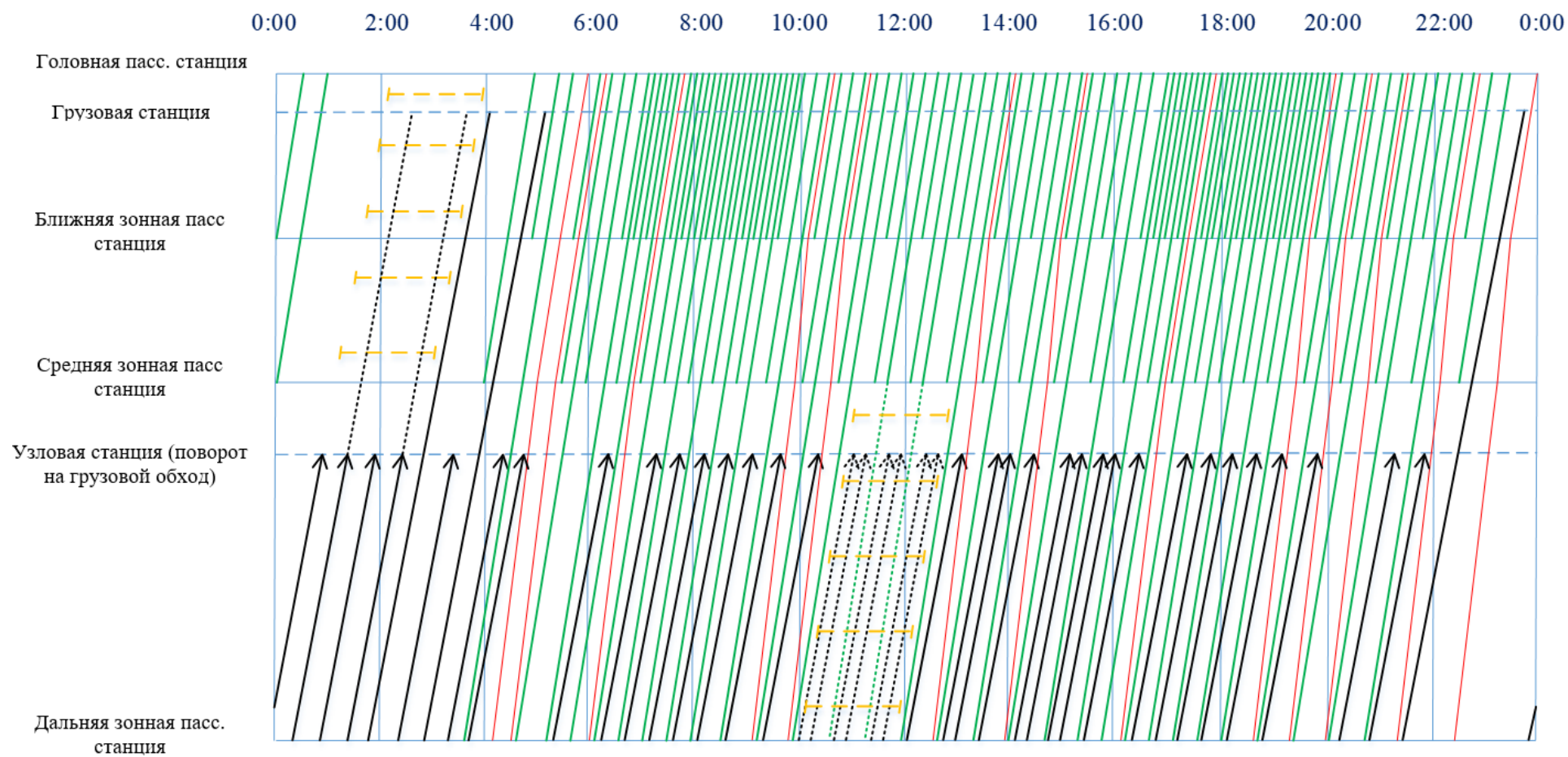


Рисунок 2.17 – Концептуальная модель ГДП двухпутного направления с переносом технологического перерыва на головном участке на ночное время

Для этого могут быть использованы следующие варианты организации движения:

1. Проведение технологических перерывов на всех путях одновременно (рисунок 2.18). При таком варианте обеспечиваются наилучшие условия для выполнения работ на путях с занятием габарита всех путей. Но это требует привлечения большого количества ремонтных бригад для одновременного выполнения работ на всём участке.

2. Планирование перерывов на отдельных парах главных путей в разное время, то есть применение шахматного планирования. Это даёт возможность обеспечения непрерывного движения на участке в течение всего дня, а также уменьшения численности ремонтных бригад. Недостатки: возможные затруднения выполнения отдельных видов работ с необходимостью занятия габаритов соседних главных путей и необходимость обустройства пассажирских платформ на всех главных путях по всем остановочным пунктам. При «шахматном» планировании проведения технологических перерывов пассажирские поезда дальнего следования прокладываются на путях, специализирующихся для пригородного движения, а приоритет их пропуска в пределах головного участка выравнивается с пригородными поездами. (рисунок 2.19).

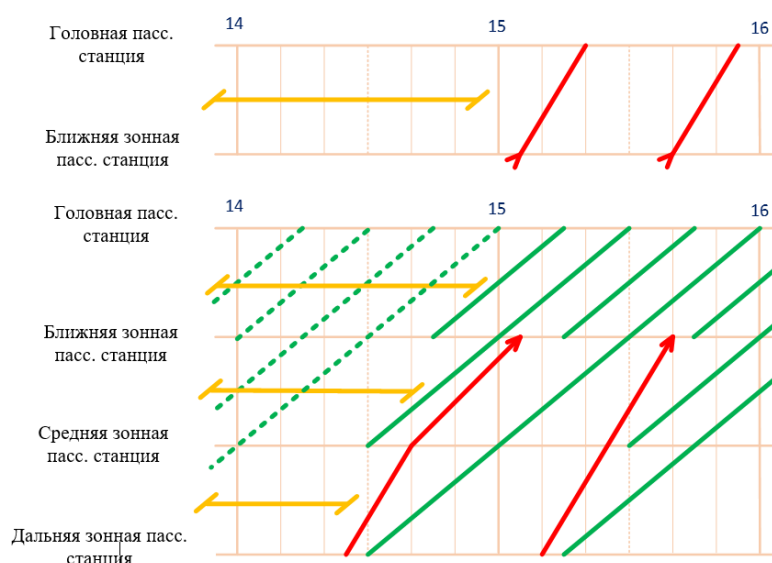


Рисунок 2.18 – Концептуальная модель ГДП с одновременным планированием перерывов на главных путях четырёхпутного участка

Из приведенных концептуальных моделей можно определить, что для многопутных участков в пределах крупных транспортных узлов с интенсивным пригородно-городским движением электропоездов наиболее предпочтительным является шахматное планирование перерывов, позволяющее не прерывать движения ни пассажирских ни грузовых поездов для проведения работ по текущему содержанию железнодорожной инфраструктуры.

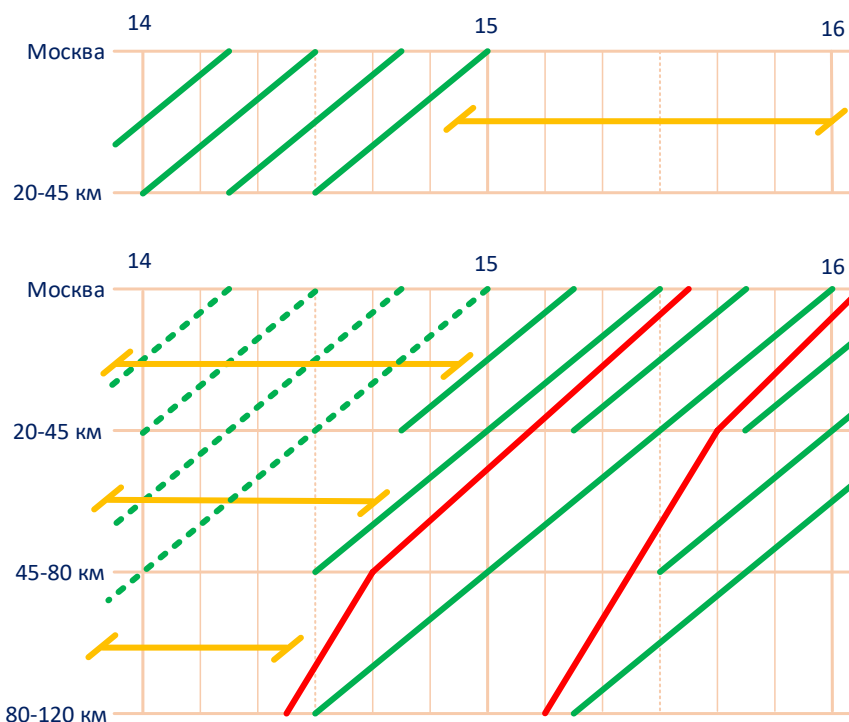


Рисунок 2.19 – Концептуальная модель ГДП с шахматным планированием технологических перерывов на четырехпутном участке

Выводы по главе 2

1. Сформулированы требования к дальнепригородным (региональным) и пригородно-городским железнодорожным перевозкам. Обосновано, что разделение пригородных поездов на два подвида позволяет более адресно реагировать на удовлетворение спроса на разных рынках транспортных услуг;
2. Сформулированы технологические подходы к развитию системы перевозок пригородно-городскими электропоездами, связанные с необходимостью применения новых, более клиентоориентированных подходов в организации движения поездов, таких как оперативная диспетчеризация, повышение надёжности исполнения ГДП, ликвидация перерывов в движении ПГЭП и тактовые расписания движения;
3. Разработана технология организации интенсивного движения ПГЭП в том числе на участках со смешанным движением, где допускается обращение и других видов поездов, таких как грузовые и пассажирские поезда дальнего следования. Актуализирована проблема расстановки приоритетов пропуска поездов при недостатке пропускной способности;
4. Сделан вывод о том, что наиболее рациональной структурой перевозок ПГЭП является организация диаметральных маршрутов через центральную часть агломерации. Разработаны методы организации диаметрального движения поездов на двух радиальных направлениях, имеющих разные параметры организации движения.

3 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ ЗОННЫХ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ НА УЧАСТКАХ С ИНТЕНСИВНЫМ ПАССАЖИРСКИМ ДВИЖЕНИЕМ

3.1 Анализ существующей технологии оборота пригородных электропоездов

Правилами и техническими нормами проектирования железнодорожных станций и узлов [142] предусматривается 3 основных варианта зонных пассажирских станций: линейные, узловые и пересадочные с наличием общих пассажирских платформ метрополитена и железной дороги. Во всех типовых схемах предусматривается расположение путей отстоя электропоездов и зонных приёмootправочных путей между главных путей на двухпутных и многопутных линиях. Такое расположение не создаёт лишних враждебных пересечений маршрутов следования поездов в пределах станций. Потребное количество зонных приёмootправочных путей и путей отстоя электропоездов рассчитывается соответствующими методами исходя из густот пассажиропотоков. Анализ показал, что существующие схемы зонных станций зачастую не полностью отвечают этим требованиям. В Приложении В приведены результаты анализа существующих схем путевого развития, технологии работы станций и их пропускной способности при обороте электропоездов на примере станций МТУ. В узле практически отсутствуют «мощные» зонные пассажирские станции, способные обрабатывать более 5 поездов в час и отстаивать одновременно более 5 электропоездов. Это связано с указанными в главе 1 подходами к поэтапному развитию пригородных перевозок. Применяемые методы совершенствования перевозок, где во главу угла ставилось максимально точное соответствие спроса на перевозки (густоты перевозок) и предложения (в виде провозной способности электропоездами) сформировали такой формат пригородных перевозок, в

котором 42% зонных станций имеют лишь один зонный путь, пропускная способность которого составляет, как правило, от 2 до 4 поездов в час. Технически оснащёнными можно назвать только 20 станций, из более чем 125 на которых может оборачиваться и отстаиваться 6 и более поездов час.

Реальные условия работы некоторых станций, являющихся зонными пассажирскими таковы, что местные особенности эксплуатационной работы дополнительно снижают возможности по использованию зонных путей. Например, на таких станциях как Подсолнечная, Софрино и Столбовая наблюдаются враждебные пересечения маневровых маршрутов электропоездов и поездных маршрутов по главным путям из-за расположения зонных путей не между главных путей, а сбоку.

Основные технологические недостатки типовых схем, рекомендуемых правилами проектирования, возникают из-за особенностей интенсивного движения пригородно-городских и внутригородских электропоездов. Существующие схемы путевого развития пунктов оборота (см. рисунок 3.1.) не соответствуют требованиям условий пригородно-городских перевозок по условиям:

- высокой продолжительности приёма конечного пригородного электропоезда на запрещающий сигнал светофора и ограничения скорости движения при движении по приемо-отправочному пути на «запрещающий сигнал светофора»;
- высокой продолжительности операций по уборке состава электропоезда с приемо-отправочного пути на пути оборота маневровым порядком – необходимость дополнительного опробования тормозов, ограниченная скорость движения (актуально для схем на рисунках 3.1б и 3.1г);
- враждебности маршрутов по заезду-выезду поездов на пути оборота составов – увеличенное время занятия стрелочных горловин и главных путей хвостом поезда, невозможность движения других поездов по пересекающимся маршрутам.

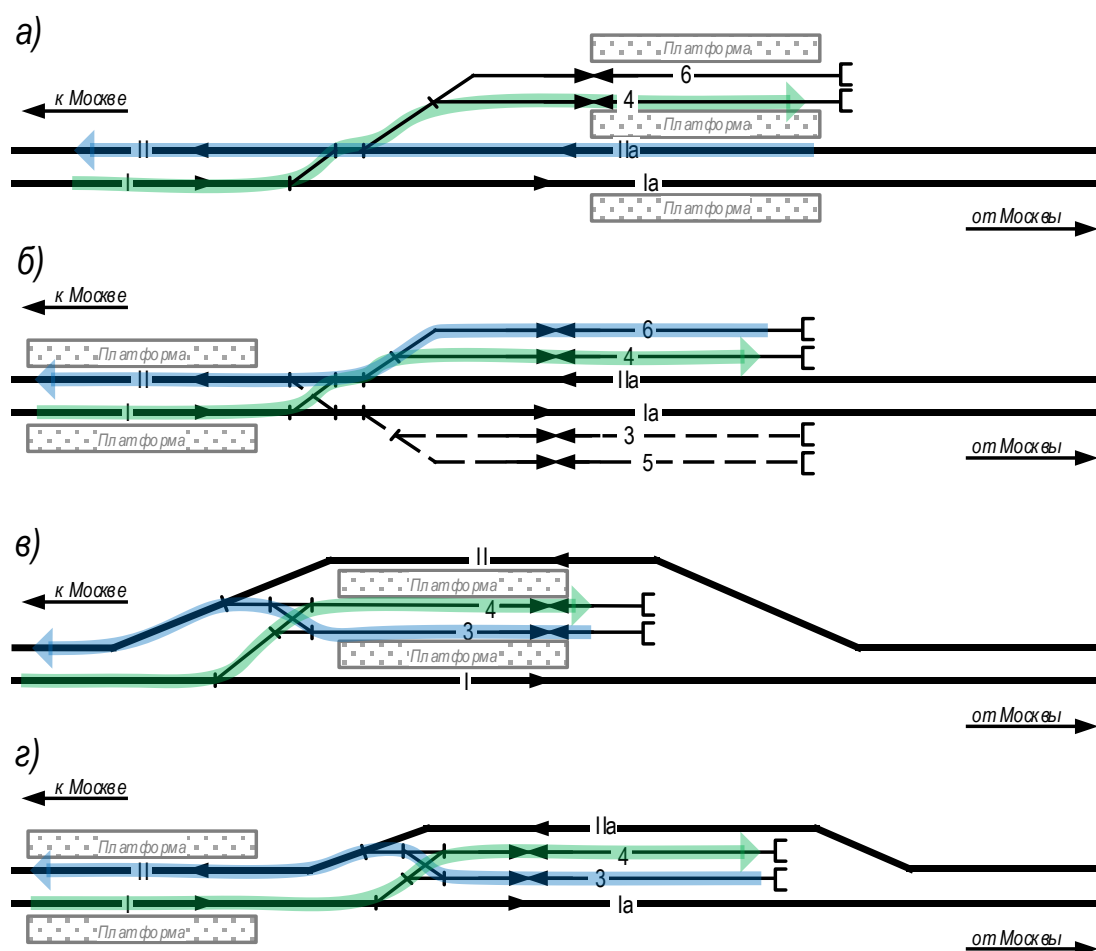
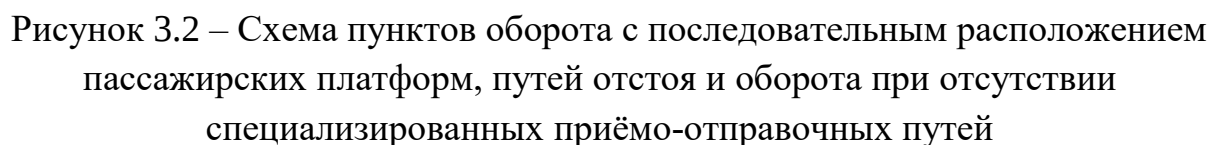


Рисунок 3.1 – Примеры принципиальных схем существующих пунктов оборота МТУ

Технология работы пунктов оборота составов пригородных электропоездов зависит от схемы взаимного расположения и соединения основных элементов технического оснащения, формирующих последовательность и продолжительность выполняемых операций (от момента прибытия до момента отправления). Пункты оборота электропоездов по схемам расположения устройств и технологии оборота можно разделить на три основных типа. Результаты графического моделирования работы пунктов оборота пригородных электропоездов зонных станций по этим типам приведены в Приложении Г.

Тип 1. С последовательным расположением пассажирских платформ с путями оборота и отстоя пригородных электропоездов при отсутствии специализированных приёмо-отправочных путей. На рисунке 3.2 (а, б)



По прибытии электропоезда на приёмо-отправочный путь производится высадка-посадка пассажиров. По окончании посадки пассажиров электропоезд отправляется по своему назначению согласно расписанию движения поездов.

В таблице 3.1 представлены расчетные данные для определения общего времени оборота пригородного электропоезда в пунктах оборота с последовательным расположением пассажирских платформ и путей отстоя, оборота.

Таблица 3.1 – Ведомость определения общего времени оборота пригородного электропоезда в пунктах оборота с последовательным расположением пассажирских платформ и путей отстоя, оборота

№	Наименование операции	Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, мин	
Пропуск с остановкой транзитного электропоезда					
1	Прибытие транзитного электропоезда на станцию	Следование по 3-м блок-участкам, предшествующим станции до входного светофора	2100	110	2
2		Следование от входного светофора до платформы	700	торможение с 110 до 0 *	
3		Высадка – посадка пассажиров			
4	Отправление транзитного поезда	Отправление	700	Ускорение с 0 до 100*	1
5		Освобождение 2-х блок-участков	1400	110	1
ВСЕГО					5
Прием конечного электропоезда и уборка состава					
1	Прибытие электропоезда на станцию под оборот (конечный поезд)	Следование по 2-м блок-участкам, предшествующим предвходному светофору	1400	110	3
2		Следование по блок-участку от предвходного до входного светофора	700	торможение с 110 до 60 *	
3		Следование от входного светофора до торца платформы	700	торможение с 60 до 0 *	
4	Высадка пассажиров				1
5	Перестановка оборачиваемого электропоезда на зонный тупик	Опробование тормозов	10	5	3
6		Следование от торца платформы на зонный тупик	50	ускорение с 0 до 25**	
			420	25	
			90	торможение с 25 до 0***	
ВСЕГО 1-6					7
Подача состава под посадку и отправление					
7	Выдача оборачиваемого электропоезда с зонного тупика под посадку	Опробование тормозов	10	5	2
8		Следование с зонного тупика до торца платформы	50	ускорение с 0 до 25**	
			510	25	
			50	торможение с 25 до 0*	
9	Посадка пассажиров				1
10	Отправление оборачиваемого электропоезда со станции	Отправление	700	ускорение с 0 до 100*	1
11		Освобождение 2-х блок-участков	1400	110	1
ВСЕГО 9-13					5
* - расчет произведен для равнозамедленного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
** - расчет произведен для равноускоренного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
*** - расчёт при следовании к тупиковой призме					

Тип 2. Станции с параллельным расположением зонных приёмootправочных путей и пассажирских платформ без путей отстоя и

оборота. К ним относятся пункты оборота, имеющие специализированные зонные пути и пассажирские платформы для посадки-высадки пассажиров.

На рисунке 3.3 представлены примеры схем пунктов оборота с параллельным расположением зонных приёмо-отправочных путей и пассажирских платформ, используемых для оборота пригородных электропоездов. В таблице 3.2 представлены расчетные данные для определения общего времени оборота пригородного электропоезда на зонных станциях второго типа.

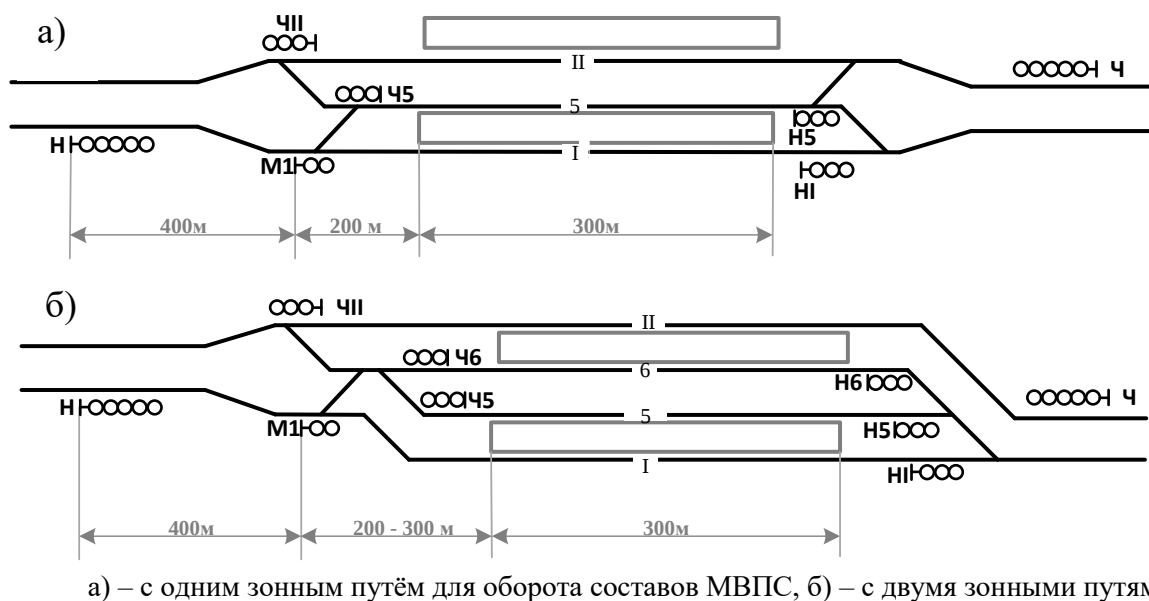


Рисунок 3.3 – Схемы пунктов оборота с параллельным расположением пассажирских платформ и приёмо-отправочных путей

Таблица 3.2 – Ведомость определения общего времени оборота пригородного электропоезда на зонной станции с параллельным расположением устройств

№	Наименование операции		Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, мин
Пропуск с остановкой транзитного электропоезда					
1	Прибытие транзитного поезда на станцию	Следование по 3-м блок-участкам, предшествующим станции до входного светофора	2100	110	2
2		Следование от входного светофора до платформы	900	торможение с 110 до 0 *	
3	Высадка – посадка пассажиров				1
4	Отправление транзитного поезда	Отправление	900	Ускорение с 0 до 110*	1
5		Освобождение 2-х блок-участков	1400	110	1
ВСЕГО 1-5					5
Прием конечного электропоезда					

Продолжение таблицы 3.2

№	Наименование операции		Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, мин
6	Прибытие электропоезда на станцию под оборот (конечный поезд)	Следование по 2-м блок-участкам, предшествующим предвходному светофору	1400	110	3
7		Следование по блок-участку от предвходного до входного светофора	700	торможение с 110 до 60 *	
8		Следование от входного светофора до торца платформы	200	60	
			200	торможение с 60 до 25 **	
			380	25	
			90	торможение с 25 до 0 ***	
9		Высадка пассажиров			
ВСЕГО 6-8				3	
Отправление поезда со станции					
10	Посадка пассажиров				1
11	Отправление поезда со станции	Отправление	50	ускорение с 0 до 25*	2
			400	25	
			400	ускорение с 25 до 80*	
12		Освобождение 2-х блок-участков	1400	110	1
ВСЕГО 11-12				3	
* - расчет произведен для равнозамедленного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
** - расчет произведен для равноускоренного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
*** - расчёт при следовании к тупиковой призме					

Типа 3. Станции комбинированного типа с параллельным расположением пассажирских платформ и зонных приёмоотправочных путей и последовательным расположением оборотных тупиков (путей отстоя). К ним относятся пункты, где производится оборот МВПС как на зонных путях, так и на оборотных тупиках станции. Возможные различные варианты комбинирования количества зонных путей и оборотных тупиков.

На рисунке 3.4 приведены примеры простых комбинированных схем пунктов оборота третьего типа. В таблице 3.3 определена продолжительность основных технологических операций в пунктах оборота составов пригородных электропоездов комбинированного типа.

Таблица 3.3 – Ведомость определения продолжительности технологических операций в пунктах оборота комбинированного типа составов пригородных электропоездов

№	Наименование операции		Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, мин
Пропуск с остановкой транзитного электропоезда					
1	Прибытие транзитного электропоезда на станцию	Следование по 3-м блок-участкам, предшествующим станции до входного светофора	2100	110	2
2		Следование от входного светофора до платформы	850	торможение с 110 до 0 *	
3	Высадка – посадка пассажиров				1
4	Отправление транзитного поезда	Отправление	900	Ускорение с 0 до 110*	1
5		Освобождение 2-х блок-участков	1400	110	1
				ВСЕГО 1-5	5
Прием конечного электропоезда и уборка состава на зонный тупик					
6	Прибытие электропоезда на станцию под оборот (конечный поезд)	Следование по 2-м блок-участкам, предшествующим предвходному светофору	1400	110	3
7		Следование по блок-участку от предвходного до входного светофора	700	торможение с 110 до 60 *	
8		Следование от входного светофора до торца платформы	200	60	
			200	торможение с 60 до 25 *	
			360	25	
			90	торможение с 25 до 0 ***	
9	Высадка пассажиров				1
10	Перестановка оборачиваемого электропоезда на зонный тупик	Опробование тормозов	10	5	3
11		Следование от торца платформы на зонный тупик	50	ускорение с 0 до 25**	
		420	25		

Продолжение таблицы 3.1

№	Наименование операции		Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, мин
			90	торможение с 25 до 0***	
ВСЕГО 6-8					3
ВСЕГО 6-11					7
Подача состава под посадку и отправление					
12	Выдача оборачиваемого электропоезда с зонного тупика под посадку	Опробование тормозов	10	5	2
13		Следование с зонного тупика до торца платформы	50	ускорение с 0 до 25**	
			510	25	
			50	торможение с 25 до 0*	
14	Посадка пассажиров				1
15	Отправление электропоезда со станции	Отправление	50	ускорение с 0 до 25*	2
400			25		
400			ускорение с 25 до 80*		
16		Освобождение 2-х блок-участков	1400	110	1
ВСЕГО 12-16					6
ВСЕГО 15-16					3
* - расчет произведен для равнозамедленного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
** - расчет произведен для равноускоренного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
*** - расчёт при следовании к тупиковой призме					

3.2 Технология смены кабины управления электропоезда локомотивной бригадой

В общей продолжительности оборота составов пригородных электропоездов на зонной станции существенную долю занимают операции по смене кабины управления электропоезда.

В настоящее время средняя продолжительность операций по смене кабины управления электропоездов в 10-12 вагонном исполнении, в зависимости от местных условий, составляет от 13 до 15 минут.

Технология смена кабины управления локомотивной бригадой (в составе машиниста электропоезда (ТЧМ) и помощника машиниста (ТЧМП)) состоит из следующих основных операций:

1) После прибытия на путь, предусмотренный для оборота, согласно технико-распорядительному акту станции, ТЧМ выполняются: закрепление состава автотормозами, изъятие ключа-реверса, выключение питания

электропневматического тормоза (ЭПТ), разрядка тормозной магистрали, перекрытие кранов тормозной магистрали и питательной магистрали, переключение тормозного переключателя в положение «Хвост», включение огней хвостового вагона, выключение пульта управления машиниста, выключение КЛУБ-У и изъятие кассеты регистрации.

2) После перевода кабины в нерабочее состояние ТЧМ выходит из кабины управления, проверяет работоспособность хвостовых огней и переходит в другую кабину. В это время ТЧМП остается в нерабочей кабине электропоезда.

3) Согласно нормативам времени на смену кабин управления МВПС для локомотивных бригад состава в 11 вагонном исполнении, время составляет – 4,5 мин. При этом, при переходе ТЧМ осматривает салон МВПС на наличие посторонних предметов через окна, проходя по пассажирской платформе одновременно осматривая состояние токоприёмников.

4) После перехода ТЧМ открывает другую кабину управления и приводит ее в рабочее состояние, совершая указанные выше действия в обратном порядке.

5) Приведя кабину управления в рабочее состояние, ТЧМ проводит сокращенное опробование ЭПТ и автоматического пневматического тормоза (АПТ). Для этого включает ЭПТ и по сигналу ТЧМП (звонок, громкоговорящая связь) выполняет торможение. ТЧМП проверяет действие тормоза хвостового вагона по манометру тормозного цилиндра (ТЦ) в нерабочей кабине МВПС.

6) ТЧМ контролирует работу тормозов по манометру ТЦ и сигнальным лампам в рабочей кабине МВПС.

7) После проверки действия тормоза хвостового вагона на торможение ТЧМП подает сигнал ТЧМ об отпуске тормоза. ТЧМ должен проверить отпуск тормоза хвостового вагона по манометру в нерабочей кабине МВПС.

8) При положительном результате проверки ТЧМ выключает ЭПТ и проверяет работу автоматических тормозов. ТЧМП обязан проверить

действие тормоза по манометру ТЦ в хвостовой кабине. А ТЧМ контролирует работу тормоза по манометру ТЦ и сигнальной лампе «Нет отпуска» в рабочей кабине.

На некоторых зонных станциях, согласно местным условиям, ТЧМП проходит два хвостовых вагона состава и смотрит выходы штоков тормозных цилиндров на их срабатывание, каждый раз при проверке ЭПТ и АПТ соответственно.

9) После проверки действия ЭПТ и АПТ помощник машиниста переходит в кабину управления, а машинист в это время производит повторную зарядку ТМ, включает буферные огни электропоезда, устанавливает зеркала заднего вида.

10) После перехода ТЧМП в рабочую кабину управления и соблюдения регламента «Минута готовности», а также окончанию посадки пассажиров, по приказу ДСП электропоезд отправляется со станции согласно ГДП.

На рисунке 3.5 приведен технологический график операций по смене направления движения пригородного электропоезда.

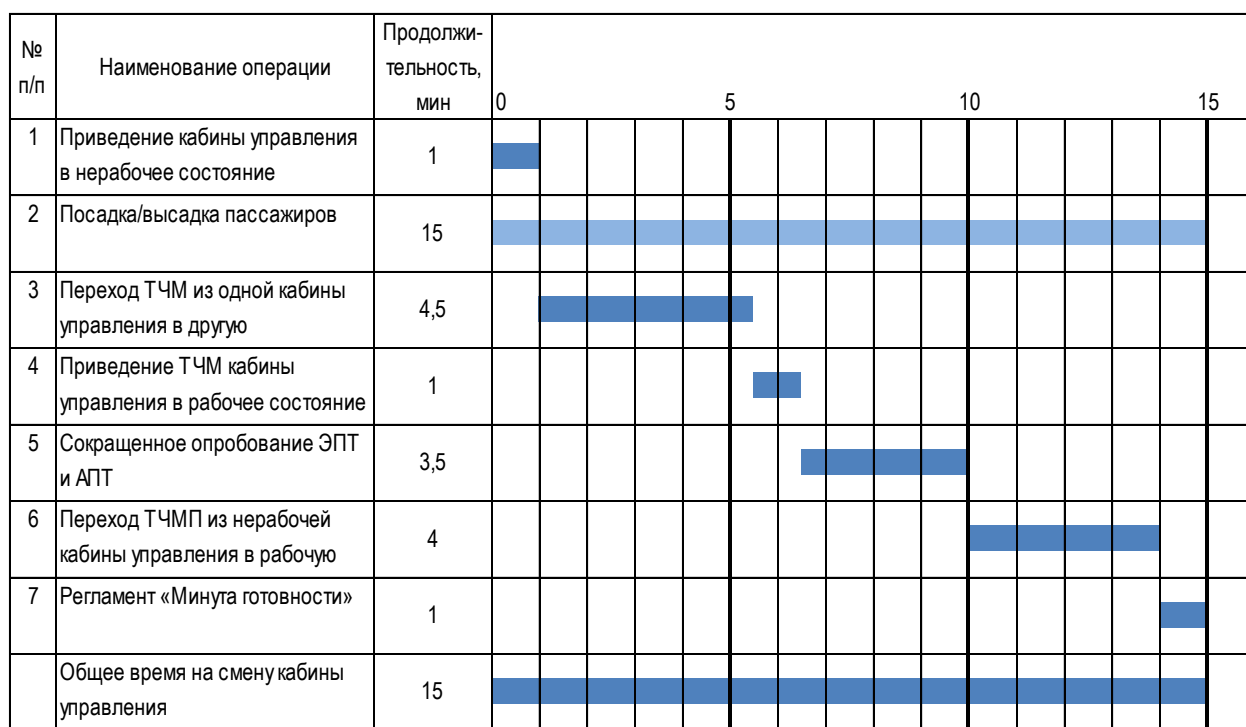


Рисунок 3.5 – Технологический график смены головы электропоезда локомотивной бригадой.

На продолжительность смены головы управления электропоезда существенно влияют:

- переходы ТЧМ и ТЧМП (8,5 мин);
- сокращенные опробования ЭПТ и АПТ (3,5 мин).

Для уменьшения общего технологического времени оборота составов электропоездов эти параметры в первую очередь подлежат максимально возможной переработке (уменьшению).

В настоящее время смена локомотивных бригад у пригородных электропоездов в крупных транспортных узлах осуществляется на головных вокзалах или в депо. При смене локомотивных бригад во время оборота электропоезда на головной пассажирской станции установлен следующий перечень обязательных технологических операций:

1) ТЧМ, принимающий электропоезд, встречает его, находясь на пассажирской платформе в районе остановки головной кабины, наблюдая за состоянием состава, плавностью его хода, прислушиваясь к наличию посторонних шумов;

2) ТЧМП, принимающий электропоезд, встречает его, находясь на пассажирской платформе в районе остановки хвостовой кабины, наблюдая за состоянием электропоезда, плавностью его хода, осматривает токоприемники, остекление вагонов и проверяет на слух состояние ходовых частей прибывающего электропоезда;

3) По прибытии электропоезда и начала высадки-посадки пассажиров, ТЧМ сдающей локомотивной бригады выполняет разрядку тормозной магистрали состава и снимает регистрационную кассету;

4) Принимающая локомотивная бригада перемещается с пассажирской платформы в кабины управления составом, ТЧМ устанавливает кассету регистрации с вводом данных и производит зарядку тормозной магистрали, сдающая бригада выходит на пассажирскую платформу и заканчивает дежурство;

5) ТЧМ принявшей состав бригады оповещает своего помощника о начале сокращённого опробования ЭПТ и АПТ, после зарядки тормозной магистрали начинает операцию;

6) После опробования тормозов состав готов к отправлению и после соблюдения регламента «Минута готовности» отправляется по маршруту в соответствии с расписанием.

Общая продолжительность всех операций составляет 3,5 минуты. Необходимость осуществления всех перечисленных операций при следовании на одной станций электропоезда по маршруту увеличивает время в пути для пассажиров и накладывает ограничения на один из параметров работы пригородного участка:

- межпоездной интервал (увеличенное время стоянки по станции смены бригад вынуждает увеличивать межпоездной интервал);

- число пассажирских платформ на станции смены бригад (поочерёдное прибытие поездов на разные пути с целью обеспечения параллельности выполнения операций);

- надёжность выполнения ГДП и стресс для локомотивных бригад (принуждение локомотивных бригад к выполнению заведомо нереализуемых нормативов на приём-сдачу электропоезда и последующим нагонам опозданий).

Применение такой технологии смены локомотивных бригад не отвечает требованиям интенсивного движения ПГЭП в крупных агломерациях, в связи с чем требуется разработка и внедрение более технологичных способов приёма и сдачи управления электропоездом между локомотивными бригадами.

3.3 Разработка ускоренной технологии оборота пригородных электропоездов

3.3.1 Разработка ускоренной технологии оборота пригородных электропоездов на зонных станциях

Применяемая технология работы зонных станций в пригородно-городском движении не позволяет кратно увеличить количество оборачиваемых электропоездов ввиду наличия продолжительных технологических операций, таких как проход локомотивной бригадой от головы до хвоста поезда при смене направления движения. В результате увеличивается потребность в путевом развитии зонных станций, парк потребного подвижного состава и ограничивается возможность интенсификации движения электропоездов на целых направлениях. Для сокращения цикла оборота электропоезда, целесообразно сократить время оборота электропоезда на конечном пункте маршрута, путём максимального сокращения времени на смену кабины управления электропоезда.

Ускоренная технология оборота электропоездов предусматривает несколько вариантов сокращения продолжительности смены кабины управления (направления движения) электропоезда для выполнения целевых параметров перевозок.

Незакрепленная езда путем постоянно чередующейся смены локомотивных бригад на зонной станции

При смене направления движения состава электропоезда на зонной станции с высокой частотой оборота, предлагается использовать дополнительную (от предыдущего поезда) локомотивную бригаду. Каждая локомотивная бригада, по окончании каждого маршрута следования, пересеживается в хвостовую кабину на следующий прибывающий поезд и принимает электропоезд к управлению.

Для этого на пассажирской платформе (в её конце) в момент прибытия электропоезда должна находиться дополнительная локомотивная бригада,

которая по прибытии электропоезда на конечный пункт (зонную станцию), которая должна будет принять электропоезд к управлению. Последовательность реализации ускоренного оборота электропоездов и смены кабины управления путём постоянно чередующейся смены локомотивных бригад на зонной станции представлена на рисунке 3.6.

**Незакрепленная езда путем постоянно чередующейся смены
локомотивных бригад в пункте, предшествующем зонной станции**

Модификация предыдущего варианта оборота электропоезда. Локомотивные бригады располагаются на предпоследней станции (остановочном пункте) участка, перед зонной пассажирской станцией. В момент прибытия состава на предпоследнюю станцию участка, локомотивная бригада заходит в хвостовой вагон состава и следует до конечной станции участка (станции оборота). С момента остановки на зонном пути или на зонном тупике, вспомогательная бригада начинает подготовку к отправлению, бригада, находящаяся в голове состава, остаётся в своей кабине и выходит на следующей станции в месте расположения линейного пункта смены локомотивных бригад.

Такая система требует увеличенного количества вспомогательных/поездных локомотивных бригад, однако существенно сокращает время на подготовку состава к отправлению. Последовательность реализации ускоренного оборота электропоездов и смены кабины управления путём постоянно чередующейся смены локомотивных бригад в пункте, предшествующем зонной станции, представлена на рисунке 3.7.

**Наличие дополнительной маневровой/оборачиваемой бригады на
зонной станции (закрепленная езда)**

В данном варианте предусматриваются дополнительные дежурные локомотивные бригады в пунктах оборота составов электропоездов.

Технология включает следующую последовательность операций:

В процессе прибытия электропоезда маневровая бригада (2 чел.) находится на пассажирской платформе в районе головы и хвоста

прибывающего состава и «на ходу» визуально осматривает и прослушивает состав на предмет выявления неисправностей. После остановки электропоезда основная бригада передает управление маневровой бригаде, один ТЧМ которой садится в хвостовой вагон состава, другой в головной. По окончании высадки пассажиров и получения сигнала от основной бригады о свободности вагонов, маневровая бригада при разрешающем показании светофора убирает состав электропоезда в тупик. После остановки в тупике происходит передача управления из головной кабины в хвостовую. Далее при разрешающем сигнале состав следует на путь для посадки пассажиров. После остановки у пассажирской платформы и открытия дверей происходит смена маневровой бригады на основную.

Предлагаемая технология является аналогом оборота составов в метрополитене и применима в тех пунктах, где оборот осуществляется через оборотный тупик.

Для оборота через зонный приёмо-отправочный путь, предлагается маневровые бригады подсаживать на остановочном пункте, предшествующем зонной станции.

Последовательность реализации ускоренного оборота электропоездов и смены кабины управления путём применения дополнительной маневровой локомотивной бригады на зонной станции представлена на рисунке 3.8.

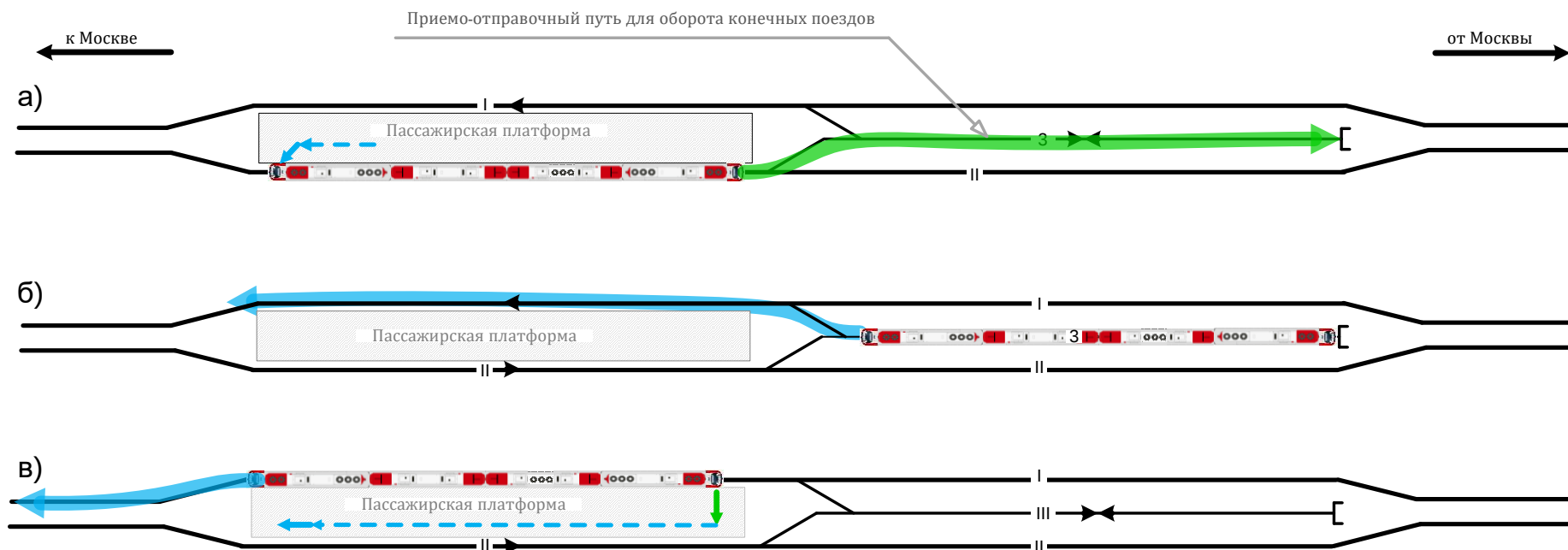


Рисунок 3.6 – Последовательность технологии ускоренного оборота электропоездов и смены кабины управления путём постоянно чередующейся смены локомотивных бригад на зонной станции

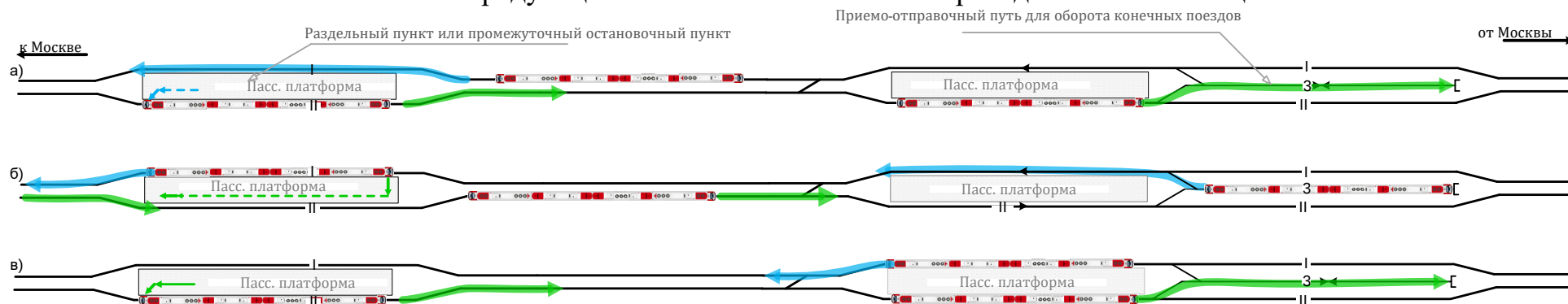


Рисунок 3.7 – Последовательность технологи ускоренного оборота электропоездов и смены кабины управления путём постоянно чередующейся смены локомотивных бригад в пункте, предшествующем зонной станции

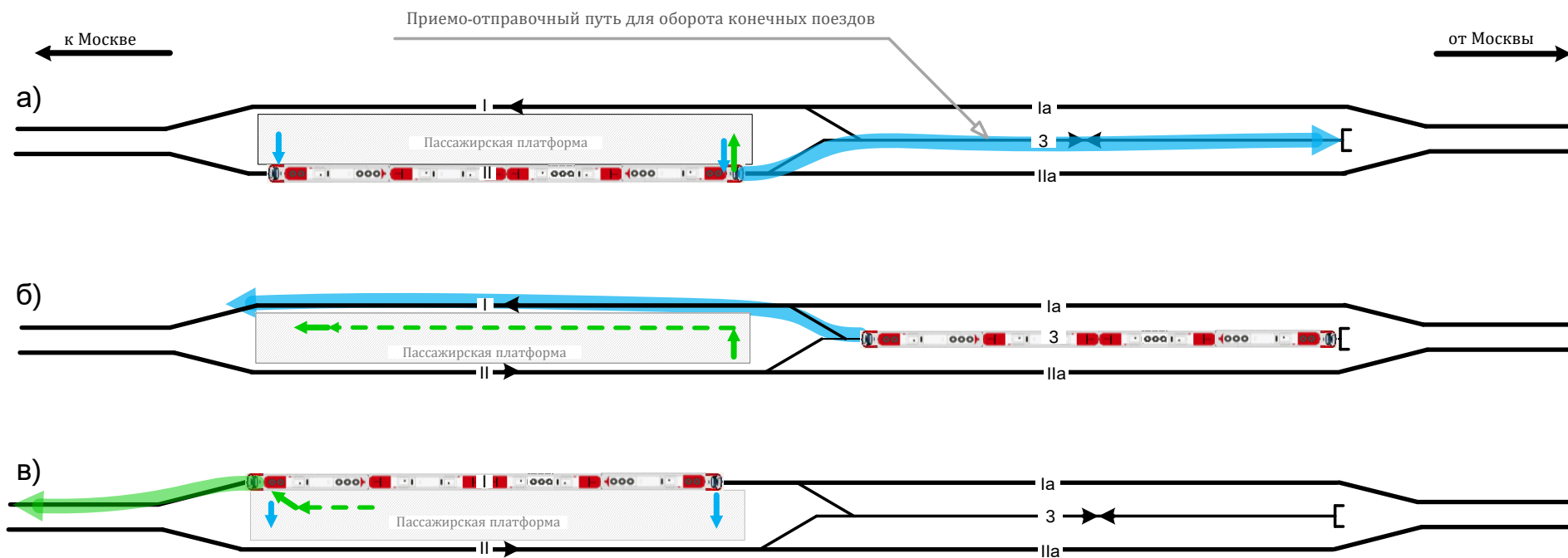


Рисунок 3.8 – Последовательность технологии ускоренного оборота электропоездов и смены кабины управления путём применения дополнительной маневровой локомотивной бригады на зонной станции

Предлагаемая технологическая схема смены кабины управления электропоезда с участием маневровой локомотивной бригады представлена на рисунке 3.9.

№ п/п	Наименование операции	Продолжи- тельность, мин							
			0	1	2	3	4	5	6
1	Приведение кабины управления в нерабочее состояние	0,5							
2	Посадка/высадка пассажиров	2,5							
3	Приведение кабины управления в рабочее состояние маневровой локомотивной бригадой	1							
4	Сокращенное опробование ЭПТ и АПТ	3,5							
5	Регламент «Минута готовности»	1							
	Общее время на смену кабины управления	6							
	Общее время на смену кабины управления без опробования тормозов	2,5							

Рисунок 3.9 - Технологический график смены кабины управления электропоезда с участием маневровой локомотивной бригады.

В перспективе ввод автоматизированной системы диагностики всех узлов автотормозного оборудования подвижного состава, а также переход на систему электронного маршрута машиниста, позволит ликвидировать продолжительные операции с обязательным опробованием тормозов после смены головы электропоезда и ускорить другие операции.

Существующие технологии обязательно включают операции по опробованию тормозов после смены направления движения. Продолжительность оборота составляет 13-15 минут вместе со сменой головной кабины.

Учитывая отсутствие операций по разъединению/соединению ТМ, необходимость в постоянной частой проверке тормозов недостаточно обоснована. Число проверок можно сократить до одной в сутки (при условии

сохранения целостности воздушной магистрали состава), что существенно уменьшит время на оборот составов.

Дополнительное сокращение времени до момента готовности электропоезда к отправлению можно получить за счет перехода от ручного управления тормозами поезда (используя кран ТЧМ усл. №395) к электронному управлению тормозным оборудованием состава.

Аналогичное тормозное оборудование применяется на новых электропоездах ЭГ2Тв (тормозная система «Knorr-Bremse»), позволяющее проводить самостоятельную диагностику тормозного оборудования, корректировку давления и зарядку тормозной магистрали без участия ТЧМ и помощника ТЧМ в короткие сроки, создавая предпосылки для отказа от дополнительных проверок, связанных с опробованием автотормозов. Исключение: проверка перед выходом электропоезда в рейс с деповских путей или путей отстоя.

Для упрощения учета времени работы локомотивной бригады и экономии времени на заполнение бланка маршрута локомотивной бригадой – нужно перейти на систему электронного маршрута ТЧМ.

При использовании на маршруте внутригородского движения электропоездов типа ЭГ2Тв, упрощается способ приведения кабины управления в рабочее состояние, что способствует сокращению времени оборота.

При отсутствии проверки тормозов и, соответственно, затрат времени на операции, смены локомотивных бригад позволят существенным образом сократить время на подготовку состава к отправлению в пункте оборота

Выбор варианта технологии смены локомотивных бригад происходит по результатам их технико-экономического сравнения. Каждый из вариантов оценивается на применимость к конкретным условиям работы железнодорожных участков и на величину достигаемых эффектов. В качестве исходных данных для расчёта принимаются целевая интенсивность движения

ПГЭП по участку, а также действующие правила и применяемые технические средства обеспечения безопасности движения поездов.

Изменение суммарной величины потребного количества поездо-часов рассчитывается как разность существующего и внедряемого минимального времени на оборот электропоездов:

$$\sum P_{\text{оборот}}^m = (T_{\text{сущ}}^{\text{оборот}} - T_{\text{ускор}}^{\text{оборот}}) * N_{\text{сут}}^m, \quad (3.1)$$

где: $T_{\text{сущ}}^{\text{оборот}}$ – действующий норматив минимального времени оборота электропоезда на зонной станции, ч; $T_{\text{ускор}}^{\text{оборот}}$ – внедряемый норматив минимального времени оборота электропоезда на зонной станции, ч; $N_{\text{сут}}^m$ – количество оборачиваемых поездов на станции m за рассматриваемый период (сутки), поездов/сут.

Для каждого из рассматриваемых вариантов технологии производится расчёт прироста потребных бригадо-часов работы локомотивных бригад :

- для технологии с незакреплённой ездой:

$$\sum P_{\text{бригадо-час}}^m = \max[2t_{\text{пос}} + t_{\text{туп}} + 2t_{\text{см.каб}}; t_{\text{пеш.платф}}] * N_{\text{сут}}^m, \text{ руб}; \quad (3.2)$$

- для технологии с незакреплённой ездой через предшествующую станцию:

$$\sum P_{\text{бригадо-час}}^m = \max\left[4t_{\text{пос}} + 2t_{\text{перегон}} + \frac{l}{2}; t_{\text{пеш.платф}}\right] * N_{\text{сут}}^m, \text{ руб}; \quad (3.3)$$

- для технологии с закреплённой ездой с использованием дополнительной маневровой локомотивной бригады:

$$\sum P_{\text{бригадо-час}}^m = \max[2t_{\text{пос}} + t_{\text{туп}} + t_{\text{см.каб}}; t_{\text{пеш.платф}}] * N_{\text{сут}}^m, \text{ руб}; \quad (3.4)$$

где: $t_{\text{пос}}$ – время посадки-высадки пассажиров, ч; $t_{\text{смена}}$ – время смены локомотивных бригад во время стоянки поезда на станции, ч; $t_{\text{туп}}$ – время следования электропоезда на зонный тупик и из зонного тупика маневровым порядком, ч; $t_{\text{см.каб}}$ – время смены кабины управления электропоездом во

время стоянки на зонном тупике, ч; $t_{\text{пеш.платф}}$ - время пешего прохода поездной бригады по пассажирской платформе от одного конца состава до другого, ч; I – интервал между поездами в расписании, ч.; $t_{\text{перегон}}$ – время следования электропоезда от пункта, предшествующего зонной станции до самой зонной станции, ч.

Прямой экономический эффект от внедрения технологии ускоренного оборота электропоездов на зонной станции m определяется разницей положительного эффекта от экономии поездо-часов и отрицательного эффекта от прироста потребных бригадо-часов:

$$\mathcal{E}_{\text{оборот}}^m = \sum P_{\text{оборот}}^m * C_{\text{состав-час}} - \sum P_{\text{бригадо-час}}^m * C_{\text{бригадо-час}} * N_{\text{сут}}^m, \text{ руб}; \quad (3.5)$$

где: $\sum P_{\text{оборот}}^m$ - изменение суммарной величины поездо-часов, ч;
 $\sum P_{\text{бригадо-час}}^m$ прирост бригадо-часов работы поездных бригад, ч; $C_{\text{состав-час}}$ – стоимость эксплуатации состава электропоезда в работе, руб/час; $C_{\text{бригадо-час}}$ - стоимость работы поездной бригады, руб/час.

За счёт повышения производительности работы, при внедрении технологии ускоренного оборота составов, сокращается количество потребного подвижного состава, эксплуатируемого на данном направлении. Сокращение количества подвижного состава в обороте приводит к уменьшению общих эксплуатационных затрат на содержание подвижного состава, путей в пунктах отстоя, в периоды, когда данная подвижная единица не используется. Таким образом, дополнительная экономия эксплуатационных расходов в моменты простоя:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{прост}} = \mathcal{E}_{\text{прост}}^{\text{сущ}} - \mathcal{E}_{\text{прост}}^{\text{ускор}}, \text{ руб}; \quad (3.6)$$

где $\mathcal{E}_{\text{прост}}^{\text{сущ}}$ – общие расходы на содержание парка подвижного состава при существующей технологии оборота подвижного состава, руб; $\mathcal{E}_{\text{прост}}^{\text{ускор}}$ - общие расходы на содержание парка подвижного состава при внедряемой технологии ускоренного оборота подвижного состава, руб.

Для определения экономической целесообразности проводимых мероприятий необходимо сопоставление изменения величины эксплуатационных расходов и размера потребной величины капиталовложений на развитие станционной инфраструктуры для нужд ускоренного оборота составов. Приведенная общая годовая экономия эксплуатационных расходов рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{общ}} = \frac{(\mathcal{E}_{\text{оборот}}^m + \Delta \mathcal{E}_{\text{прост}}) * 365}{(1+r)^{n_r}}, \text{ руб;} \quad (3.7)$$

где : n_r – номер года на конец отчетного периода (первый год имеет порядковый номер 0); r – коэффициент дисконтирования.

Увеличение величины потребных капиталовложений ($\Delta K_{\text{общ}}$) на развитие или содержание железнодорожной инфраструктуры при сохранении или интенсификации размеров движения на участке, а также закупке нового подвижного состава рассчитывается по формуле:

$$\Delta K_{\text{общ}} = K_{\text{ускор}} - K_{\text{сущ}} \quad (3.8)$$

где: $K_{\text{сущ}}$ – капиталовложения, необходимые для развития инфраструктуры и закупки подвижного состава при сохранении существующей технологии оборота подвижного состава и интенсификации движения на участке, руб; $K_{\text{ускор}}$ – капиталовложения, необходимые для развития инфраструктуры и закупки подвижного состава, при введении технологии ускоренного оборота подвижного состава и интенсификации движения на участке, руб.

При $\Delta K_{\text{общ}} \geq \sum \mathcal{E}_{\text{общ}}$ – проведение мероприятий по ускорению оборота подвижного состава нецелесообразно, а при $\Delta K_{\text{общ}} < \sum \mathcal{E}_{\text{общ}}$ – мероприятия по ускорению оборота нецелесообразны.

3.3.2 Разработка технологии смены локомотивных бригад электропоездов на промежуточных остановочных пунктах

В настоящее время на пунктах смены локомотивных бригад, электропоезда находятся с завышенными временными интервалами. С целью уменьшения продолжительности смены локомотивных бригад предлагается использовать усовершенствованные технологии работы.

Технология смены локомотивных бригад, максимально приближенная к технологии, применяемой в метрополитенах

Предлагаемая технология смены локомотивных бригад заключается в следующем:

- заступающий на смену ТЧМ к моменту прибытия поезда обязан находиться на пассажирской платформе у сигнального знака «Остановка первого вагона»;
- ТЧМ, заканчивающий смену, после остановки электропоезда у сигнального знака «Остановка первого вагона» и открытия дверей, встать со своего рабочего места и вести наблюдение за высадкой и посадкой пассажиров по станционному зеркалу (монитору) заднего вида;
- ТЧМ, заступающий на смену, обязан визуально контролировать открытие дверей в электропоезде, зайти в кабину и занять рабочее место, вести наблюдение за высадкой и посадкой пассажиров по станционному зеркалу, поезвному зеркалу заднего вида (монитору видеообзора);
- ТЧМ, сдающий смену, обязан назвать время отправления электропоезда со станции, информировать ТЧМ, принявшего смену, о техническом состоянии подвижного состава, выйти из кабины на пассажирскую платформу и контролировать действия ТЧМ, принявшего смену;
- в случаях, когда время стоянки на станции не позволяет передать информацию о техническом состоянии подвижного состава, то разрешается сменяемому ТЧМ проследовать один перегон (при этом он несёт ответственность за безопасность движения наравне с основным ТЧМ);

- ТЧМ, принявший смену, выполняет свои обязанности при стоянке электропоезда на станции и отправлении его на перегон;

- ТЧМ, сдавший смену, обязан находиться на пассажирской платформе и прослушать электропоезд в движении при проходе его вдоль пассажирской платформы, проверить исправность красных сигнальных огней на хвостовом вагоне.

Такая технология позволит уменьшить продолжительность операций по смене локомотивных бригад до времени, необходимого на посадку-высадку пассажиров, полностью ликвидируя потребность в планировании резервов в ГДП, максимально высвобождая пропускную способность линии.

Предлагаемая технология в настоящее время применяется при эксплуатации электропоездов ЭС2Г «Ласточка» на МЦК, в которой смена локомотивной бригад обеспечивается за нормативное время посадки-высадки пассажиров (1 мин).

Технология «нахлётной» смены локомотивных бригад

Для выполнения регламента по смене локомотивных бригад, максимально соответствующей сформулированным требованиям, предлагается совместное сопровождение состава электропоезда на участке, предшествующем пункту смены в течение 10-15 минут. В течение этого времени сменная бригада сможет ознакомиться с техническим состоянием состава и наличием необходимого инвентаря, и, совместно со сменяемой бригадой, изучить и заполнить бортовой журнал ТУ-54.

Схема выполнения операций представлена на рисунке 3.10. Сокращение времени стоянки электропоезда на перронных путях вокзалов до 1 минуты при следовании по транзитным направлениям позволит увеличить привлекательность диаметральных маршрутов за счёт уменьшения времени в пути для пассажиров, сократить количество потребных приёмо-отправочных путей, снимет жёсткое закрепление пунктов смены локомотивных бригад.

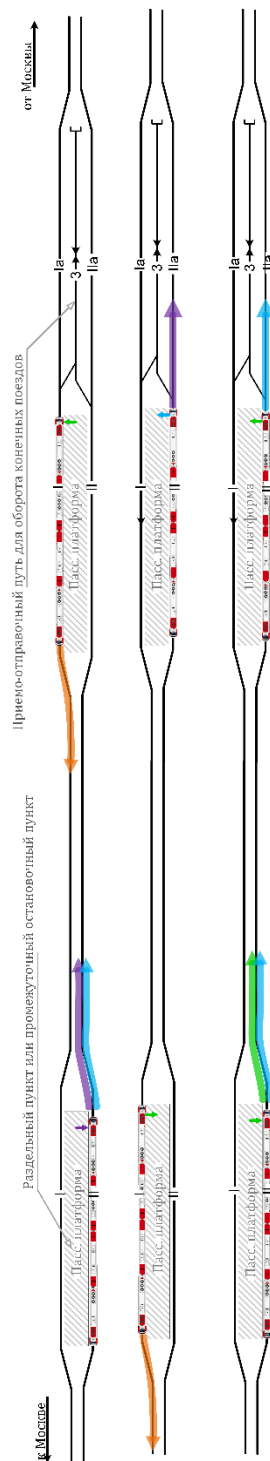


Рисунок 3.10 – Технология «нахлестной» смены локомотивных бригад

3.4 Разработка схем зонных станций и технологии оборота электропоездов на линиях с интенсивным движением пригородно-городских электропоездов

Интенсивное движение ПГЭП предусматривает последующую модернизацию СИР и сокращение межпоездного интервала на линиях до 2,5-3 минут, который в настоящее время не обеспечен действующей технологией смены локомотивных бригад и схемами зонных станций как пунктами оборота составов.

Для ликвидации технологических ограничений межпоездного интервала в пунктах оборота электропоездов предлагается новая схема зонной станции.

Главная особенность в предлагаемых технологиях - уборка оборачиваемого пригородного состава с главных путей в сквозной пропуск на боковой путь с минимизацией ограничений по ходовой скорости. Такая схема максимально эффективно минимизирует межпоездной интервал движения электропоездов за счет эффективной технологической переувязки всех ее элементов.

Высокую скорость освобождения главных путей обеспечивает удлинение и секционирование оборотного тупика если его разделить на 2-3 последовательных пути с дополнительными выходами на главные пути (рисунки 3.11 и 3.12).

На рисунках 3.13 и 3.14 показана технология работы пункта оборота на линии с высокой частотой движения электропоездов при увеличении длины зонного тупика.

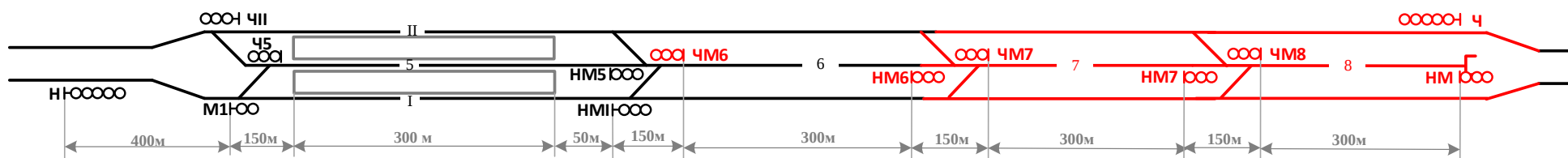


Рисунок 3.11 – Типовая схема пункта оборота с одним зонным приёмо-отправочным путем и удлинённым обратным тупиком на три состава

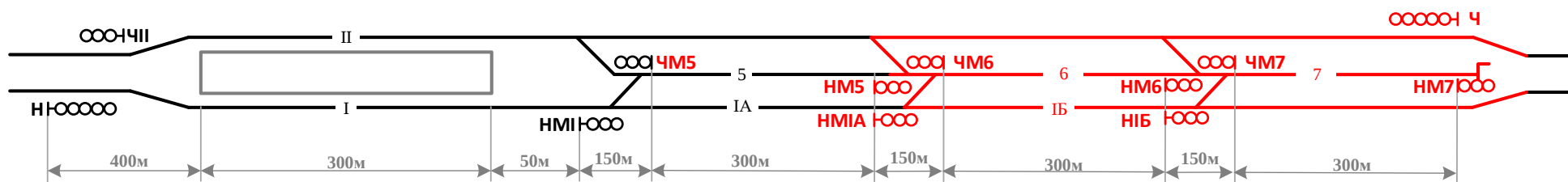


Рисунок 3.12 – Типовая схема пункта оборота без зонного приёмо-отправочного пути и с удлинённым обратным тупиком на три состава

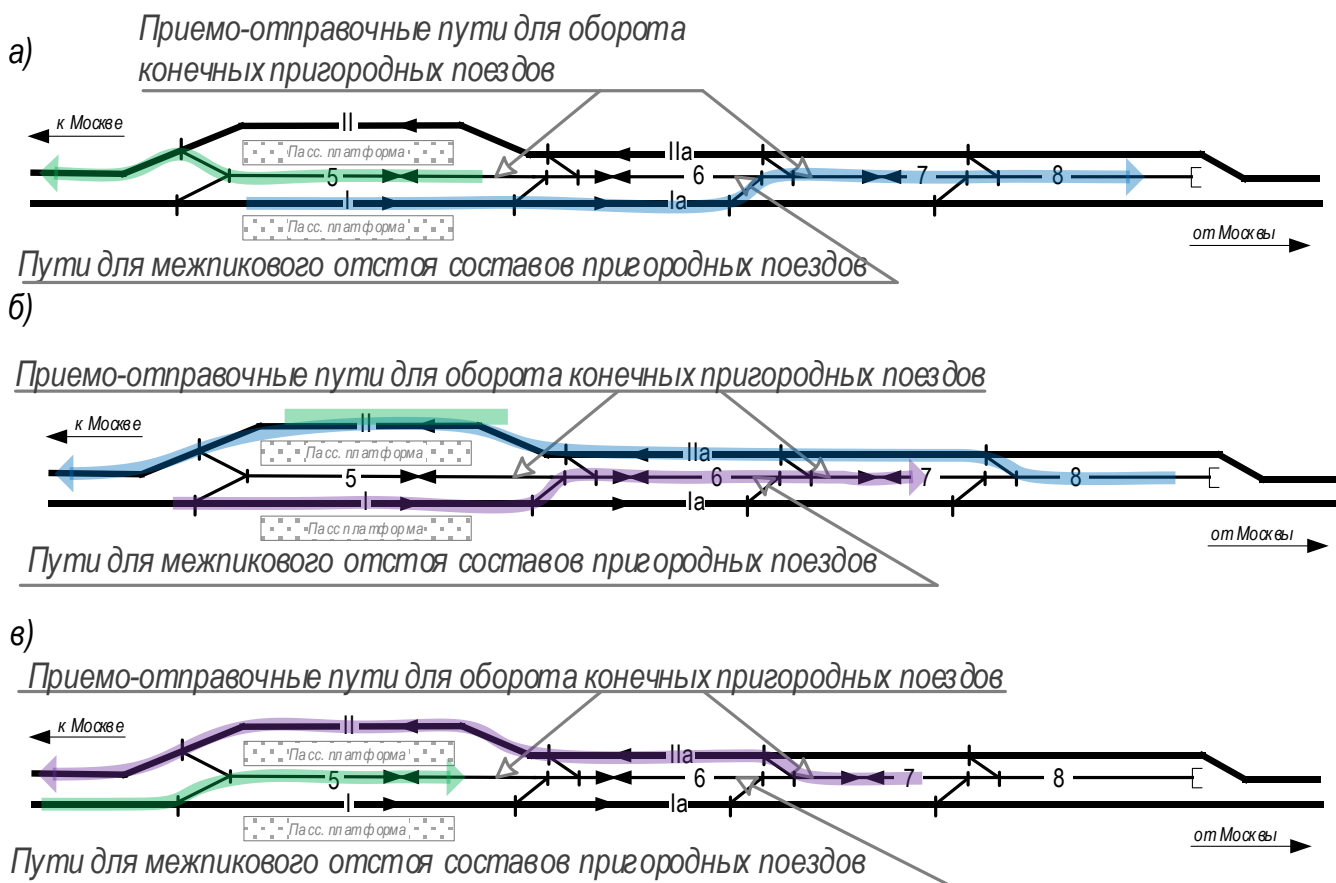


Рисунок 3.13 – Последовательность ускоренного оборота составов на линиях с высокой частотой движения электропоездов при наличии зонного приёмоотправочного пути

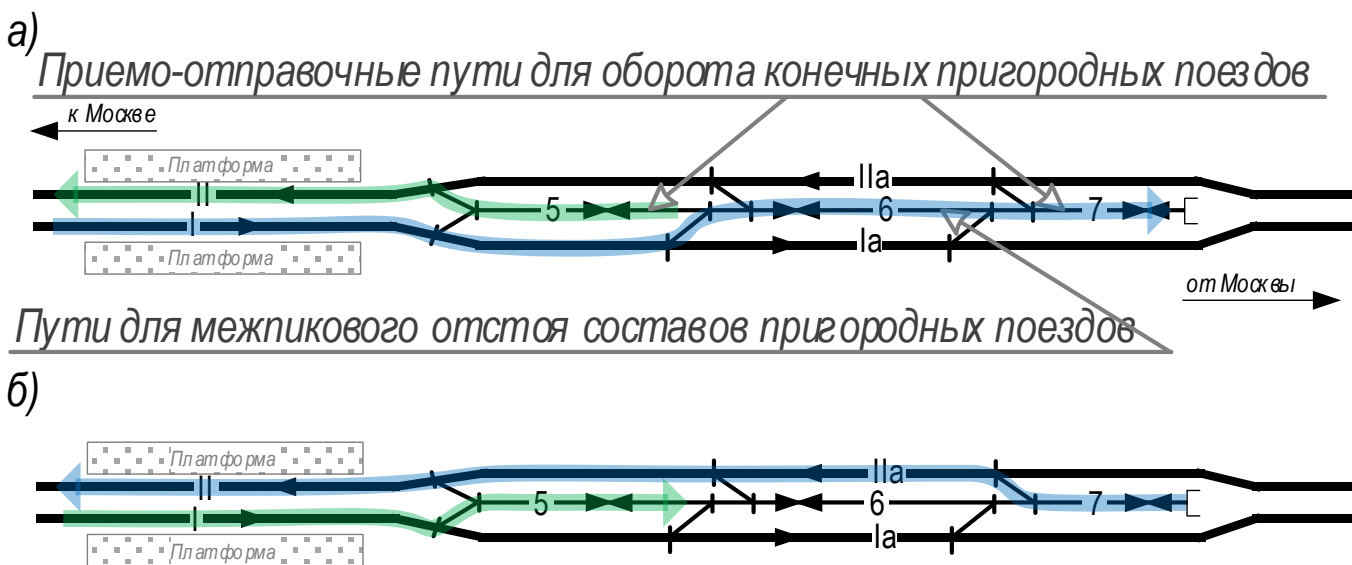


Рисунок 3.14 – Последовательность ускоренного оборота составов электропоездов на линиях с высокой частотой движения электропоездов без зонного приёмоотправочного пути

Последовательность обработки оборачиваемых электропоездов определяется маршрутами приёма в зависимости от схемы станции.

Первый маршрутный вариант

1) Пригородные электропоезда, прибывающие из Москвы (рисунок 3.13 а,в)., при свободности пути №5, могут приниматься на него с построением маршрута приема как сквозного с открытым сигналом по пути №5 в сторону пути №6. Сквозной маршрут «приема» электропоезда на путь №5 не будет ограничиваться запрещающими сигналами. Движение поезда по нему будет осуществляться как и на промежуточных остановках в пути следования с ограничением скорости при следовании по стрелочным переводам на боковой путь. Поэтому все стрелочные переводы на маршрутах приёма должны быть оборудованы крестовинами пологих марок.

2) После приема поезда ДСП или САЗМ производит разделку маршрута с пути №5 на путь №6. Продолжительность разделки на аппаратном уровне должна быть уменьшена до 1 минуты (вместо 3-5 минут в настоящее время).

3) Посадка-высадка пассажиров и операции по обороту состава производятся на пути №5.

4) Отправление поезда в сторону Москвы осуществляется с пути №5.

Второй маршрутный вариант

1) При занятости путей №5 и 8, прием пригородного электропоезда из Москвы (рисунок 3.13 б,в).осуществляется на главный путь №1 с готовностью сквозного маршрута на линию путей №№6 и 7.

2) После высадки пассажиров на пассажирскую платформу пути №1 состав пригородного электропоезда отправляется поездным маршрутом (без операций по опробованию тормозов и ограничений по скорости движения) на путь №7 через путь №6, освобождая продолжительную занятость главного пути №1 своим хвостом, так как основная часть замедленного движения при ограничении скорости приёма будет осуществляться в границах путей №№6-7.

3) Операции по обороту выполняются на пути №7.

4) Отправление электропоезда с пути №7 в сторону Москвы производится по поезвному маршруту отправления. Посадка пассажиров в сторону Москвы осуществляется на главном пути №II.

На период интенсивного оборота электропоездов необходимо обеспечивать свободу пути №6. Его занятие составом электропоезда допустимо только в периоды разреженного движения электропоездов, когда производительность станционных устройств не требует обеспечения высокой интенсивности движения.

Третий маршрутный вариант (синие стрелки рисунок 3.14 а и б).

1) При занятости пути №5. Прибытие пригородного электропоезда из Москвы осуществляется через главный путь №I с высадкой пассажиров по сквозному маршруту на линию путей №№7 и 8.

2) После операций по высадке пассажиров на пассажирскую платформу пути №1 состав пригородного электропоезда отправляется поездным маршрутом (без операций по опробованию тормозов и ограничений по скорости движения) на путь №8 через путь №7, освобождая продолжительную занятость главного пути №I своим хвостом, так как основная часть замедленного движения при ограничении скорости приёма будет осуществляться в границах путей №№7-8.

3) Операции по обороту выполняются на пути №8.

4) Отправление электропоезда с пути №8 в сторону Москвы производится по поезвному маршруту отправления. Посадка пассажиров в сторону Москвы осуществляется на главном пути №II.

Кроме того, за счет удлинения зонного тупика появляется возможность в непиковые периоды суток использовать его секции для отстоя составов пригородных электропоездов.

В Приложении Д представлены расчетные данные для определения общего времени по приему пригородного электропоезда на зонную станцию с удлинённым зонным тупиком. На рисунках 3.15 и 3.16 представлены фрагменты суточного-плана графика с использованием предлагаемого путевого развития зонных станций.

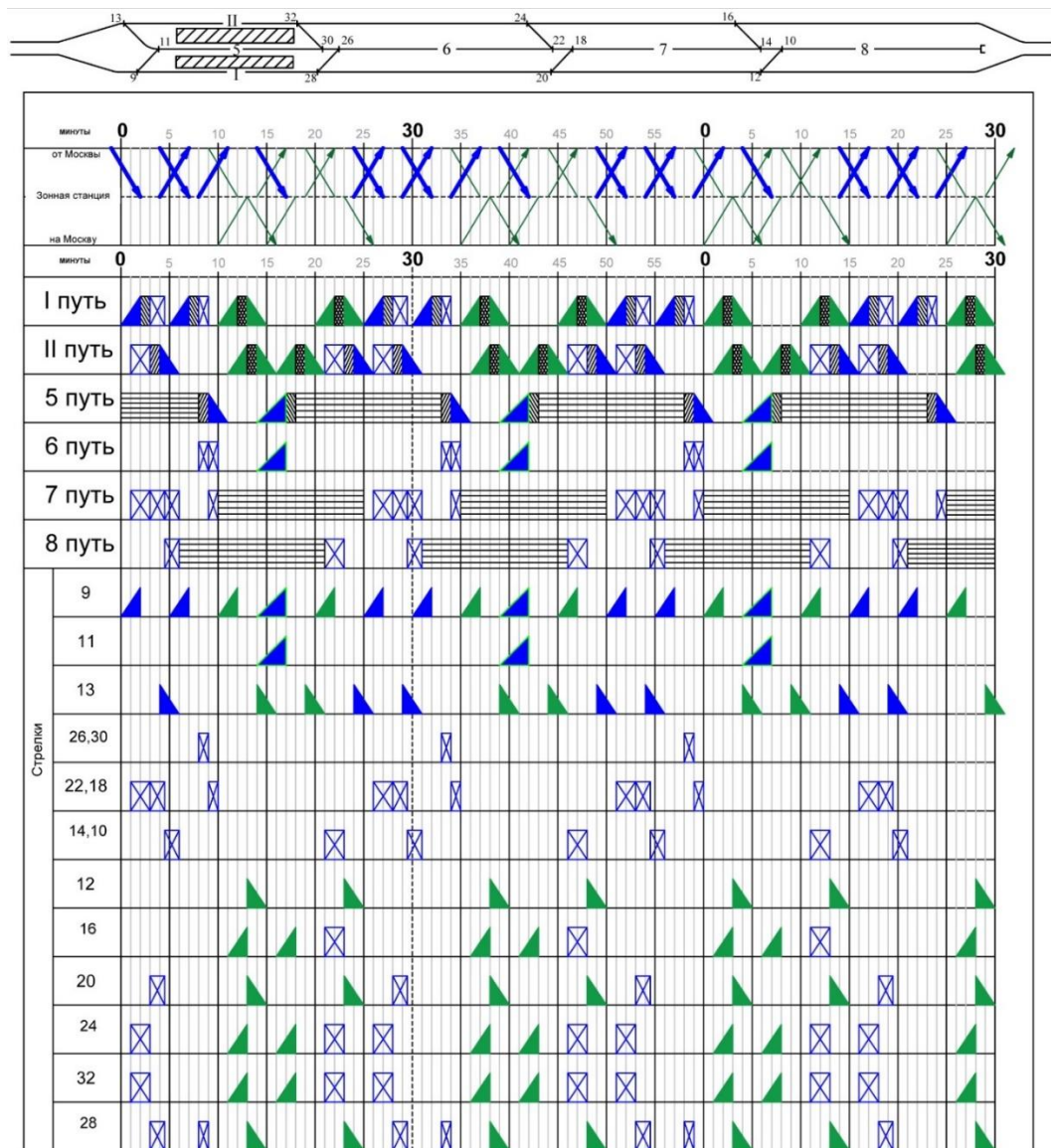
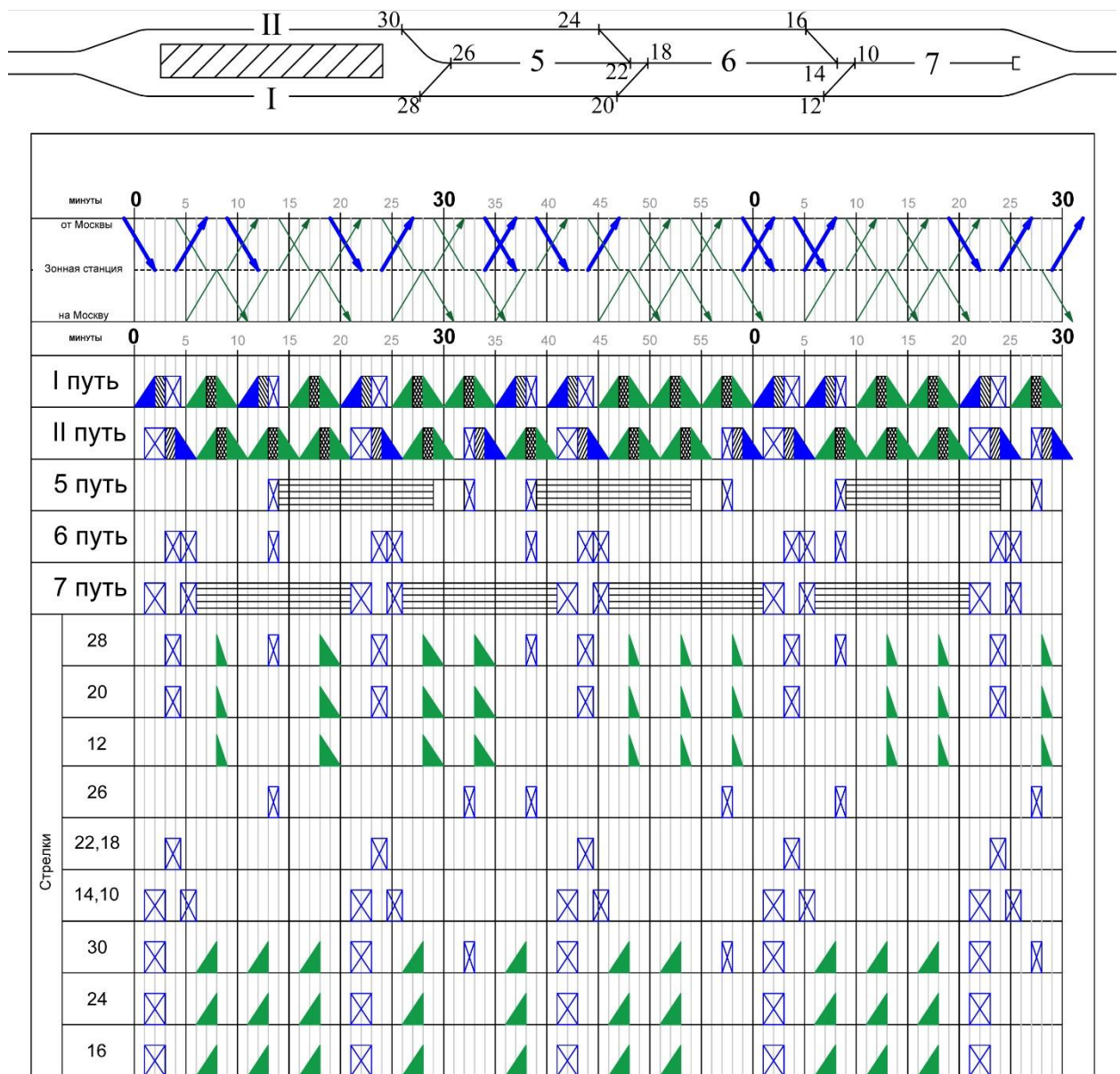


Рисунок 3.15 –План-график работы пункта оборота составов с одним зонным приёмо-отправочным путём и удлинённым оборотным тупиком на линиях с высокой частотой движения электропоездов

Пропускная способность по обороту электропоездов приведенных выше пунктов оборота:

- с одним зонным приёмо-отправочным оборотным путём и одним удлинённым тупиковым - **6 поездов в час**;

- станция с одним зонным оборотным путём и тремя тупиковыми - **4 поезда**
в час.



Условные обозначения:

- | | | | |
|--|--------------------------------|--|------------------------------|
| | прибытие конечного поезда | | высадка пассажиров |
| | прибытие транзитного поезда | | посадка + высадка пассажиров |
| | отправление конечного поезда | | высадка пассажиров |
| | отправление транзитного поезда | | смена кабины управления |
| | перестановка состава | | |

Рисунок 3.16 – План-график работы пункта оборота составов электропоездов без зонного приёмо-отправочного пути с удлинённым оборотным тупиком на линиях с высокой частотой движения электропоездов

Выводы по главе 3

1. Результаты анализа показали, что схемы путевого развития и технология работы зонных пассажирских станций ориентированы на работу с электропоездами в режиме невысокой интенсивности. Выделены три типичных варианта взаимного расположения устройств на зонных станциях, обладающих своими особенностями;
2. Сделан вывод о том, что применение существующих технологий оборота электропоездов (и смены направления движения при нахождении на зонных путях) не отвечает требованиям, диктуемым интенсификацией движения ПГЭП и повышением нагрузки на отдельные зонные станции;
3. Разработаны три варианта сокращения продолжительности смены кабины управления (направления движения) электропоезда для выполнения целевых параметров перевозок ПГЭП. Приведены принципы выбора наиболее эффективного варианта;
4. Разработаны новые путевые схемы зонных пассажирских станций с последовательным расположением устройств, применение которых позволяет обеспечить существенный прирост пропускной способности. Моделирование показало, что новые схемы оборота позволяют достичь значений в 10 пар поездов в час при существующих технологиях смены кабины управления электропоездом.

4 ВЫБОР РАЗМЕЩЕНИЯ И ЁМКОСТИ МЕСТ ОТСТОЯ ПРИГОРОДНЫХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ НА УЧАСТКАХ С ИНТЕНСИВНЫМ ПРИГОРОДНЫМ И ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИМ ДВИЖЕНИЕМ

4.1 Принципы размещения мест отстоя составов пригородных электропоездов, используемых в пригородно-городских перевозках, при различных вариантах технического оснащения пригородных участков

При организации пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом из-за суточной их неравномерности возникает потребность в снятии с линии части электропоездов, не обеспечиваемых пассажиропотоком. Такая потребность возникает в межпиковые периоды днём с момента окончания утреннего, и до начала вечернего «часа-пик», а также в ночной период, когда все составы электропоездов прекращают работу и освобождают главные пути перегонов и станций для работы служб по ремонту и содержанию инфраструктуры, а также для обеспечения заданных размеров грузового и дальнего пассажирского движения. Для кратковременной стоянки электропоездов используют, как правило, железнодорожные пути, специализированные под работу с пассажирским подвижным составом, а на участках с не интенсивным пригородным движением допускается использование обычных приёмootправочных и прочих путей станций. Практика организации пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом показала, что требуется более широкое внедрение специализированной инфраструктуры для перевозочного процесса и обслуживания МВПС. Этим задачам должны отвечать пункты отстоя и экипировки, которые решают задачи по: организации ночного отстоя МВПС; организации межпикового отстоя МВПС; организации экипировки (водой), очистки вакуумных туалетов и уборки подвижного состава;

обеспечению выполнения технического обслуживания и лёгких форм ремонта МВПС; по обеспечению регулировочных мероприятий по организации движения при сбоях в движении электропоездов и проведении «окон» для выполнения регламентных работ.

При организации пригородных и пригородно-городских перевозок, из перечисленных задач наиболее важными является организация ночного и межпикового отстоя электроподвижного состава. Организация отстоя подвижного состава организуется при условии обеспечения вывода составов с линии и выдачи их обратно под соответствующие рейсы с минимальными затратами. Размещение пунктов отстоя электропоездов на линии влияет на экономические результаты работы всего пригородного участка, а их нерациональное расположение вызывает необходимость регулярных перепробегов МВПС или увеличивает затраты на текущее обслуживание подвижного состава.

При решении задач составления ГО электропоездов исходят либо из неизменности состояния инфраструктуры, либо оценивают необходимость сооружения зонных пассажирских станций для оборота пригородных электропоездов в соответствии с падением густоты пассажиропотока. Однако, анализ условий эксплуатации пригородных участков с интенсивным движением электропоездов показал, что ежедневные перепробеги электропоездов до ближайших свободных и безопасных (охраняемых) пунктов отстоя, где составы не будут подвергнуты нападению вандалов, существенно влияют на показатели ГДП и ГО, и, следовательно, на экономические и технологические параметры перевозок. В итоге, в реальных условиях в периоды начала и окончания интенсивных пригородных пассажирских перевозок могут возникать многочисленные, так называемые «засыльные» рейсы пригородных электропоездов, соединяющие станции начала-окончания пассажирских рейсов со станциями расположения путей отстоя МВПС. Эти рейсы не выполняют

полезную работу по перевозке пассажиров и ложатся финансовым бременем на одного из участников перевозочного процесса (ППК или ЗП).

В качестве пунктов отстоя электропоездов могут использоваться станционные и деповские пути. В практике работы МТУ используются: специализированные пути оборота и отстоя электропоездов на зонных станциях; деповские пути, в том числе ранжирные пути моторвагонных депо; перронные пути головных пассажирских станций и зонных станций; прочие приёмоотправочные пути станций участка.

На рисунке 4.1 приведены существующий и предлагаемый алгоритмы разработки ГДП и другой технологической документации при организации пригородных перевозок. Существующий алгоритм предполагает последовательную разработку документации в соответствии с параметрами транспортного заказа, исходя из требований существующего технического оснащения. На первом этапе разрабатывается эскиз графика движения поездов (ГДП), где производится «увязка» составов МВПС по головным пассажирским станциям и зонным станциям. Исходя из этих увязок составляется эскиз графика оборота (ГО) подвижного состава на участке и если обнаруживается несоответствие или возможность совершенствования ГО путём его корректировки ГДП, то корректируется ГДП. После формирования эскиза ГО, происходит разработка ГО локомотивных бригад, являющегося неотъемлемой частью ГО подвижного состава. При использовании существующего алгоритма расчёта учитывается только существующая железнодорожная инфраструктура, её расположение и ёмкость путей для отстоя подвижного состава.

Предлагаемый алгоритм расчёта содержит дополнительную итерацию по расчёту наиболее эффективного прикрепления путей отстоя к маршрутам ГО подвижного состава. Данная итерация даёт возможность оценить перспективу совершенствования ГО и ГДП на этапе получения транспортного заказа.

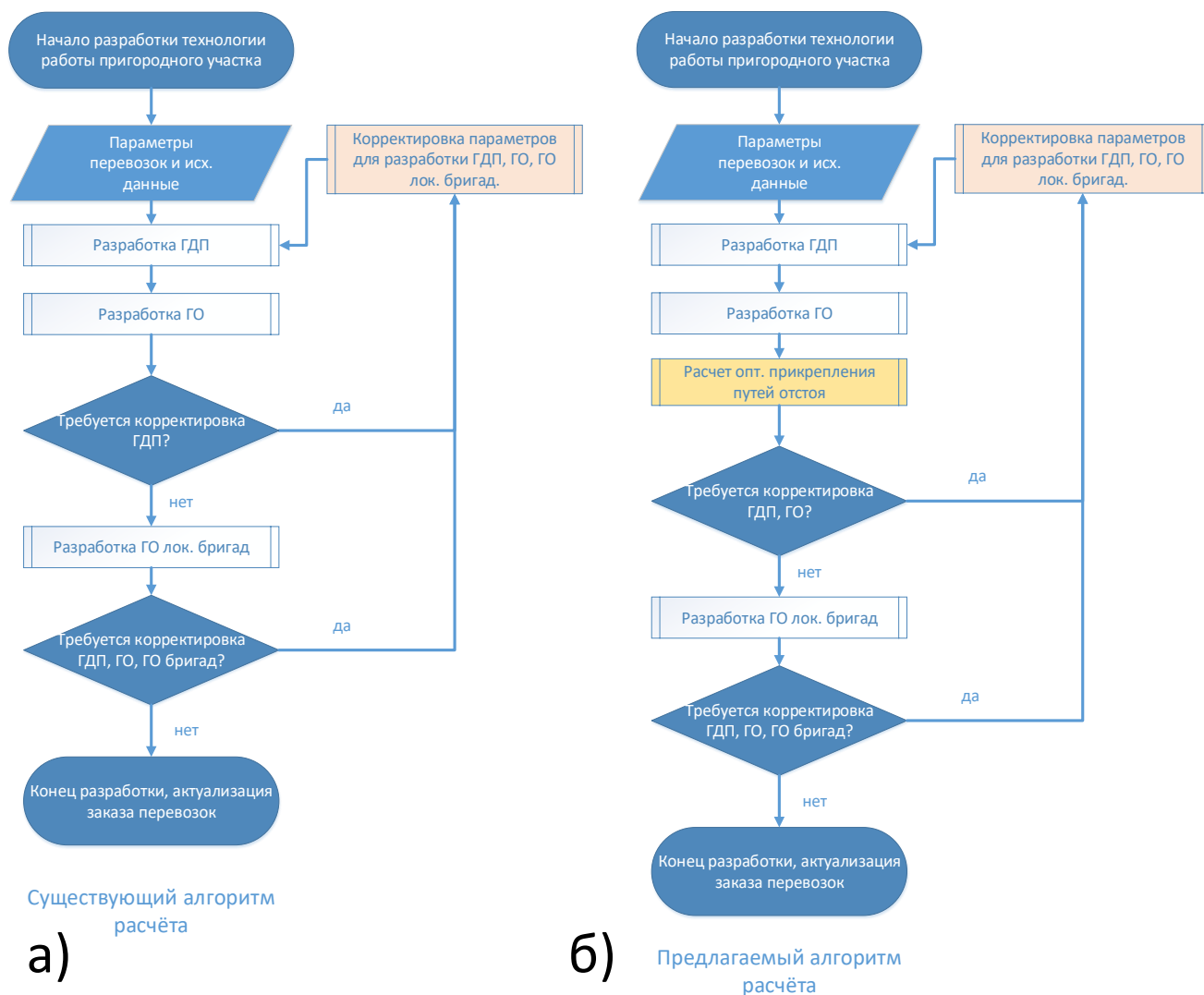


Рисунок 4.1 – Алгоритмы разработки ГДП и другой технологической документации в пригородных пассажирских перевозках

Для отстоя составов пригородных электропоездов могут использоваться следующие следующие железнодорожные пути: пути отстоя (при их наличии) на станции окончания и начала маршрута обращения электропоездов i , пути отстоя на других зонных станциях или в моторвагонных депо или же пути необщего пользования на крупных предприятиях, находящихся в территориальной близости от станций окончания и начала маршрута обращения электропоездов, которыми можно пользоваться в определённое время по соответствующим заранее заключённым договорам. Также могут быть использованы вновь строящиеся или реконструируемые пути на свободных площадках в попутном или встречном направлении по отношению к пассажирскому маршруту пригородного поезда.

На рисунке 4.2 представлено графическое отображение сформулированной выше задачи в виде фрагмента ГДП электропоездов, где «нитки» электропоездов с номерами 6001, 6003, 6005 обозначают три пригородных электропоезда, заканчивающих свои маршруты на станции i (в соответствии с транспортной необходимостью), имеющей лишь один путь для ночного отстоя. Необходимо решить задачу определения эффективного сценария обеспечения двух из трёх электропоездов путями для отстоя и составления *плана расстановки составов на отстой*, при этом должны рассматриваться все рассмотренные выше варианты: строительство новых путей на станции окончания маршрута поездов n , строительство новых путей на свободной площадке перед конечной станцией маршрута $n-1$, использование существующих путей отстоя на следующей за станцией окончания маршрута станции $n+1$ или использование не специализированных путей в качестве путей отстоя на одной из этих станций. Каждый из вариантов оценивается по сумме приведенных капитальных и эксплуатационных затрат.

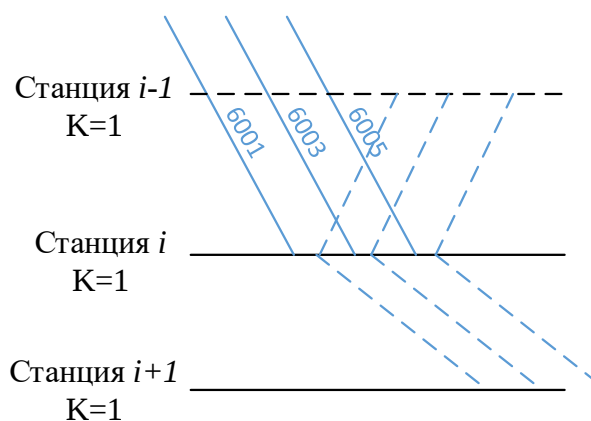


Рисунок 4.2 – Фрагмент ГДП

Задача должна решаться для самого неблагоприятного периода ГО электропоездов, а в условиях пригородно-городских перевозок – это вечерний период суток для рабочего дня. Решение задачи для других периодов должно производиться после расчёта для самого неблагоприятного периода.

При составлении плана расстановки (размещения) составов на отстой также необходимо учитывать следующее (см. рисунок 4.3):

- достаточность количества путей для размещения всех составов электропоездов на ночной период, учитывая, что наиболее эффективные места для ночного отстоя должны быть выбраны на станциях, которые являются условными границами формируемого диаметального сообщения, в непосредственной близости к этим станциям, в пределах диаметального сообщения $(A - a_i)$, или с внешней стороны условных границ диаметров $(A - a_{нт})$, которое позволит достичь минимальных перепробегов подвижного состава для обеспечения соответствия возможной провозной способности линии и потребной провозной способности в утренний час пик;

- достаточность количества путей для размещения составов на отстой в дневной межпиковый период в связи с увеличением интервала движения, пути для которого целесообразно выбирать в пределах образуемого диаметального участка, в пределах его центрального участка $(a_{ц} - b_{ц})$, или наиболее приближенного к нему, что позволит достичь минимальных перепробегов подвижного состава для обеспечения соответствия возможной провозной способности линии и потребной провозной способности в вечерний час пик ;

- достаточность количества путей со смотровыми и ремонтными канавами для текущего обслуживания и безотцепочного ремонта электропоездов;

- обеспечение поточности уборки и выдачи составов электропоездов на линию;

- обеспечение маневренности работы пригородного участка в части сохранения его работоспособности в периоды сбоев в движении и при предоставлении «окон».

Целями поиска наилучшего варианта размещения мест отстоя составов электропоездов являются:

- уменьшение пробегов электропоездов, следующих из пункта отстоя и в пункт отстоя во время начала и окончания движения, и при переходе с «пикового» периода на «непиковый» период и обратно;

- уменьшение строительных затрат, связанных с сооружением новых и реконструкцией существующих станций для нужд оборота и отстоя электропоездов;
- повышение качества использования железнодорожной инфраструктуры и подвижного состава.

4.2 Определение режимов эксплуатации подвижного состава при формировании диаметральных маршрутов

На основе классификации участков формируемого диаметрального сообщения приведенного в разделе 2.3 выделим наиболее характерные для организации движения подвижного состава корреспонденции. Схема диаметрального участка и выделенных наиболее характерных корреспонденций приведена на рисунке 4.3. Классифицируем выделенные корреспонденции, определив область применения каждого полурейса:

1) Полурейс ночного отстоя – полурейс, направленный от условных границ диаметрального сообщения A, B на внешний участок к раздельным пунктам с путями отстоя $a_{нт}, b_{нт}$. Применяется в случае отсутствия или нехватки путей отстоя в период ночного прекращения движения пригородных поездов на станциях A и B . Указанный период суток является сферой эффективного использования подобного засыльного рейса так как в утренний и вечерний период проследование подвижного состава будет совпадать с направлением наибольшего спроса на перевозку в данный период.

2) Нежелательный засыльный полурейс – полурейс, направленный от начальных условных границ диаметрального сообщения A, B (зонных станций) на внутренний раздельный пункт, находящийся в пределах прилегающего радиального участка a_m, b_m . Следует применять только в случае отсутствия путей

отстоя как на выбранной условной границе диаметального сообщения, так и на ближайших станциях с внешней стороны диаметального участка в силу невозможности компенсации эксплуатационных расходов на организацию засыльного рейса.

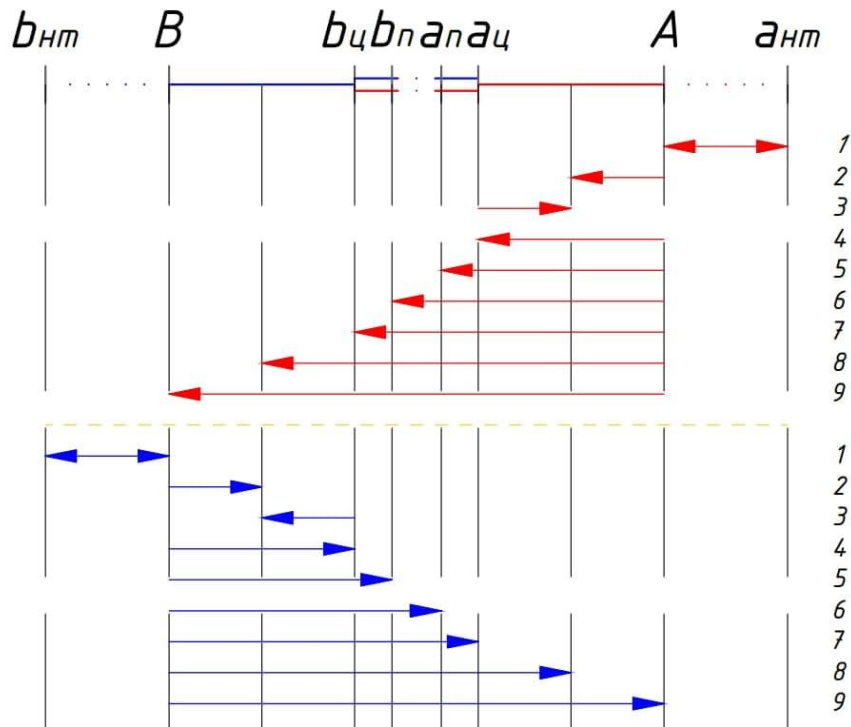


Рисунок 4.3 – Выделение наиболее характерных корреспонденций на диаметральном участке

3) Полурейс дневного отстоя - полурейс, направленный от внутренних границ диаметального сообщения $a_{п}$ и $b_{п}$. Применяется в случае отсутствия или нехватки путей отстоя электропоездов в дневной межпиковый период на головных пассажирских станциях радиальных маршрутов. Полурейс совершается в сторону одного из радиальных маршрутов до станции $a_{т}, b_{т}$ с целью уменьшения расходов на организацию данного полурейса посредством охвата участка с имеющимся пассажиропотоком в рассматриваемый период суток.

4) Классический радиальный полурейс – полурейс на рассматриваемом диаметральном участке проходящий от условной внешней границы A, B до внутренней границы сопрягаемых радиальных сообщений $a_{п}$ и $b_{п}$, совершение

которого целесообразно при организации дальнепригородного сообщения, выходящего за пределы диаметального участка.

5) Нежелательный переходный ночной отстой – полурейс организованный от внутренних границ сопрягаемых радиальных сообщений a_{Π} и b_{Π} на отдельный пункт, расположенный в пределах участка перехода, используемый в случае позднего прибытия состава на станции a_{Π} и b_{Π} и нецелесообразности организации дополнительного полурейса в направлении внешней границы диаметра.

6) Квазидиаметральный технологический полурейс – специализированный полурейс совершаемый от условной внешней границы одного сопрягаемого радиуса, до внутренней границы другого сопрягаемого радиуса, например от A до b_{Π} , применяющийся в случае отсутствия необходимого путевого развития на станции a_{Π} для осуществления оборота электропоездов или межпикового отстоя, но фактически данный полурейс является диаметральным так как он полностью пересекает переходный участок.

7) и 8) Квазидиаметральный полурейс – полурейс осуществляемый электропоездом от условной границы одного сопрягаемого радиуса, до отдельного пункта, расположенного на другом сопрягаемом радиусе (например от A до b_m), оборачиваемый по данному отдельному пункту и отправляющийся в обратном направлении, который целесообразно применять только в случае технологической невозможности продления некоторых ниток ГДП до второй границы диаметального сообщения.

9) Классический диаметральный полурейс – полурейс, при котором подвижной состав проходит по всему участку рассматриваемого диаметального сообщения от A до B , совершая остановки на всех станциях и остановочных пунктах, и при наличии технологической возможности организации данных полурейсов на формируемом диаметральном сообщении большинство электропоездов должно проследовать в указанном режиме.

При построении ГДП и ГО подвижного состава различные полурейсы применяются комбинированно и образуют следующие типовые технологические рейсы (рисунок 4.4):

- Технологический рейс ночного отстоя;
- Классический радиальный рейс;
- Классический диаметральный рейс;
- Технологический рейс дневного отстоя;
- Комбинированный радиальный рейс;
- Комбинированный диаметральный рейс;
- Брошенный рейс.

Следует обратить внимание на возможность появления брошенных рейсов - согласно принципам, изложенным в разделе 2.1, часть составов, следующих с нарушениями ГДП или при сбоях на линии могут подвергаться регулировочным воздействиям и, как следствие, будет динамически изменяться их режим движения на диаметральной маршруте.

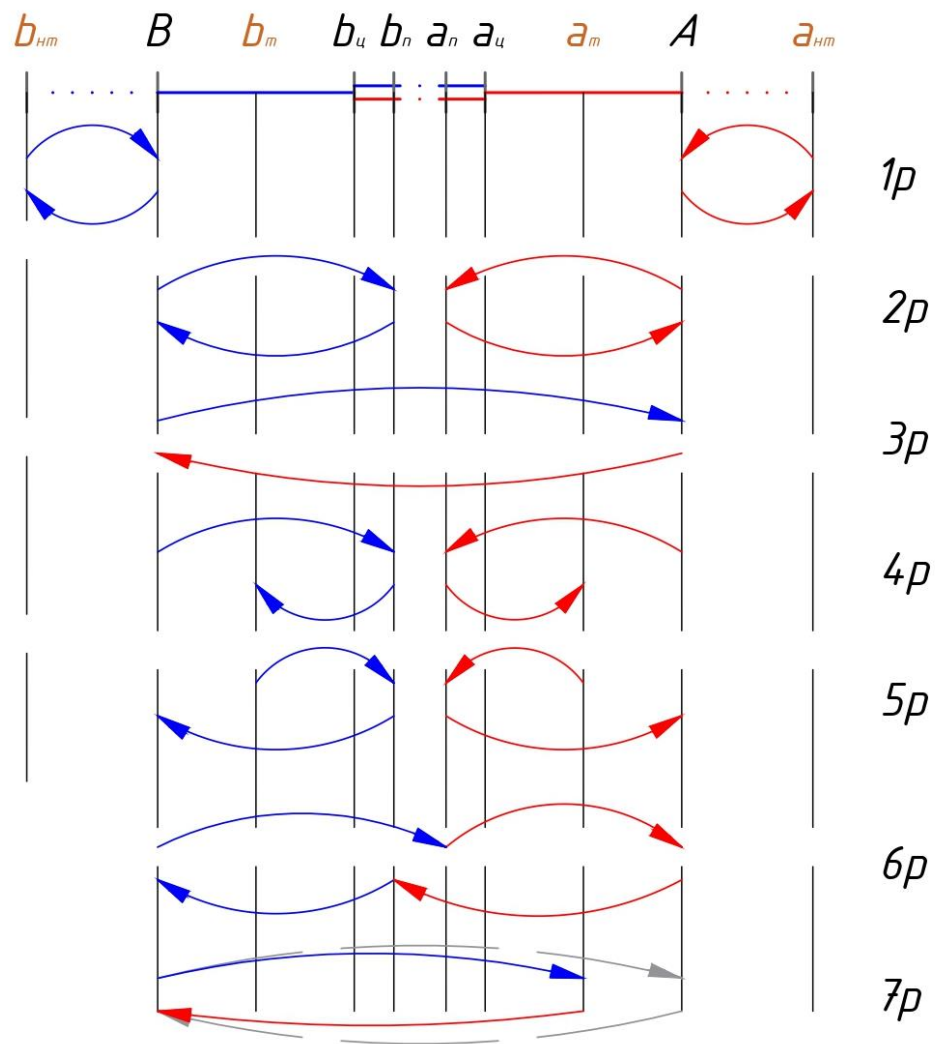


Рисунок 4.4 – Типовые технологические рейсы подвижного состава при диаметральном сообщении.

4.3 Оценка инвестиционных решений при выборе размещения и ёмкости мест отстоя электропоездов

Общий подход в современной теории принятия инвестиционных решений на основе теории оптимального управления дискретными системами разработан в [11,16,17,19,20,43,100,153,184]. Свойства уравнения Беллмана изучались в [124]. Эта теория разработана для предприятия, выпускающего конкретную

продукцию и реализующего её на рынке. Опыт практического применения позволил выбрать показатели наилучшего критерия, экономически эффективного инвестиционного проекта. Ими являются *относительный чистый приведённый дисконтированный доход NPV (Net Present Value) и рентабельность (Profitability Index)*. В этих работах приводится выражение дискретного аналога гамильтониана и используется принцип максимума Л.С. Понтрягина, однако к пригородным пассажирским компаниям (ППК) в РФ данный подход использовать нельзя, по причинам, описанным ниже.

Находясь в условиях неопределённости связанных с ситуацией в экономике, с индексациями тарифов естественных монополий, с инфляцией и сложностью точного прогнозирования объёмов перевозочной работы на среднесрочную и долгосрочную перспективу, можно предложить следующую технологию и стратегию инвестиций в обустройство путей отстоя электропоездов:

- осуществлять засыльные рейсы освободившихся электропоездов после выполнения пассажирских рейсов на уже существующие ж.д. пути данной и других близко расположенных станций в пределах пригородного участка согласно принципам, описанным выше;
- в случае изменения размеров движения и нехватки путей отстоя необходимо формирование заявки на целевое финансирование ЗП для выделения средств на строительство новых путей;
- сравнение инвестиционных сценариев сохранения использования существующих путей (в т.ч. с перепробегами подвижного состава) и обустройства новых.

Пример расчёта эффективности инвестиций в развитие специализированной инфраструктуры для нужд отстоя электропоездов приведен в Приложении Е.

Сохранение действующей схемы управления ключевыми активами пригородного пассажирского комплекса железнодорожного транспорта

(подвижной состав, ремонтные предприятия, пассажирская инфраструктура) приводит к отсутствию мотивации у участников перевозочного процесса к повышению собственной эффективности. Это связано с тем, что учредителями большинства ППК являются ОАО «РЖД», местные администрации (МА) и некоторые частные инвесторы (ЧИ). Одновременно местные администрации являются заказчиками перевозки (ЗП) пассажиров на социально-значимых маршрутах, определяя уровень тарифов, размеры движения поездов и маршрутную сеть.

В таких условиях все участники перевозочного процесса (ЗП, ППК и владелец инфраструктуры) противопоставлены друг другу, а их взаимодействие нацелено не на повышение их эффективности и не на развитие перевозок, а на уменьшение текущих затрат. Финансирование развития существующей, и строительство специализированной инфраструктуры для организации пригородных перевозок этими субъектами сдерживается нестабильностью объёмов перевозок и объёмами финансирования со стороны ЗП.

Величина потребных инвестиций на дальнейшее развитие пригородно-городских пассажирских перевозок непосредственно связана со следующим порядком взаиморасчётов участников перевозочного процесса:

- уполномоченные представители региона заказывают необходимые для решения социально-экономических задач размеры движения пригородных поездов и устанавливают совместно с ОАО «РЖД» уровень тарифа, который будет действовать на территории региона;

- пригородная пассажирская компания (ППК) организует перевозку, то есть арендует или закупает подвижной состав, заключает договора с ОАО «РЖД», получает все согласования, продаёт билеты, содержит остановочные пункты, арендует их у ОАО «РЖД» и так далее;

- ППК делает годовой финансовый отчёт, и если выручка от продаж билетов не покрывают понесённых затрат, то оставшуюся разницу ППК запрашивают у ЗП, который обязан по договору её компенсировать.

Таким образом, субсидии (целевое финансирование) от учредителей и ЗП, направленные в ППК *фактически не участвуют в формировании результатов хозяйственной деятельности ППК*. Пригородная компания не мотивирована на изменение технологии перевозочного процесса, решение проблемы уменьшения затрат и эффективного использования инвестиций для развития ж.д. инфраструктуры на создание мест отстоя электропоездов в дневных промежутках между часами «пик» и в ночной период.

4.4 Алгоритм расчета числа составов в обороте при организации диаметального движения

Сформированные цели и ограничения позволяют определить последовательность и алгоритм определения мест размещения и потребной ёмкости путей для отстоя электропоездов:

1. Анализируется схема густоты пассажиропотоков на стыкуемых радиальных участках, в различных сечениях;
2. Определяются станции, являющиеся границами радиального участка, центрального участка или участка перехода;
3. Проводится расчёт потребных размеров движения для обеспечения провозной способности на участках, для различных временных промежутков, рассмотренных в разделе 2.2;
4. Проводится расчёт минимального потребного количества составов, эксплуатируемого на диаметральном участке $N_{\text{пик}}^{\text{min}}$ для пиковых (утреннего и вечернего) и непиковых $N_{\text{непик}}^{\text{min}}$ периодов суток:

$$N_{\text{пик}}^{\text{утр. (веч.)}} = \frac{\sum_{j=0}^p T_{\text{об пик } j}^{\text{утр. (веч.)}} * N_{\text{пик } j}^k}{\sum_{j=0}^p \sum_{t=0}^k I_{\text{пик } j}} + \sum_{j=0}^p N_{\text{рез пик } j} \quad (4.1)$$

$$N_{\text{непик}} = \frac{\sum_{j=0}^p T_{\text{непик } j} * N_{\text{непик } j}^k}{\sum_{j=0}^p \sum_{t=0}^k I_{\text{пик } j}} + \sum_{j=0}^p N_{\text{рез непик } j} \quad (4.2)$$

где: $\sum_{j=0}^p T_{\text{об пик } j}^{\text{утр. (веч.)}}$ – общая продолжительность диаметральных рейсов составов электропоездов в утренний или вечерний час «пик» всех категорий пригородных электропоездов j , обращающихся на рассматриваемом диаметральной участке, мин; $N_{\text{пик } j}^k$ – количество поездов категории j обращающихся на рейсах продолжительностью T ; $\sum_{j=0}^p \sum_{t=0}^k I_{\text{пик } j}$ – сумма межпоездных интервалов за рассматриваемый период t , всех категорий пригородных электропоездов j , обращающихся на рассматриваемом диаметральной участке, мин; $\sum_{j=0}^p N_{\text{рез пик}}$ – количество резервных электропоездов, предусмотренных для часа пик.

5. Из полученных значений потребного количества составов электропоездов в дневной и вечерний пик выбирается итоговое наибольшее:

$$N_{\text{пик}} = \max \{N_{\text{пик}}^{\text{утр.}}; N_{\text{пик}}^{\text{веч.}}\} \quad (4.3)$$

6. Проводится расчет общего потребного числа составов электропоездов в обороте, которое определяется как сумма количества составов обеспечивающих движение на диаметральной участке, и составов, находящихся в депо:

$$N_{\text{лин. пик}} = N_{\text{пик}} + \sum_{j=0}^p N_{\text{депо пик}}^{\text{рем}} \quad (4.4)$$

где $\sum_{j=0}^p N_{\text{депо пик}}^{\text{рем}}$ – количество электропоездов всех категорий j , находящихся в депо час «пик»;

7. Определяется число составов, отставляемых от работы и направляемых на пути отстоя в «непиковый» период как разность числа составов в работе в «пиковый» и «непиковый» период:

$$N_{\text{непик}}^{\text{отст}} = (N_{\text{пик}} + N_{\text{депо}}^{\text{пик}}) - (N_{\text{непик}} + N_{\text{депо}}^{\text{непик}}) \quad (4.5)$$

Потребное количество ремонтных деповских путей $m_{\text{рем}}$, а также путей экипировки $m_{\text{эк}}$ рассчитывается по формулам 4.5 и 4.6:

$$m_{\text{рем}} = \frac{\sum \frac{Nl}{L_i}}{365*24} * t_{\text{оби}} \quad (4.6)$$

где: $\sum Nl$ – суммарный годовой пробег электропоездов, (поездо-км); L_i – норма пробега для i -го вида обслуживания, (поездо-км); $t_{\text{оби}}$ – продолжительность обслуживания по i -му типу, (час).

$$m_{\text{ЭК}} = \frac{N_{\text{пик}} * t_{\text{ЭК}} * n_{\text{ЭК}}}{(24 - T_{\text{пик}})} * k_{\text{н}} \quad (4.7)$$

где: $n_{\text{ЭК}}$ – количество экипировок в течение суток; $t_{\text{ЭК}}$ – продолжительность одной экипировки; $k_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности захода электропоездов на экипировку; $T_{\text{пик}}$ – продолжительность «пиковых» периодов, в течение которых все составы находятся в обороте.

Затем для итогового количества составов в обороте рассчитывается требуемое количество путей отстоя в непиковый период и в ночной период отдельно.

4.5 Выбор математического аппарата для формализации расчёта выбора места размещения и ёмкости мест отстоя электропоездов

Задача выбора мест размещения отстоя электропоездов относится к инженерным задачам и может быть решена методами исследования операций. Для составления плана расстановки составов, определения ёмкости и размещения пунктов отстоя электропоездов построена экономико-математическая модель а также установлен критерий для выбора наиболее эффективного варианта решения.

Методы исследования операций включают в себя множество подходов и методик, приспособленных для решения определённых видов задач. Для выбора математического аппарата определим перечень исходных данных и зададим критерий эффективности.

К переменным факторам можно отнести параметры работы пригородного участка и целевое состояние пригородного участка. К постоянным факторам в рамках решения поставленной задачи можно отнести:

- экономические параметры перевозок пассажиров на рассматриваемом полигоне;
- технологические параметры перевозок;
- инфраструктурные параметры рассматриваемого полигона, в том числе стоимостные параметры строительства дополнительных объектов инфраструктуры.

Экономические параметры перевозок и содержания инфраструктуры включают в себя все действующие и известные расходные и доходные ставки, используемые в экономике железнодорожных перевозок. Стоимостные расходные ставки связанные с движением электропоездов по железнодорожным участкам включают:

- вагоно-километры и поезд-километры пробега электропоездов, учитывающие расходы перевозчика и владельца инфраструктуры на износ подвижного состава в движении (ремонт, амортизация и текущее содержание подвижного состава);
- вагоно-часы и поезд-часы пробега электропоезда – учитывающие расходы перевозчика и владельца инфраструктуры на работу поезда на железнодорожном участке;
- бригадо-часы работы локомотивных бригад – включающие затраты перевозчика на оплату труда поездных бригад.

Технологические параметры перевозок включают в себя:

- маршрутную сеть обращения пригородных и ПГЭП с перечнем маршрутов, а также начальные и конечные станции пассажирских рейсов;
- составность электропоездов или вместимость составов;
- тип подвижного состава, применяемый на каждом из маршрутов, длина состава;

- графиковые параметры пригородного участка – времена проследования поездов по перегонам, станционные интервалы, времена на разгон и замедление электропоездов;

- технологические параметры зонных и головных пассажирских станций – включая нормативные времена, влияющие на оборот состава, времена на выдачу-уборку состава, наличие враждебных пересечений маршрутов следования электропоездов;

- перечень действующих пунктов отдыха локомотивных бригад и их параметры (вместимость, время);

- технологические параметры пунктов обслуживания подвижного состава (деповских комплексов и пунктов экипировки) – число путей, производительность, выполняемые виды обслуживания и ремонта и т.д.

Инфраструктурные параметры пригородных участков включают в себя параметры зонных станций и параметры железнодорожных участков:

- количество зонных путей для отстоя составов пригородных электропоездов и их параметры (длина, расположение, наличие экипировочных устройств),

- наличие других станционных путей и их параметры (наличие электрификации, полезная длина, расположение, балансодержатель и владелец);

- наличие свободных площадок в границах станций участка для обустройства новых путей отстоя;

- длина перегонов;

- взаимное расположение станций и отдельных пунктов;

- укрупнённые сметные нормативы на строительство железнодорожной инфраструктуры в рассматриваемом климатическом поясе или регионе.

Очевидно, что перечень потенциально-пригодных для размещения пунктов оборота площадок или перечень путей, которые могут быть оборудованы для отстоя составов пригородных электропоездов может быть составлен только в процессе эскизной проектной проработки. Для решения этой задачи с необходимой точностью возможно использование геоинформационных

систем (ГИС), но анализ показывает, что в условиях пригородно-городских перевозок на урбанизированных территориях число таких площадок ограничено. Основные требования к местоположению потенциальных пунктов отстоя электропоездов учитывают, что при использовании существующих площадок и их путей, режим их задействования или не предусматривает их занятия в ночное время, или существуют прочие пути станций, пригодные для выполнения аналогичных задач. При оценке возможности сооружения новых путей, в том числе за пределами станций, на новых площадках, должны оцениваться местные топологические условия во избежание необходимости сооружения дорогостоящих искусственных сооружений.

Обобщив изложенное выше, получаем задачу, решением которой будет прикрепление отдельных составов к путям отстоя (существующим или потенциальным) с учётом сравнения получаемых решений по величине возникающих капитальных или эксплуатационных затрат, то есть готовый план расстановки составов электропоездов на отстой. Критерием эффективности будет сумма приведенных затрат на использование выбранных путей для отстоя подвижного состава при заданном ГДП и числе отстаиваемых электропоездов.

Стоимостные оценки прикрепления составов к путям отстоя представлены в виде матрицы в таблице 4.1. Матрица оценок прикрепления составляется исходя из следующих ограничений:

- число вновьстроящихся путей на станции K , исходя из условий концентрации персонала и экипировочных устройств обслуживания подвижного состава должно быть не менее 3, то есть $G_k \geq 3$;

- суммарное число путей для отстоя электропоездов должно быть не менее числа составов в обороте, исходя из условия прекращения движения в ночной период, в число которых входят деповские пути, не занятые маневровыми передвижениями с обслуживаемым подвижным составом;

- в качестве допущения принимается парность размеров движения электропоездов в ГДП, то есть число прибывающих на ночной отстой составов

равно числу отправляющихся составов в утренний период, условие которое выполняется на большинстве пригородных участков.

Для каждой станции задаются стоимости «прикрепления» P_{ij}^{kl} составов i к путям отстоя j выраженные суммой приведенных инвестиционных и эксплуатационных затрат:

$$P_{ij}^{kl} = P_{i \text{ экспл}}^{b-j} + P_{k \text{ кап}}^j, \text{руб} \quad (4.8)$$

где: $P_{i \text{ экспл}}^{b-j}$ – приведенные общие эксплуатационные затраты на перестановку состава i со станции окончания пассажирского маршрута b на станцию отстоя j ; $P_{k \text{ кап}}^j$ – приведенные капитальные затраты на обустройство или сооружение j -ого пути отстоя на станции k .

Таблица 4.1 – Макет матрицы оценок прикрепления состава к путям отстоя $\{P_{ij}^{kl}\}$

Станция k	Номер пути отстоя j	Номер состава l_l									
		Четное направление ($l = 1$)					Нечетное направление ($l = 2$)				
		1	2	3	...	l_1	1	2	3	...	l_2
1	1										
	...										
	G_1										
2	1										
	...										
	G_2										
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
K	1										
	...										
	G_K										

Оценка величины затрат, возникающих при перепробеге составов электропоездов от мест окончания пассажирских рейсов электропоездов до мест отстоя осуществляется с помощью матрицы себестоимостей рейсов, задаваемых в зависимости от направления пробега электропоезда по следующей формуле:

$$P_{i \text{ экспл}}^{b-j} = P_{i \text{ пробег}}^{b-j} + P_{i \text{ пробег}}^{j-b} + P_{\text{доп}}^k + P_{\text{доп}}^b \quad (4.9)$$

где: $P_{i \text{ пробег}}^{b-j}$ – стоимость пробега состава электропоезда от b -й станции окончания пассажирского маршрута до k -й станции с путями отстоя, учитывающая вагоно-часы пробега, поездо-часы в движении, бригадо-часы работы локомотивной бригады, поездо-километры пробега электропоезда в поездном режиме, руб; $P_{i \text{ пробег}}^{j-b}$ – стоимость обратного пробега состава электропоезда от k -й станции отстоя электропоезда до b -й станции начала пассажирского маршрута, руб; $P_{\text{доп}}^k$ – величина дополнительных затрат на перестановку состава электропоезда на один из зонных путей в пределах станции k (среднее значение по всем путям станции), руб; $P_{\text{доп}}^b$ – величина дополнительных затрат на изменение направления движения состава на b -й станции начала пассажирского маршрута, руб;

$$P_{\text{доп}}^k = P_{\text{поездо-час}}^k + P_{\text{бригадо-час уборки}}^k + P_{\text{бригадо-час доп}}^k, \quad (4.10)$$

где: $P_{\text{поездо-час}}^k$ – затраты поездо-часов на маневровую работу с составом электропоезда по перестановке состава с перегона на путь отстоя, руб;

$P_{\text{бригадо-час уборки}}^k$ – затраты бригадо-часов на маневровую работу по перестановке состава и на приёмо-сдаточные операции с составом до момента оставления состава, руб; $P_{\text{бригадо-час доп}}^k$ – затраты бригадо-часов на дополнительные операции с момента оставления состава до начала длительного отдыха, руб.

Величина $P_{k \text{ кап}}^j$ для вновьстроящихся путей принимается как результат укрупнённого сметного расчёта, включающего земляные работы, строительство пути, стрелочных переводов, СЦБ, электрификации, пешеходных и автомобильных путей и пр. Реконструкция, изменение специализации существующих путей оценивается с учётом косвенных затрат от изъятия путей из других видов работы по сумме приведенной упущенной прибыли от эксплуатации ликвидируемого подъездного пути и стоимости затрат на усиление инфраструктуры взамен изъятной под нужды обслуживания пассажирского подвижного состава.

При этом рассматриваются наиболее удобные свободные площадки в полосе отвода железной дороги или в непосредственной близости от полосы отвода, а рассматриваемый полигон включает всю линию пригородно-городских перевозок и 20-километровые участки ж.д. линий за пределами основного полигона обращения электропоездов.

Для обозначения прикрепления составов введём булевы переменные x_{ij}^{kl} , принимающие следующие значения:

$$x_{ij}^{kl} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ый состав } l\text{-ого направления прикрепляется к } j\text{-ому} \\ & \text{пути на } k\text{-ой станции;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (4.11)$$

при: $i = 1, \dots, I_l; k = 1, \dots, K; j = 1, \dots, G_k; l = 1, 2$.

Также должно выполняться условие прикрепления состава лишь к одному пути и прикрепление лишь одного состава к каждому из путей:

$$\begin{cases} \sum_{l=1}^2 \sum_{i=1}^{I_l} x_{ij}^{kl} = 1, \forall k, j \\ \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{G_k} x_{ij}^{kl} = 1, \forall i, l \end{cases} \quad (4.12)$$

Для решения поставленной задачи составления плана расстановки на отстой составов электропоездов по станциям пригородного участка требуется минимизировать суммарные затраты на прикрепление составов электропоездов к путям отстоя:

$$F = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^2 \sum_{j=1}^{G_k} \sum_{i=1}^{I_l} (P_{ij}^{kl} * x_{ij}^{kl}) \rightarrow \min \quad (4.13)$$

Задача, сформулированная в выражениях (4.8)-(4.13) является задачей линейного программирования об оптимальных назначениях, и решается стандартными методами.

Разработка технологии работы пригородного участка является итерационным процессом, а план расстановки составов строится на один из этапов этого процесса – на ГДП, где нанесены размеры движения, входящие в транспортный заказ, но ещё отсутствует полная технологическая увязка процессов организации движения поездов. В ГДП отсутствуют технологические рейсы подвижного состава, и ещё не выбрано оптимальное их число, что

является в том числе предметом расчёта сформированной задачи. Полученная экономико-математическая модель может быть использована с различной степенью детализации для расчёта расстановки подвижного состава на пригородных участках железных дорог, при проектировании линий метрополитенов, а также для линий НГПТ, где проблема отстоя подвижного состава идентична.

Автоматизация составления системы уравнений для расчёта мест размещения и ёмкости мест отстоя электропоездов и представлена в Приложении Ж.

Выводы по главе 4

1. Сделан вывод о необходимости развития специализированной железнодорожной инфраструктуры для временного размещения составов электропоездов в межпиковые периоды днём и в ночные периоды в рамках разработки технологической документации в виде зонных путей или путей отстоя электропоездов.
2. Проклассифицированы возможные корреспонденции, возникающие при организации движения ПГЭП на диаметральных маршрутах. Выделены 8 видов полурейсов, возникающих при организации движения поездов по диаметральным маршрутам.
3. Сделан вывод о том, что экономически оправданно обустраивать новые пути отстоя электропоездов на пригородных участках железных дорог, однако требуется проводить расчёты наиболее эффективного размещения этих путей во избежание лишних расходов на перепробеги подвижного состава.
4. Сформулирована методика расчёта числа составов электропоездов, вовлечённых в работу на диаметральном маршруте ПГЭП.
5. Формализована задача выбора мест размещения и ёмкости мест отстоя электропоездов при организации движения ПГЭП на диаметральных маршрутах.. С помощью комплексного сравнения приведенных эксплуатационных и капитальных затрат рассчитываются наиболее эффективные сценарии развития инфраструктуры.

5 АПРОБАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРИГОРОДНЫХ И ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ПРИМЕРЕ КУРСКО-РИЖСКОГО ДИАМЕТРА МОСКОВСКОГО ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА

5.1 Выбор мест размещения и ёмкости путей отстоя составов электропоездов на примере Рижского направления МТУ

В качестве апробации разработанной методики выбора мест размещения отстоя электропоездов выбрано Рижское направление МТУ. Для расчётов взяты станции, являющиеся в настоящее время зонными, а также станции, на которых может быть выполнено обустройство путей отстоя:

- ст. Москва-Рижская - головная пассажирская станция обеспечивающая пропуск транзитных пригородно-городских электропоездов на диаметральные маршруты, приём и отправление пассажирских поездов дальнего следования, а также приём и отправление пригородных электропоездов;

- ст. Подмосковная - участковая станция 1 класса, обеспечивающая оборот и отстой электропоездов Рижского направления на приёмо-отправочных путях своих парков. На станции располагается моторвагонное депо ТЧ-96, обслуживающее парк электропоездов семейства «Ласточка», обслуживающих различные маршруты в МТУ, в том числе внутригородские перевозки по МЦК;

- ст. Тушино - грузовая станция, являющаяся зонной для электропоездов, следующих со стороны области в Москву благодаря наличию пересадки на метрополитен, обеспечивает оборот и отстой электропоездов через зонный тупиковый путь;

- ст. Нахабино - грузовая станция, являющаяся зонной пассажирской с примыканием моторвагонного депо ТЧПРИГ-17. Обеспечивает оборот и отстой большого числа электропоездов и была существенно реконструирована с

запуском маршрута МЦД-2 «Нахабино – Подольск» (сооружен дополнительный парк отстоя, переустроено путевое развитие, построен пассажирский конкорс);

- ст. Дедовск, ст. Новоиерусалимская, ст. Холщёвики и ст. Шаховская - грузовые станции, расположенные в Московской области, являющиеся зонными для электропоездов, следующих из Москвы. Обеспечивают оборот и отстой электропоездов на специализированных путях. Станция Шаховская и участок Волоколамск – Шаховская электрифицированы только для обращения пригородных электропоездов, то есть грузовые поезда обращаются на автономной тяге;

- ст. Волоколамск - участковая станция, обеспечивающая смену локомотивов пассажирским поездами дальнего следования и грузовым поездам, а также оборот и отстой электропоездов на приёмоотправочных путях и специализированных путях отстоя.

В таблицах 5.1-5.2 приведены исходные данные, использованные для расчётов мест размещения и ёмкости пунктов отстоя электропоездов.

Таблица 5.1 – Исходные данные о станциях участка для расчёта мест размещения и ёмкости пунктов отстоя электропоездов на Рижском направлении МТУ

Наименование станций	Километр расположения оси станции	Существующие пути отстоя	Потенциальные пути отстоя	Количество электропоездов, заканчивающих пассажирские маршруты станции
Москва-Рижская	0,5	3	1	4
Подмосковная	8,2	2	6	0
Тушино	14,9	1	0	0
Нахабино	33,5	17	0	11
Дедовск	38,1	0	1	2
Новоиерусалимская	60,5	3	0	4
Холщёвики	68,9	0	0	0
Румянцево	80,5	0	1	4
Волоколамск	125,5	3	6	4
Шаховская	153,8	3	3	2

Таблица 5.2 – Базовые расходные ставки принятые для технико-экономических расчётов мест размещения и ёмкости пунктов отстоя электропоездов

Наименование базовой расходной ставки	Значение базовой расходной ставки
Вагоно-километр пробега электропоезда ЭС2Г «Ласточка»	49,43 руб/км
Вагоно-час работы электропоезда ЭС2Г «Ласточка»	282,25 руб/ваг.час
Бригадо-час работы локомотивной бригады электропоезда ЭС2Г «Ласточка»	1552,09 руб/час
Стоимость строительства 1 км электрифицированного приёмо-отправочного пути согласно НЦС 07-07-001-03	102, 1 млн руб
Стоимость строительства стрелочного перевода марки 1/11	3,55 млн руб
Стоимость отсыпки 1 кубометра грунта	22700 руб

В таблице 5.3 приведены результаты оценки стоимости сооружения новых путей отстоя на некоторых зонных станциях рассматриваемого участка. Для каждой из станций проведён расчёт трудоёмкости сооружения 9 путей исходя из эскизного проектирования расположения новых путей в местных условиях. Расчёт производился с целью определения величины капитальных затрат на сооружение нового приёмо-отправочного железнодорожного пути, которая составила 134 426 тыс. руб.

Таблица 5.3 – Расчёт укрупнённой стоимости сооружения приёмо-отправочных путей на некоторых зонных станциях участка, тыс. руб.

Наименование зонной станции	Порядковый номер нового потенциального пути отстоя								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нахабино	255 689	168 136	145 436	145 436	145 436	145 436	276 121	145 436	145 436
Дедовск	208 164	162 764	162 764	176 537	134 086	122 736	122 736	122 736	122 736
Новоиерусалимская	122 736	122 736	197 948	168 136	145 436	145 436	145 436	276 121	145 436
Румянцево	136 508	122 736	122 736	122 736	122 736	122 736	122 736	122 736	122 736
Волоколамск	65 986	65 986	65 986	65 986	65 986	65 986	65 986	65 986	65 986
Шаховская	187 589	122 736	122 736	122 736	122 736	122 736	122 736	122 736	122 736

По приведенным выше исходным данным, в соответствии с формулами (4.7) и (4.8) был проведён расчёт расходных ставок прикрепления составов к путям отстоя (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Расчётные стоимости прикрепления составов к путям отстоя

Наименование расчётной расходной ставки	Значение расчётной расходной ставки, руб
Стоимость прикрепления состава электропоезда к существующему пути отстоя на станции окончания пассажирского маршрута	43021
Приведенные общие эксплуатационные затраты на перестановку состава на другую станцию	623
Стоимость прикрепления состава электропоезда	36829

В программе Microsoft Excel с помощью стандартной функции «поиск решения» был проведён расчёт целевой функции (4.12) с ограничениями (4.10-4.11) для двух сценариев единоразового прикрепления 31 состава к путям отстоя: без ввода дополнительных путей (существующее положение) и с сооружением дополнительных путей, которые составили:

- стоимость прикрепления составов на существующее положение – **2 054 510 руб;**

- стоимость прикрепления составов с сооружением дополнительных путей – **1 568 648 руб.**

Результаты расчётов приведены в Приложении И. Получившаяся экономия в размере 485 862 руб. в сутки (177,3 млн. рублей в год) достигается за счёт сооружения 3 новых путей отстоя, приближенных к местам окончания маршрутов движения поездов. Результаты расчётов и итоговый экономический эффект может различаться в соответствии с местными условиями, например при использовании подвижного состава с более дешёвым жизненным циклом, или при значительном увеличении капитальных затрат на сооружение новых путей отстоя, результаты расчёта могут показать нецелесообразность изменения существующей технологии расстановки составов на отстой. Аналогично, при увеличении расстояний между станциями (увеличении длины пригородного участка), при увеличении стоимости жизненного цикла подвижного состава, а также при возможности обустройства новых путей отстоя с минимальными затратами, расчёты в технико-экономической модели покажут, что обустройство новых путей целесообразно.

5.2 Особенности разработки графика движения поездов Рижского направления Московского транспортного узла

При разработке ГДП Рижского направления было принято предцелевое состояние развития МТУ (образца 2030 г) в соответствии с программными документами (Генеральная схема развития МТУ и др.), для которого было принято следующее техническое оснащение:

- участок Москва-Курская – Волоколамск 2-х путный, Москва-Рижская – Марьино Роща (бывш. Риж. Стрелка № 3,4) - однопутный;
- Рижское направление по временной схеме работает в МЦД в увязке с 1 и 2 главными путями Курского направления (до переключения на Рижско-Горьковскую или иную связку радиусов);
- СИР обеспечивают межпоездной интервал на участке Москва – Дедовск не более 5 мин, Дедовск – Новоиерусалимская - 6 минут, Новоиерусалимская – Волоколамск – 8 минут.

В таблице 5.5 приведены интервалы проведения технологических перерывов на железнодорожных участках Рижского направления.

Таблица 5.5 – Интервалы проведения технологических перерывов на Рижском направлении

Участок	Направление	
	Четное	Нечетное
Москва Рижская - Нахабино	0:40 – 04:40	01:35 – 05:35
Нахабино - Волоколамск	12:40 – 14:40	12:20 – 14:20
Волоколамск - Шаховская	10:40 – 12:05	

На участке приняты следующие размеры движения пригородно-городских и пригородных поездов с целью внедрения 60-минутного тактового расписания:

- Москва -Шаховская – 1 поезд/час в пик и 0,5 поезда/час в не пик;
- Москва -Волоколамск – 1 поезд/час в пик и 0,5 поезда/час в не пик;

- Москва -Румянцево – 1 поезд/час в пик и 0 поездов/час в не пик;
- Москва -Новоиеерусалимская – 2 поезда/час в пик и 2 поезда/час в не пик;
- Москва -Дедовск – 2 поезда/час в пик и 1поезд/час в не пик;
- Москва -Нахабино – 5 поездов/час в пик и 2 поезда/час в не пик;

Пригородно-городские электропоезда диаметрального маршрута проложены на участке Москва – Нахабино с 5-минутными межпоездными интервалами в пиковый период и 10-минутными межпоездными интервалами во непиковый период. Пригородно-городские электропоезда могут следовать также и до станций дальней пригородной зоны (Волоколамск и Шаховская) с целью обеспечения потребных размеров движения на дальних пригородных зонах.

Согласно приведенным выше принципам и в соответствии с принятыми размерами движения поездов была разработана схема пропуска (такт) для пригородно-городских и пригородных электропоездов. На рисунках 5.1 – 5.2 представлена схема такта электропоездов в нечетном и четном направлениях для пикового периода. На рисунках 5.3 – 5.4 представлена схема такта пригородных и пригородно-городских электропоездов для непикового периода.

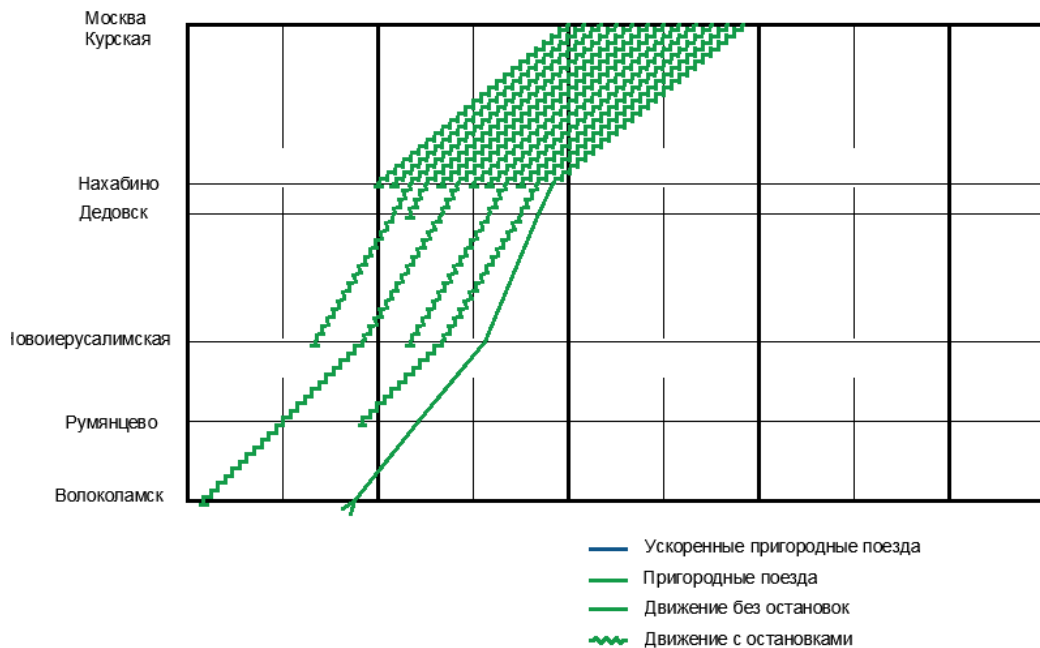


Рисунок 5.1 – Схема расположения пригородных и пригородно-городских электропоездов в такте в четном направлении в пиковый период

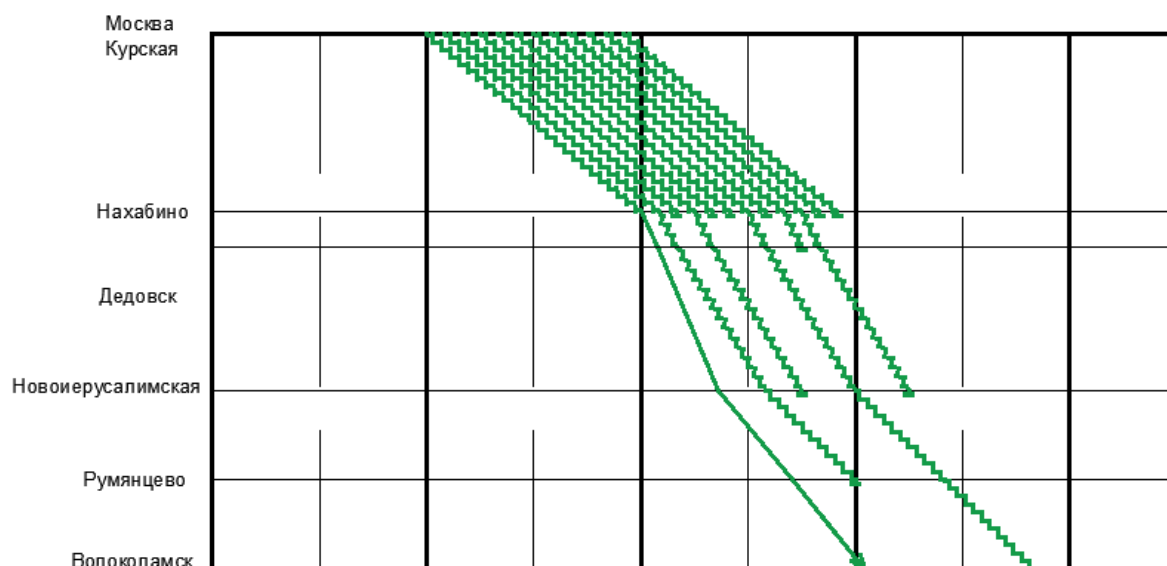


Рисунок 5.2– Схема расположения пригородных и пригородно-городских электропоездов в такте в нечетном направлении в пиковый период

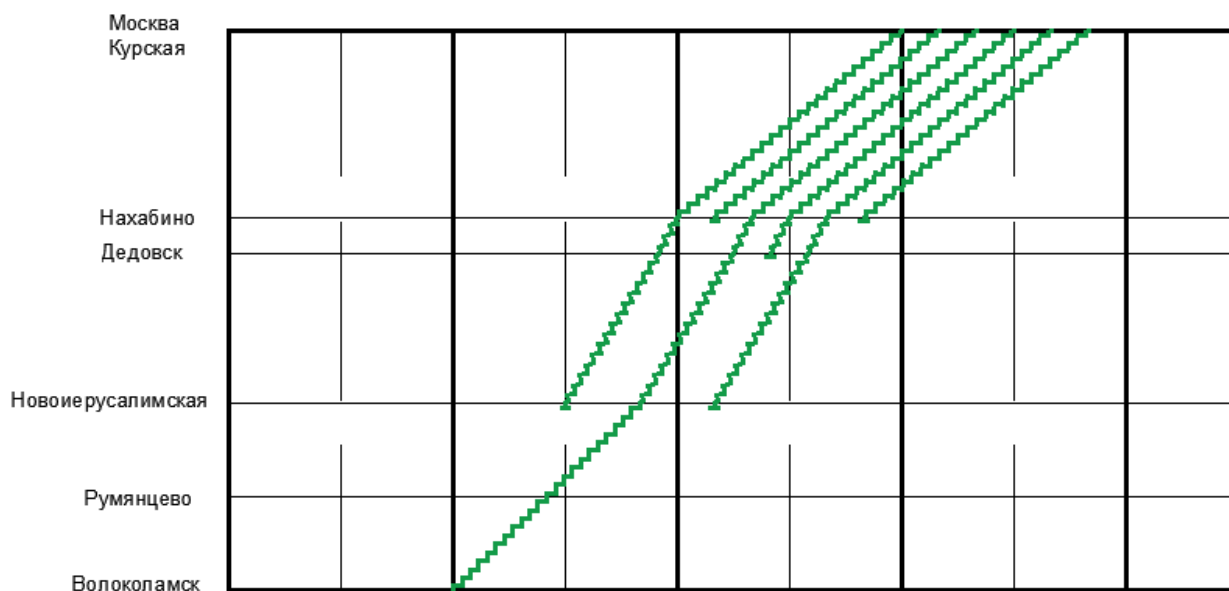


Рисунок 5.3 – Схема расположения пригородных и пригородно-городских электропоездов в такте в четном направлении в непииковый период

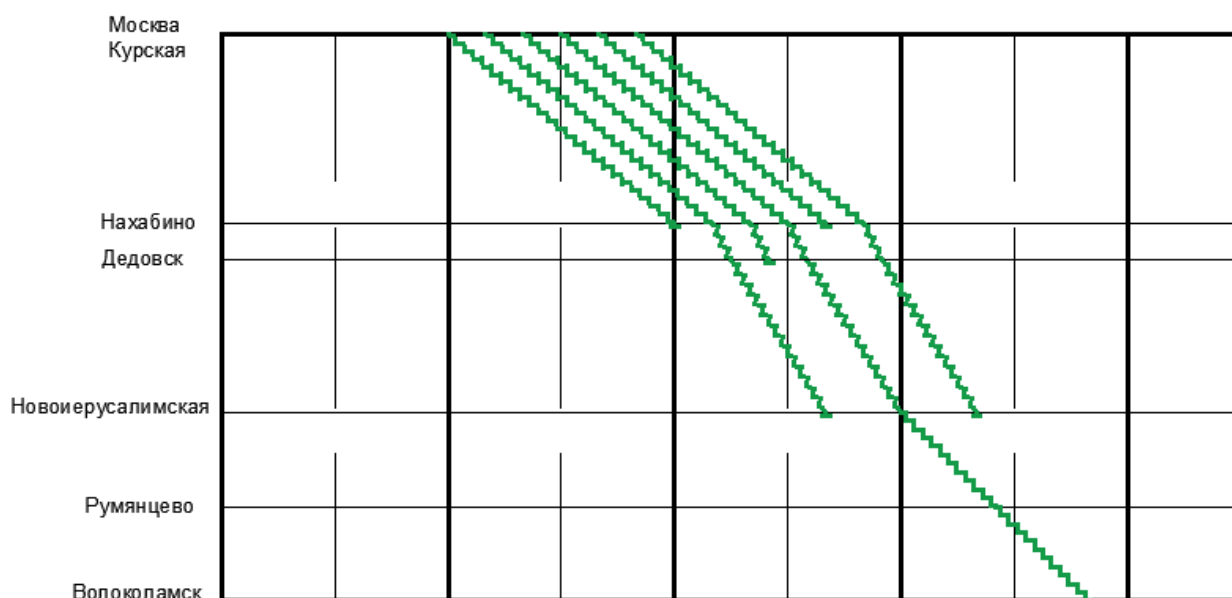


Рисунок 5.4 – Схема расположения пригородных и пригородно-городских электропоездов в такте в нечетном направлении в непиковый период

Технико-технологические параметры Рижского направления позволяют без ограничений внедрить тактовые принципы пропуска электропоездов. Степень использования пропускной способности участка Волоколамск – Манихино-1 достаточно низкая. Принятые при разработке параметры пропуска электропоездов приедены в таблицах 5.6-5.7.

Техническое оснащение Рижского направления позволяет организовать тактовое движение электропоездов. Движение пригородных электропоездов на участке Волоколамск – Манихино 1 достаточно разряженное для равномерного пропуска грузовых поездов. Показатели графика движения сведены в таблицы 5.6-5.8.

Таблица 5.6 – Интервалы между электропоездами в расписании на Рижском направлении

Участки	Продолжительность утреннего и вечернего часа пик, мин	Интервалы движения, мин	
		Пиковый период	Непиковый период
Москва Курская – Нахабино	180	5	10
Нахабино - Дедовск	180	5-15	10-20
Дедовск - Новоиерусалимская	180	10-15	20
Новоиерусалимская - Румянцево	180	25	60
Румянцево - Волоколамск	180	10-50	60
Волоколамск - Шаховская	180	60	120

Таблица 5.7 – Принятый режим остановок пригородных и пригородно-городских электропоездов на Рижском направлении

Маршрут электропоезда	Режим остановок
Москва -Нахабино	Со всеми остановками
Москва -Дедовск	Со всеми остановками
Москва - Новоиерусалимская	Со всеми остановками
Москва - Румянцево	Со всеми остановками
Москва - Волоколамск	Со всеми остановками
Москва - Шаховская	В пиковый период: на участке Шаховская – Волоколамск со всеми остановками, далее Чисмена, Новопетровская, Румянцево, Холщевики, Новоиерусалимская, Истра, Манихино-1, Снегири, Дедовск, Нахабино, далее везде.

Таблица 5.8 – Размеры движения пригородных и пригородно-городских электропоездов в такте в пиковый и непиковый периоды

Участок	Пиковый период	Непиковый период	Сутки
	За 1 час	За 1 час	
	Все поезда	Все поезда	Все поезда
Москва - Нахабино	12	6	152
Нахабино – Дедовск	7	4	99
Дедовск - Новоиерусалимская	5	3	71
Новоиерусалимская - Волоколамск	2	1	21

ГДП обеспечивает сохранение размеров движения пассажирских поездов, предусмотренных нормативным ГДП 2019 года. В таблице 5.9 сведены времена отправления/прибытия пассажирских поездов по станции Москва-Рижская.

Таблица 5.9 – Расписание движения пассажирских поездов дальнего следования

№ поезда	Сообщение	Время отпр. из Москвы существ.	Время отпр. из Москвы проектное	Время приб. В Москву существ.	Время приб. В Москву проектное	Сезонность обращения	Периодичность обращения
1/ 2	Москва - Рига	17:05	16:23	10:17	10:39	Круглый год	Ежедневно
661/662	Москва - Великие Луки	19:56	20:13	6:43	6:08	Круглый год	3 раза в неделю
663/664	Москва - Псков	19:56	20:13	6:43	6:08	Круглый год	2 раза в неделю

Проектным ГДП предусмотрено тактовое движение грузовых поездов на участке Волоколамск – Манихино-1. В течение всего дня грузовые поезда прокладываются каждый час. Общие размеры движения составит 21 пару поездов в сутки в связи с ограничением пропускной способности участка Волоколамск – Шаховская.

На Рижском направлении предусмотрен двухсторонний развоз местного груза. Сборные поезда назначением Люблино-Сортировочное – Нахабино следуют с остановками на станциях Тушино, Павшино, Нахабино. Сборные поезда со станции Бекасово-Сортировочное следуют со стороны БМО до станции Тушино.

В перспективном путевом развитии участка предусмотрено строительство соединительной ветви от Серебряного Бора до остановочного пункта Покровское-Стрешнего. В таблице 5.10 представлены размеры грузового движения.

Технологические нитки поездов-рельсозмазывателей и лабораторий пути (путеизмерителей – дефектоскопов) предусмотрены в интервале с 10:43 до 16:29 (поезда №№ 8551, 8554) на участке Москва – Волоколамск.

В соответствии с принципами, изложенными в главе 3, было апробировано проектирование путевого развития зонных пассажирских станций на примере

станций рассматриваемого участка. Схемы реконструкции станций Нахабино, Новоиерусалимская и Подольск приведены в Приложении К.

Таблица 5.10 – Размеры движения грузовых поездов Рижского направления

Назначение	Нумерация	Тип	Размеры движения, предусмотренные проектным ГДП, пар поездов
Бекасово-Сорт. - Волоколамск	2401-2442	Участковые	21
Орехово-Зуево - Волоколамск	2461-2470	Участковые	5
Люблино-Сорт. - Нахабино	3481-3484	Сборные	2
Бекасово-Сорт. - Нахабино	3405-3406	Сборные	1

График движения поездов на участке Москва-Шаховская представлен в Приложении Л.

Выводы по главе 5

1. Выполнена апробация расчёта выбора места и ёмкости мест отстоя составов электропоездов на примере Рижского направления МТУ (Рижский радиус Курско-Рижского диаметрального маршрута) для размещения 31 состава, которая показала, что может быть достигнута экономия в размере 485 862 руб. в сутки (177,3 млн. рублей в год) за счёт сооружения 3 новых путей отстоя, приближенных к местам окончания маршрутов движения поездов.

2. Апробация разработанных принципов организации движения поездов на примере Рижского радиального направления МТУ показала реализуемость пригородно-городских железнодорожных перевозок для двухпутных железнодорожных участков с интенсивным смешанным движением поездов.

В диссертации разработаны научно обоснованные технологические решения по организации и развитию пригородно-городских пассажирских перевозок, имеющих важное значение для развития страны.

1. На основе анализа отечественного и зарубежного опыта работы транспортных систем крупнейших мировых агломераций показана необходимость инфраструктурной, организационной и навигационной интеграции комплекса пригородных железнодорожных перевозок в единую транспортную систему агломерации. Обоснована необходимость разработки параметров и технологии организации новых подвигов пригородных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте – пригородно-городских и внутригородских перевозок.

2. Разработан перечень единых требований и методических подходов к развитию систем пригородно-городских перевозок, целью которых является интенсификация работы и приведение транспортного комплекса железнодорожного транспорта крупных транспортных узлов к стандартам работы городского пассажирского транспорта. В работе показано, что наиболее технологически предпочтительным вариантом организации движения поездов в пригородно-городском сообщении является диаметральное движение без задействования головных пассажирских станций.

3. Сформулированы принципы организации интенсивного движения пригородных и пригородно-городских электропоездов, которые, в отличие от известных подходов, основаны на формировании тактовых расписаний и графиков движения электропоездов с использованием сводных тактов. Для качественной оценки разрабатываемых графиков введены такие понятия как коэффициент тактовости и комфортный интервал между поездами. Разработан технологический

алгоритм пропуска поездов на участках с совмещённым и специализированным движением по главным путям.

4. Разработаны технологические основы функционирования диаметральных железнодорожных маршрутов. Предложена классификация и общие принципы технологического сопряжения двух радиальных железнодорожных участков в один диаметральный маршрут.

5. Предложены новые технологические решения путевого развития пунктов оборота электропоездов с секционированием зонных тупиков, направленные на повышение производительности станций, и обеспечивающие увеличение перерабатывающей способности зонных станций.

6. Усовершенствована технология работы зонных пассажирских станций в условиях интенсивного движения электропоездов. Для повышения производительности станций предложены новые технологические схемы смены направления движения электропоездов и смены локомотивных бригад.

7. Предложена и обоснована новая технология планирования расстановки составов электропоездов на отстой, позволяющая оптимизировать процедуру перехода между пиковым, непиковым и ночным периодом суток. Для решения задачи расстановки составов разработана экономико-математическая модель прикрепления отдельных составов к путям отстоя.

8. Разработанные технико-технологические подходы апробированы на примере Рижского направления МТУ и определён экономический эффект от введения плана расстановки составов, согласно которому, для одного пригородного участка с интенсивным движением пригородных электропоездов может быть достигнута экономия в размере около 500 тыс. руб. в сутки (177,3 млн. рублей в год) рублей в год при расстановке на участке 31 состава электропоездов.

Перспективы дальнейшей разработки темы связаны с дальнейшим углублением теоретических и практических знаний в области более тесной технико-технологической интеграции магистрального железнодорожного транспорта и городского пассажирского транспорта, в направлении разработки

принципов расположения объектов пассажирской инфраструктуры на маршрутах и выбора оптимальных параметров подвижного состава, а также в направлении развития принципов организации движения электропоездов на линиях со сверхинтенсивным движением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айсина, Л. Р. Принципы расположения остановочных пунктов пригородно-городских железнодорожных линий с учётом мировых тенденций развития пассажирских транспортных сетей / Л. Р. Айсина, А. А. Бакин, А. В. Колин // Устойчивое развитие территорий : Сборник докладов II-ой Международной научно-практической конференции, Москва, — Москва: МГСУ — 2019.
2. Артынов, А. П. Пригородные пассажирские перевозки / А.П. Артынов, Н.У. Дмитриев. — Москва: Транспорт, 1985. — 161 с.
3. Архангельский, Е. В. Железнодорожные станции (устройство и организация работы) / Е. В. Архангельский, Ю. Е. Лукьянова. — Москва : Интекст, 1996. — 350 с.
4. Балакина, Е. П. Моделирование движения поездов на линии метрополитена для восстановления графика. Методические указания. / Е. П. Балакина, Е. В. Ерофеев. — Москва : МИИТ, 2008. — 23 с.
5. Баранов, Л. А. Автоматизированная система в перевозочном процессе метрополитена / Л. А. Баранов, А. В. Ершов, В. Г. Сидоренко // Мир транспорта. — 2005. — № 3. — С. 108-113.
6. Баранов, Л. А. Построение на ЭВМ графиков движения поездов метрополитена / Л. А. Баранов, А. И. Жербина // Вестник ВНИИЖТ. — 1981. — № 7.
7. Беднякова, Е. Б. Повышение эффективности использования железнодорожного транспорта для обслуживания населения крупных городов и пригородных зон : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 "Экономика и управление народным хозяйством" / Беднякова Е Б ; ГУУ. — Москва, 2000. — 23 с.
8. Беленький, М. Н. Экономика и планирование эксплуатационной работы на железнодорожном транспорте. Учебник для техникумов ж.-д. трансп. / М.Н. Беленький, Н.И. Силаев. — Москва: Транспорт, 1986. — 215 с.

9. Беленький, М. Н. Экономика и планирование эксплуатационной работы на железнодорожном транспорте Учеб. для техникумов ж.-д. трансп. / М. Н. Беленький, Н. И. Силаев — М.: Транспорт, 1986. — 215 с.
10. Белецкий, Ю. В. Исследование методов расчета размеров движения пригородных поездов / Ю. В. Белецкий, И. В. Данилина, О. В. Шепитько // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - 2015. - № 1. - С. 100-102. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSUNU_2015_1_22.
11. Березовская, Ф. С. Возможно ли предотвратить «трагедию общего ресурса»? / Ф. С. Березовская, И. Г. Карева, Г. П. Карев // Математическая биология и биоинформатика. — 2012. — Vol. 7, № 1. — Р. 30-44.
12. Бещева, Н. И. Железнодорожные диаметры в больших городах / Н.И. Бещева. — Москва: Трансжелдориздат, 1953. — 199 с.
13. Бещева, Н.И. Местное пассажирское движение на электрифицированных линиях / Н.И. Бещева. — Москва: Транспорт, 1965. — 223 с.
14. Бещева, Н. И. Пригородное движение на электрифицированных линиях / Н.И. Бещева. — Москва: Трансжелдориздат, 1961. — 372 с.
15. Бещева, Н.И. Проблемы повышения эффективности пригородных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте / Н.И. Бещева. — Москва: Наука, 1984. — 45 с.
16. Бирман, Г. Капиталовложения: экономический анализ инвестиционных проектов / Г. Бирман, С. Шмитдт. — Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. — 631 с.
17. Болтянский, В. Г. Оптимальное управление дискретными системами / В.Г. Болтянский. — Москва: Наука, 1973. — 446 с.
18. Бондарь, С. Г. Рост эффективности деятельности пригородных пассажирских компаний: проблемы и пути их решения / С.Г. Бондарь // Бюллетень результатов научных исследований. — 2019. — (4). — С.27-37.
19. Брейли, Р. Принципы корпоративных финансов / Р. Брейли, С. Майерс. — Москва: ЗАО "Олимп-Бизнес", 1997. — 112 с.

20. Бригхем, Ю. Финансовый менеджмент. В двух томах. / Ю. Бригхем, Л. Гасперски. — СПб: Экономическая школа, 1997. — 1300 с.
21. Ваксман, С. А. Транспортные системы городов: наука и практика первого десятилетия XXI века / С. А. Ваксман // Социально-экономические проблемы развития транспортных систем городов и зон их влияния: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. - Екатеринбург, 2004. - 478 с.
22. Вакуленко, С. П. Качество проектирования отдельных пунктов с путевым развитием - залог безопасности движения в поездной и маневровой работе / С.П. Вакуленко, А.Н. Сомов // Безопасность движения поездов : Труды юбилейной десятой научно-практической конференции / МИИТ. — Москва, 2009. — С.ХIII-80.
23. Вакуленко, С. П. Логистика пригородных пассажирских перевозок / С.П. Вакуленко, Е.В. Копылова, Е.Б. Куликова // Мир транспорта. — 2012. — № 6 (44). — С.102-109.
24. Вакуленко, С. П. Методические основы формирования комплексного плана транспортного обслуживания населения субъектов Российской Федерации в части пригородных перевозок / С.П. Вакуленко, Е.В. Копылова, А.Ю. Белянкин // Мир транспорта. — 2014. — №10. — С. 34-37.
25. Вакуленко, С. П. Обзор и анализ научных исследований пассажирских перевозок в мегаполисной системе «город-пригород» / С.П. Вакуленко, П.В. Куренков, Ю.Н. Дранченко // Вестник транспорта. — 2016. — № 10. — С.37-44.
26. Вакуленко, С. П. Обзор и анализ научных исследований пассажирских перевозок в мегаполисной системе «город-пригород» / С.П. Вакуленко, П.В. Куренкова, Ю.Н. Дранченко // Вестник транспорта. — 2016. — № 9. — С.37-42.
27. Вакуленко, С. П. Организация транспортного сервиса на участках совмещённого движения / С.П. Вакуленко, А.В. Колин, Л.Р. Айсина // Экономика железных дорог. — 2020. — № 1. — С.54-60.
28. Вакуленко, С. П. Особенности моделирования пассажиропотоков в пригородном сообщении / С.П. Вакуленко, Н.Ю. Евреенова // Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований : сборник статей

международной научно-практической конференции: в 4 частях.. — Казань : НИЦ АЭТЕРНА, 2017. — С.9-12.

29. Вакуленко, С. П. Особенности организации пригородных перевозок в крупных узлах / С.П. Вакуленко, П.В. Голубев // Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте : Материалы третьей научно-практической конференции / МИИТ. — Москва, 2000. — С.III-2.

30. Вакуленко, С. П. Оценка целесообразности формирования логистических систем обслуживания пассажиров / С.П. Вакуленко, Е.В. Копылова, А.Ю. Белянкин // Мир транспорта. — 2015. — №2 (57). — С. 122-128.

31. Вакуленко, С. П. Планировочная структура транспортно-пересадочных узлов /С.П. Вакуленко, Н.Ю. Евреенова // Мир транспорта. - 2012. - №5 (43). - С. 100-104.

32. Вакуленко, С. П. Прогнозирование пассажиропотоков - важнейший инструмент эффективной организации пассажирских перевозок в пригородно-городской зоне крупного транспортного узла / С.П. Вакуленко, Е.Б. Куликова // Наука и техника транспорта. — 2019. — №1. — С. 8-15.

33. Вакуленко, С. П. Проектирование путевого развития железнодорожных станций - учебное пособие / С.П. Вакуленко, П.В. Голубев. — Москва: МИИТ, 2006. — 53 с.

34. Вакуленко, С. П. Расчет размеров движения пригородных поездов при организации маятникового движения в крупных железнодорожных узлах / С.П. Вакуленко // Транспорт: наука, техника, управление.. — 2006. — № 9. — С.11-13.

35. Вакуленко, С. П. Региональные пассажирские поезда: сферы применения / С.П. Вакуленко, П.А. Егоров, А.В. Колин // Железнодорожник. — 2014. — № 3 (4).

36. Вакуленко, С. П. Теоретические основы функционирования комплицированных зон тяготения пригородного пассажиропотока / С.П. Вакуленко // Современные проблемы управления перевозочным процессом : Труды междунар. науч.-техн. конф. / МГУПС (МИИТ). — Москва, 2006. — С.III-50 - III-66.

37. Вакуленко, С. П. Трансферная модель эффективного обслуживания пригородных пассажиропотоков железнодорожным транспортом / С.П. Вакуленко // Транспорт: наука, техника, управление. — 2012. — № 11. — С.7-8.
38. Вакуленко, С. П. Разработка предложений по обустройству одноуровневых переходов через железнодорожные пути на участках с интенсивным движением поездов / С. П. Вакуленко, Д. Ю. Роменский, Л. Р. Айсина // Вестник транспорта Поволжья. — 2020. — № 4. — С. 44-51.
39. Вакуленко, С. П. Стандартизация - основа высокого качества услуг пассажирского комплекса / С. П. Вакуленко, Е. В. Копылова, Е. Б. Куликова // Железнодорожный транспорт. — 2016. — № 8. — С. 39-41.
40. Вакуленко, С. П. О критериях определения категорий пригородных поездов / С. П. Вакуленко, А. В. Колин // Мир транспорта. — 2012. — Т. 10. — № 6(44). — С. 16-21.
41. Веретенкова, Т. А. Обоснование и выбор рациональных решений по числу и размещению зонных пунктов оборота составов : дис. канд. техн. наук : 05.22.08 / Веретенкова Т А ; МИИТ. — Москва, 2000. — 164 с.
42. Взаимодействие городского и пригородного железнодорожного транспорта / Под ред. К.Ю. Скалова, А.П. Михеева, — М.; Транспорт, 1972. — 215 с.
43. Виленский, П. Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика / П.Л. Виленский, В.Н. Лившиц, С.А. Смоляк. — Москва: Дело, 2004. — 888 с.
44. Власюк, Т. А. Анализ эффективности пассажирской транспортной системы Минской агломерации / Т.А. Власюк // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. — 2014. — № 1 (28). — С.68-72.
45. Власюк, Т. А. Основные критерии комплексной оценки формирования и развития пригородных зон, обслуживаемых железнодорожным транспортом / Т.А. Власюк // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. — 2004. — № 2 (9). — С.35-38.

46. Власюк, Т. А. Основные тенденции и особенности пригородных перевозок на железнодорожном транспорте в крупнейших агломерациях Европы в конце XIX-XX вв. / Т.А. Власюк // Проблемы безопасности на транспорте. — Гомель: БелГУТ. — 2017. — С. 126-129.

47. Власюк, Т. А. Транспортное обслуживание городов-спутников в Минской городской агломерации/ Т.А. Власюк // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. —2014. — №2 (29). — С. 59-63.

48. Воробьева, Л. Н. Градиентный способ централизованного управления городскими транспортными системами/ Л.Н. Воробьева, А.И. Сеславин // Наука и техника транспорта. — 2005. — №2. — С. 71-73.

49. Герасимчук, К. Е. Сепарация смежных зон тяготения населения на полигоне пригородного сообщения/ К.Е. Герасимчук, О.Ю. Смирнова // Транспорт Российской Федерации. — 2019. — №6 (85). — С. 34-36.

50. Годовой отчет АО «МТ ППК» за 2017 год. [электронный источник] — URL:<http://mtppk.ru/files/docs/godovoy-otchet-mtppk-2017.pdf>.

51. Годовые отчёт ОАО «РЖД» [электронный ресурс] – Москва, 2008-2017 гг. – Режим доступа: URL http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=32.

52. Голубев, П. В. Выбор параметров пассажирских устройств при организации пригородно-городских перевозок в узле : дис. канд. техн. наук : 05.22.08 / Голубев П В ; МИИТ. — Москва, 2005. — 223 с.

53. Голубев, П. В. История развития и формирования пересадочных станций и станций стыкования железной дороги и метрополитена в Московском транспортном узле/ П.В. Голубев // Транспорт: Наука, техника, управление. —2004. —№7 — С. 26-31.

54. Голубев, П. В. Особенности взаимодействия железнодорожного и городских видов транспорта в крупных транспортных узлах/ П.В. Голубев // Транспорт: наука, техника, управление. — 2004. — №11. — С. 18–20.

55. Голубев, П. В. Экономическая эффективность и условия формирования станций стыкования железной дороги и метрополитена в крупных транспортных

узлах/ П.В. Голубев // Транспорт: наука, техника, управление. — 2005. — №1. — С. 38 – 41.

56. Горин, В. С. К истории разработки проектов железнодорожных диаметров в крупных транспортных узлах и городских агломерациях/ В.С. Горин, В.А. Персианов, А.В. Курбатова // Вестник транспорта. — 2020. — №2. — С. 2-13.

57. ГОСТ Р 50955-96 Вагоны электропоездов. Технические требования для перевозки инвалидов. Дата введения 1997-07-01.

58. Гузенко, А. В. Развитие логистики пассажирских перевозок в Ростовской агломерации / А. В. Гузенко, Н. А. Ковалева, О. В. Муленко; Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2014. – 109 с. – ISBN 9785888143681.

59. Дранченко, Ю. Н. Особенности организации пригородных пассажирских перевозок в различных странах мира/ Ю.Н. Дранченко // Вестник транспорта. — 2015. — №10. — С. 28-33.

60. Евреенова, Н. Ю. Выбор параметров транспортно-пересадочных узлов, формируемых с участием железнодорожного транспорта : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Евреенова Н Ю ; МИИТ. — Москва, 2014. — 197 с.

61. Евреенова, Н. Ю. Качество услуг ТПУ: интерес и спрос /Н.Ю. Евреенова // Мир транспорта. — 2015. — №1. — С. 108-114.

62. Евреенова, Н. Ю. Моделирование функционирования транспортно-пересадочного узла/ Н.Ю. Евреенова // Мир транспорта. — 2014. — №5. — с. 170-176.

63. Егоров, П. А. Повышение транспортной доступности районов, входящих в зону тяготения к железной дороге / П. А. Егоров, А. М. Насыбуллин, Л. Р. Айсина // Экономика железных дорог. — 2020. — № 11. — С. 38-44.

64. Еременко, А. А. Целесообразность сооружения зонных станций в местах стыкования пригородных железнодорожных линий и метрополитена / А.А. Еременко // Москва: Экономика железных дорог. — 2015. — №12. — с.34-43.

65. Железнодорожные станции и узлы: учебник / В.И. Апатцев и др.; под ред. В.И. Апатцева и Ю.И. Ефименко. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 853 с.

66. Закон Российской Федерации "О железнодорожном транспорте в Российской Федерации" от 10.01.2003 № 17-ФЗ // Российская газета. 2003 г. № 0 (3122). с изм. и допол. в ред. от в ред. от 26.07.2019 №342-ФЗ.

67. Закон Российской Федерации "Устав железнодорожного транспорта" от 10.01.2003 № 18-ФЗ // Российская газета. 2003 г. № 0 (3122). с изм. и допол. в ред. от в ред. от 02.08.2019 №266-ФЗ.

68. Инструкция по разработке графика движения поездов в ОАО «РЖД». Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» 31.12.2015 г. №3201р.

69. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог: утв. Распоряжением ОАО «РЖД» 17.11.2011 г. №2464р.

70. Интермодальные перевозки в пассажирском сообщении с участием железнодорожного транспорта / С.П. Вакуленко, П.В. Голубев, Е.В. Копылова, Е.Б. Куликова. — Москва: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2013. — 263 с.

71. Интермодальные перевозки в пассажирском сообщении с участием железнодорожного транспорта : учебное пособие / под редакцией С. П. Вакуленко. — Москва : УМЦ ЖДТ, 2013. — 263 с. — ISBN 978-5-89035-620-8.

72. Калинин, В. П. Метрополитены / В.П. Калинин. — Москва: Транспорт, 1988. — 280 с.

73. Капитонов, Ю. А. Взаимодействие видов транспорта в системе с одним пересадочным узлом / Ю.А. Капитонов // Транспорт Российской Федерации. — 2016. — №1 (62). — С. 53-56.

74. Капитонов, Ю. А. Расчёт тактового расписания пассажирских перевозок общественным транспортом между аэропортом и городом /Ю.А. Капитонов // Научный вестник МГТУ ГА. — 2015. — №214. — С. 57-62.

75. Кобзев, В. П. Освоение пригородных пассажиропотоков на линиях с интенсивным движением / В.П. Кобзев// Железнодорожный транспорт. — 1980. — № 8. — с. 14-16.
76. Козлов, П. А. Технология организации пригородного пассажиропотока / П.А. Козлов, Е.В, Копылова, О.В. Осокин // Вестник РГУПС. — 2019. — №3. — с. 109-117.
77. Колин, А. В. Расчёт пропускной и провозной способности транспортных магистралей мегаполисов при эксплуатации различных видов городского пассажирского транспорта: учебное пособие / А.В. Колин. — Москва: МГУПС (МИИТ), 2010. — 140 с.
78. Колин, А. В. Принципы определения оптимального расстояния между остановочными пунктами железнодорожного транспорта / А. В. Колин, Л. Р. Айсина // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. — 2020. — № 5. — С. 32-36.
79. Колин, А. В. Актуальность системных преобразований в пригородных железнодорожных перевозках/А.В. Колин // Транспорт Российской Федерации. — 2015. — №1 (56). — С. 7-11.
80. Колин, А. В. О диаметральном развитии пригородного сообщения/ А.В. Колин, Е.Ю. Мулеев // Мир транспорта. — 2014. — №3 (52). — С. 140-147.
81. Колпаков, В. С. Совершенствование пассажирских перевозок / В.С. Колпаков, В.Г. Шубко. — Москва: Транспорт, 1983. — 191 с.
82. Кондратенко, В. В. Модернизация железнодорожных станций и узлов как фактор улучшения пассажирских перевозок в крупных городах России : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Кондратенко В В ; МГСУ. — Москва, 2010. — 155 с.
83. Копылова, Е. В. Алгоритм назначения остановок поездов дальнего следования в пригородных зонах крупных железнодорожных узлов/ Е.В. Копылова, О.Н. Мадяр // Транспортное дело России. – 2018. — №2. — с. 114-117.
84. Копылова, Е. В. Значение транспорта для развития городских агломераций / Е.В. Копылова // Устойчивое развитие территорий : Сборник

докладов II-ой Международной научно-практической конференции / МГСУ. — Москва, 2019. — С.199-201.

85. Копылова, Е. В. Логистика – перспективное направление развития пассажирских перевозок / Е.В. Копылова, Е.Б. Куликова // Железнодорожный транспорт. – 2010. — №3. — С.61-64;

86. Копылова, Е. В. Методические подходы к оценке влияния требований пассажиров к качеству транспортного обслуживания на технологию работы железнодорожного транспорта / Е.В. Копылова, М.А. Туманов // Транспортное дело России. — 2018. — №4. — С. 178-181.

87. Копылова, Е. В. Принципы формирования маршрутов и категорирование пассажирских поездов / Е.В. Копылова, О.Н. Мазуркина // Мир транспорта. — 2013. — №2 (46). — С. 130-133.

88. Копылова, Е. В. Организация работы интермодальных транспортных систем для обслуживания пригородных пассажиропотоков в период предоставления «окон» : дис. ... канд. экон. наук : 05.22.08 / Копылова Е В ; МГУПС (МИИТ). — Москва, 2007. — 248 с.

89. Копылова, Е. В. Адаптация метода организации пассажиропотоков для крупных агломераций / Е. В. Копылова // Наука и техника транспорта. — 2021. — № 2. — С. 81-86.

90. Котенко, А. Г. Регулирование движения поездов на пригородных участках / А.Г. Котенко, А.А. Грачев, Т.М. Шманев // Бюллетень результатов научных исследований. — 2017. — №3. — С. 149-158.

91. Кочнев, Ф. П. Оптимальные параметры пригородных пассажирских перевозок / Ф.П. Кочнев. — Москва: Транспорт, 1975. — 304 с.

92. Кочнев, Ф. П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте : Учебник для вузов железнодорожного транспорта / Ф.П. Кочнев. -6-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1980. — 496 с.

93. Крестмейн, М. Г. Московский железнодорожный узел: Новые условия – новые задачи / М.Г. Крестмейн // Архитектура и строительство Москвы. — 2009. — № 1. — С.34-38.

94. Куликова, Е. Б. Многофакторная оценка возможности назначения остановки пассажирского поезда дальнего следования в пригородной зоне крупного транспортного узла / Е.Б. Куликова, О.Н. Мадяр // Наука и техника транспорта. — 2018. — №4. — С. 51-56.

95. Куликова, Е. Б. Анализ доступности железнодорожного транспорта для населения крупных агломераций / Е.Б. Куликова, О.Н. Мадяр, А.В. Галицкий // Мир транспорта. — 2019. — №2 (81). — С. 166-175.

96. Куренков, П. В. Возмещение убытков от пригородных пассажирских перевозок, связанных с регулированием тарифов / П.В. Куренков, А.В. Андреев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. — 2007. — №5. — С. 61-62.

97. Куренков, П. В. Определение теоретической пропускной способности двухпутных железнодорожных диаметров и головных участков пригородных линий / П.В. Куренков, Ю.Н. Дранченко // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. — 2015. — №11. — С. 17-25.

98. Куренков, П. В. Повышение эффективности работы пригородного комплекса железнодорожного транспорта / П.В. Куренков, А.В. Андреев // Вестник транспорта. — 2008. — №12. — С. 31-35.

99. Куренков, П. В. Проблема безубыточности пригородных перевозок / П.В. Куренков, Ю.Н. Дранченко // Экономика железных дорог. — 2016. — №2. — С. 35-41.

100. Лагоша, Б. А. Оптимальное управление в экономике / Б.А. Лагоша. — Москва: Финансы и статистика, 2003. — 192 с.

101. Мазуркина, О. Н. Москва новая - приоритеты старые / О.Н. Мазуркина // Мир транспорта. — 2003. — № 4. — С.114-117.

102. Макарова, Е. А. Методика размещения зонных станций в крупных железнодорожных узлах / Е.А. Макарова, С.Б. Елизаров // Вестник ВНИИЖТ. — 1991. — №6. — с.34-36.

103. Мамаев, Э. А. Железнодорожный транспорт в мегаполисе как фактор роста и устойчивости социально-экономического развития / Э.А. Мамаев, Н.А. Ковалева // Инженерный вестник Дона. — 2015. — №4-2 (39). — С. 21.
104. Мамаев, Э. А. Железнодорожный транспорт в системе развития городского пассажирского транспорта на примере г. Ростова-на-Дону / Э.А. Мамаев, Н.А. Ковалева // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). — 2013. — №4 (44). — С. 53-59.
105. Мамаев, Э. А. Формирование скоростных маршрутов в городской транспортной системе / Э.А. Мамаев, Н.А. Ковалева // Инженерный вестник Дона. — 2015. — №3 (37). — С. 186.
106. "Математические аспекты вычислительной техники / В.П. Маслов, К.А. Волосов, С.М. Авдошин и др. — Москва: Мир, 1988. — 387 с.
107. Медведь, О. А. Назначение пригородных поездов в соответствии с целевой структурой пассажиропотока : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 08.22.08 "Управление процессами перевозок" / Медведь О А ; ПГУПС. — СПб, 2014. — 18 с.
108. Медведь, О. А. Применение поездов целевого назначения как способ совершенствования организации пригородного движения / О.А. Медведь // Вестник транспорта Поволжья. — 2013. — №2 (38). — С. 50-56.
109. Местная инструкция для машинистов электродепо "Замоскворецкое" по обслуживанию электропоездов на "Замоскворецкой" и "Каховской" линиях. — Москва: ГУП "Московский метрополитен", 2001. — 153 с.
110. Министерство здравоохранения Российской Федерации Главный государственный санитарный врач Российской Федерации. Постановление "О введении в действие Санитарных правил по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте СП 2.5.1198-03" от 04.03.2003 г. № 12 // Российская газета. 2010 г. № 156 (5235). с изм. и допол. в ред. от 10.07.2016 г.
111. Московский транспортный узел: перспективы развития. Часть II. Размещение пассажирских остановочных пунктов на железнодорожных линиях / С. П. Вакуленко, Д.Ю. Роменский [и др.]. — Москва : ВИНТИ РАН, 2017.

112. Муковнина, Н. А. Совершенствование организации работы пригородных участков за счёт использования засылочных составов / Н.А. Муковнина, В.И. Солдаткин // Вестник РГУПС. — 2007. — №4. — С. 79-83.

113. Муковнина, Н. А. Повышение эффективности организации пригородных перевозок в зависимости от величины и структуры пассажиропотока : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 "Управление процессами перевозок" / Муковнина Н А ; МИИТ. — Москва, 2000. — 24 с.

114. Мультимодальные пассажирские перевозки с участием АО «ФПК» / С.П. Вакуленко, Е.В. Копылова, Е.Б. Куликова, А.В. Колин. — Москва: МГУПС (МИИТ), 2015. — 107 с.

115. Новикова, М. В. Автоматизация планирования зонного движения поездов на линии метрополитена : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 "Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (транспорт)" / Новикова М В ; МГУПС (МИИТ). — Москва, 2012. — 24 с.

116. Новоселова, И. С. Совершенствование методов управления перевозками в пригородном сообщении : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 "Экономика и управление народным хозяйством" / Новоселова И С ; МГУПС (МИИТ). — Москва, 2008. — 158 с.

117. Образцов, В. Н. Станции и узлы / В.Н. Образцов. — Москва: Трансжелдориздат, 1938. — 492 с.

118. Овчинникова, Е. А. Взаимоотношения города и транспорта / Е.А. Овчинникова // Наука и техника транспорта. — 2012. — №3. — С. 43-54.

119. Овчинникова, Е. А. Разработка алгоритмов кластеризации и рекомендаций по модернизации железнодорожных вокзальных комплексов городских транспортных систем : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Овчинникова Е А ; МГУПС (МИИТ). — Москва, 2014. — 234 с.

120. Окленд: приоритетное развитие городского рельсового транспорта // Железные дороги мира. — 2019. — №2. — С. 30-34.

121. Организация движения поездов и работа станций метрополитена / И.Г. Бакунин, В.А. Пронин, Е.А. Федоров, К.И. Кудринская. — Москва: Транспорт, 1981. — 230 с.
122. Организация пассажирских перевозок / Под ред. А.Г. Котенко и Е.А. Макаровой. — М: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. — 136 с.
123. Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте (в примерах и задачах) / Под ред. В. Г. Шубко. — Москва: Транспорт, 1991. — 240 с.
124. Павлов, О. В. Принятия инвестиционных решений на основе теории оптимального управления дискретными системами / О.В. Павлов // Проблемы управления. — 2010. — № 4. — С.27-33.
125. Пазойский, Ю. О. Методы исследования операций в эксплуатации железных дорог: Учебное пособие / Ю.О. Пазойский, Д.В. Гончаров. — Москва: МГУПС (МИИТ), 2017. — 70 с.
126. Пазойский, Ю. О. Оптимизация параметров системы освоения пригородных пассажиропотоков в условиях мегаполиса : дис. ... докт. техн. наук : 05.22.08 / Пазойский Ю О ; МИИТ. — Москва, 2000. — 491 с.
127. Пазойский, Ю. О. Организация пригородных перевозок на железнодорожном транспорте / Ю.О. Пазойский. — Москва: МИИТ, 1999. — 193 с.
128. Пазойский, Ю. О., Гончаров Д. В. Методы исследования операций в эксплуатации железных дорог: Учебное пособие. — М.: МГУПС (МИИТ), 2017. — 70 с.
129. Пазойский, Ю. О. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели, методы и решения): учебное пособие. /Ю.О. Пазойский, В.Г. Шубко, С.П. Вакуленко. — Москва: ФГБОУ «Учебно-методический центр на ж.-д. транспорте», — 2016. — 270с.
130. Персианов, В. А. Особенности управления городским транспортом за рубежом / В.А. Персианов, А.В. Курбатова, Е.С. Курбатова // АКТУАЛЬНЫЕ

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ - 2018 : материалы 23-й Международной научно-практической конференции / ГУУ. — Москва : ГУУ, 2019. — С.87-89.

131. Перспективы линии SMART в Калифорнии // Железные дороги мира. — 2019. - №11. — С. 47-52.

132. Перт: развитие пригородной сети // Железные дороги мира. — 2020. - №1. — С. 27-32.

133. Пехтерев, Ф. С. Комплексный инвестиционный проект «Реконструкция и развитие малого кольца Московской железной дороги» / Ф.С. Пехтерев // Экономика железных дорог. — 2011. — № 2. — С.16.

134. Полынцев, Е. П. Технологические особенности пригородных железнодорожных перевозок в условиях роста крупных городов : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.08 / Полынцев Е П ; ЛИИЖТ. — Ленинград, 1982. — 230 с.

135. Полынцев, Е. П., Мокейчев Е.Ю. Расчет числа путей для пригородного движения методом статистического моделирования / Е.П. Полынцев, Е.Ю. Мокейчев // Вопросы проектирования и организации работы железнодорожных станций и узлов — Новосибирск, 1985. — с. 80-84.

136. Попов, А. А. Формирование и распределение пассажирских потоков на транспортной сети города : дис. ... канд. техн. наук : 18.00.04 / Попов А А ; МГСУ. — Москва, 2005. — 220 с.

137. Постановление Правительства РФ "Об утверждении технического регламента о безопасности железнодорожного подвижного состава" от 29.07.2010 г № 524р // Российская газета. 2010 г.

138. Постановление Правительства РФ от 15 мая 1998 г. N 448 «О Концепции структурной реформы федерального железнодорожного транспорта». Текст постановления опубликован в "Российской газете" от 21 мая 1998 г., в Собрании законодательства Российской Федерации от 18 мая 1998 г., N 20, ст. 2159.

139. Правдин, Н. В. Пригородные зоны и зоны тяготения на железнодорожном транспорте (для условий средних и больших городов Республики Беларусь): [монография]/Н. В. Правдин, Т. А. Власюк. — Гомель: БелГУТ, 2007. — 207 с.

140. Правдин, Н. В. Технология работы вокзалов и пассажирских станций/Н. В. Правдин, Л. С. Рябуха, В. И. Лукашев//М.: Транспорт, 1990. — 319 с.

141. Правдин, Н. В. Формирование пригородных пассажиропотоков на железнодорожном транспорте с учетом особенностей его структуры / Н.В. Правдин, С.П. Вакуленко, Т.А. Власюк //Транспорт. Наука. Техника. Управление. — 2008. — № 7. — С. 17-27.

142. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520мм № утв. Зам. Министра путей сообщения Российской Федерации С.А. Гришиным 28 июля 2000 г. ЦД-858 // Министерство путей сообщения Российской Федерации.

143. Пригородные и городские железнодорожные сообщения в Сиднее Калифорнии // Железные дороги мира. – 2013. – №2. – С. 23-25.

144. Пригородные сообщения Сиднея: проект NWRL // Железные дороги мира. – 2015. - №7. – С. 32-35.

145. Приказ Минтранса России «О критериях определения категорий поездов для перевозки пассажиров в зависимости от скорости их движения и расстояния следования» от 18 июля 2007 г. №99 // Российская газета. – 15 августа 2007 г. - №4449 (о).

146. Приказ Минтранса России «Об утверждении Правил перевозок пассажиров, багажа, грузобагажа железнодорожным транспортом» от 24.07.2014 № 33244 // Российская газета. 2014 г. № 172 (6444). с изм. и допол. в ред. от в ред. от 09.04.2019.

147. Приказ Минтранса России «Об утверждении Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации» от 21.12.2010 № 286 // Российская газета. 2010 г. с изм. и допол. в ред. от 25.12.2018 г.

148. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы): учебник /Н.В. Правдин, С.П. Вакуленко, А.К. Головнич и др.; под ред. Н.В. Правдина и С.П. Вакуленко. — М.:

ФГБОУ «Учебно методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. — 1086 с.

149. Проектирование железнодорожных станций и узлов: Справочное и методическое руководство / Под ред. А. М Козлова, К. Г. Гусевой. - 2-е изд., перераб. И доп. - Москва: Транспорт, 1981. — 592 с.

150. Проектирование технологий организации пригородных перевозок / Грачев А.А., Котенко А.Г., Кудрявцев В.А., Аль-Шумари А.С., Шутов И.Н., — СПб.: ПГУПС, 2009. — 53 с.

151. Реализация проектов МЦД // Железнодорожный транспорт. – 2019. – №9. – С. 2.

152. Рельсовый транспорт Лондона // Железные дороги мира. – 2015. - №8. – С. 22-28.

153. Розоноэр Л.И. Принцип максимума Л.С.Портрягина в теории оптимальных систем / Л.И. Розоноэр // Автоматика и телемеханика. — 1959. — № 20 (11). — С.1441-1458.

154. Роль государства в финансировании рельсового транспорта США // Железные дороги мира. - 2019. - №2. - С. 17-22.

155. Роменский, Д. Ю. Выбор концептуального решения по организации пригородно-городских перевозок в Московском ж/д узле / Д. Ю. Роменский, С. П. Вакуленко, А. В. Колин // Молодые учёные - развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК). — 2020. — № 1. — С. 568-570.

156. Роменский, Д. Ю. Комплексный подход к развитию железнодорожной инфраструктуры в крупных агломерациях на примере г. Москвы / Д. Ю. Роменский, С. П. Вакуленко, А. В. Колин // Устойчивое развитие территорий: Сборник докладов II-ой Международной научно-практической конференции, 2019, 20-21 мая 2019. — Москва: МГСУ, 2019. — С. 187-189.

157. Роменский, Д. Ю. Обоснование величины потребного интервала между транспортными средствами в пригородно-городских пассажирских перевозках на примере работы железнодорожных диаметров / Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин //

Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2020. — № 3 (47). — С. 81-88.

158. Роменский, Д. Ю. Основные подходы к организации смешанного движения на железнодорожных участках с интенсивным пассажирским движением / Д. Ю. Роменский // Тенденции развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом: Материалы международной юбилейной научно-технической конференции, Москва, 20-21 ноября 2019. — Москва: РУТ (МИИТ), 2020. — С. 215-220.

159. Роменский, Д. Ю. Оценка инвестиционных решений при выборе мест отстоя электропоездов // Д. Ю. Роменский, С. П. Вакуленко, Н. К. Волосова // Экономика железных дорог. — 2020. — № 6. — С. 54-61.

160. Роменский, Д. Ю. Постановка задачи выбора мест расположения и ёмкости путей отстоя составов пригородных и пригородно-городских электропоездов / Д. Ю. Роменский // Наука и техника транспорта. — 2020. — № 1. — С. 60-65.

161. Роменский, Д. Ю. Потенциал использования железнодорожных линий для организации пригородно-городских пассажирских перевозок / Д. Ю. Роменский // Устойчивое развитие территорий: Сборник докладов II-ой Международной научно-практической конференции, Москва, 20-21 мая 2019. — Москва: МГСУ, 2019. — С. 214-216.

162. Роменский, Д. Ю. Проблемы и перспективы развития мультимодальных пассажирских перевозок с использованием железнодорожного транспорта / Д. Ю. Роменский, А. В. Колин // Транспортное дело России. — 2018. — № 2. — С. 104-107.

163. Роменский, Д. Ю. Пропуск электропоездов диаметральных маршрутов через центральную часть транспортных узлов [Электронный ресурс] / Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. — 2021. — № 2 (57). — С. 24-32. — Режим доступа: https://doi.org/10.52170/1815-9265_2021_57_24.

164. Роменский, Д. Ю. Совершенствование системы пропуска электропоездов на участках с интенсивным движением / Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин, Н. Ю. Евреенова // Вестник РГУПС. — 2021. — № 1 (81). — С. 88-96.

165. Роменский, Д. Ю. Тактовые графики движения поездов на участках с интенсивным пассажирским движением на примере Московского железнодорожного узла / Д. Ю. Роменский, С. П. Вакуленко, А. В. Колин // Транспорт: наука, техника, управление. — 2020. — № 9. — С. 3-7.

166. Роменский, Д. Ю. Технология работы и технико-технологические решения для зонных пассажирских станций на железнодорожных участках с интенсивным пассажирским движением // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. / Д. Ю. Роменский, А. В. Колин, А. М. Насыбуллин // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов. — Гомель: БелГУТ, 2020. — С. 104-107.

167. Сай, В. М. Об организации пассажирских перевозок городским электропоездом / В.М. Сай, Д.А. Брусянин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2014. — №3 (23). — С. 10-17.

168. Сай, В. М. Оценка методом линейной сверстки частных критериев вариантов маршрутной сети пассажирских перевозок / В.М. Сай, Д.А. Брусянин // Экономика железных дорог. — 2014. — №10. — С. 63-72

169. Сай, В. М. Этапы создания маршрута "Городская электричка" / В.М. Сай, Д.А. Брусянин // Экономика железных дорог. — 2014. — №12. — С. 68-78.

170. Сакович, И. Л. Оценка механизма формирования экономически обоснованных затрат по пригородным пассажирским перевозкам / И.Л. Сакович // Бюллетень результатов научных исследований. — 2016. — №2. — с. 17-28.

171. Санкт-Петербургский транспортный узел: перспективы развития. Часть 1. Организация пригородных и пригородно-городских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом / С. П. Вакуленко, Д. Ю. Роменский [и др.]. — Москва: ВИНТИ РАН, 2020. — 192 с. — ISBN 978-5-902928-87-4.

172. Сафронов, А. И. Сценарное пространство построения планового графика движения поездов метрополитена / А.И. Сафронов, В.Г. Сидоренко // Наука и техника транспорта. — 2012. — №1. — С. 51-55.

173. Сеславин, А. И. Принципы равномерности в задачах управления потоками пассажирского транспорта / А.И. Сеславин, Е.А. Сеславина // Прикладная информатика. — 2009. — №2 (20). — С. 91-95.

174. Сидоренко, В. Г Синтез планового графика движения поездов / В.Г. Сидоренко, М.В, Новикова // Мир транспорта. — 2009. — №4. — С. 128-134.

175. Сидоренко, В. Г. Влияние ночной расстановки составов на режим работы электроподвижного состава метрополитена / В.Г. Сидоренко, К.М. Филиппченко, М.А. Чжо // Электротехника. — 2016. — №9. — С. 19-26.

176. Сидоренко, В.Г. Построение планового графика движения для метрополитена / В.Г. Сидоренко, А.И. Сафронов // Мир транспорта. — 2011. — №3. — С. 98-105.

177. Сидоренко, В. Г. Автоматизация синтеза планового графика движения поездов метрополитена / В. Г. Сидоренко // Наука и техника транспорта. — 2004. — № 2. — С. 48-57.

178. Сидоренко, В. Г. Применение методов искусственного интеллекта к решению задач планирования перевозочного процесса метрополитена / В. Г. Сидоренко, М. А. Чжо // Новые тенденции развития в управлении процессами перевозок, автоматике и инфокоммуникациях : Труды Всероссийской научно-практической конференции ученых транспортных вузов, инженерных работников и представителей академической науки с международным участием, 2017, 29 сентября 2017. — Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2017.

179. Стамбул завершает строительство пригородного коридора Marmaray // Железные дороги мира. – 2019. - №1. – С. 38-40.

180. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации № 877р от 17 июня 2008 г.

181. Таль, К. К. Методические указания по сравнению вариантов проектных решений железнодорожных линий, узлов и станций / К. К. Таль. — Москва : Оргтрансстройиздат, 1973. — 440 с.

182. Тихомиров, И. Г. Организация движения на железнодорожном транспорте. Ч.2 / И.Г. Тихомиров, П.С. Сычко, П.С. Грунтов. — Минск: Вышэйш. школа, 1977. — 224 с.

183. Укрупнённые нормативы цены строительства. Сборник №7. Железные дороги НЦС 81-02-07-2017. Приложение к приказу Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 1.06.2017 №839/пр.

184. Хелферт, Э. Техника финансового анализа / Э. Хелферт. — СПб.: Питер, 2003. — 640 с.

185. Шаульский, Б. Ф. Выдающийся ученый, инженер и педагог В.Н. Образцов / Б. Ф. Шаульский, А. Т. Осьминин. — Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2010. — 380 с. — ISBN 978-5-9994-0046-8.

186. Шманёв, Т. М. Организация тактового движения ВСП "Сапсан" на участке Санкт-Петербург - Москва, организация тактового движения поездов "Ласточка" на участке Москва - Крюково - Тверь / Т. М. Шманёв, Е. К. Шмарина // ТРАНСПОРТ: ПРОБЛЕМЫ, ИДЕИ, ПЕРСПЕКТИВЫ : Сборник трудов LXXV юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 13-17 апреля 2015. — Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2015. — С. 251-255.

187. Шнейдер, М. А. Рынок пригородных железнодорожных перевозок: управление и экономика / М. А. Шнейдер, Е. А. Проскурякова. — СПб. : НП-Принт, 2012. — 288 с. — ISBN 978-5-905942-17-4.

188. Шубко, В. Г. Выбор схемы прокладки пригородных поездов / В. Г. Шубко, В. А. Маневич, С. И. Паристый // Совершенствование эксплуатационной работы железных дорог: межвузовский сборник (Труды МИИТ). — 1980. — № 670. — С. 14-20.

189. Шубко, В. Г. К вопросу о выборе схемы прокладки пригородных поездов / В. Г. Шубко, В. А. Маневич, С. И. Паристый // Оптимизация эксплуатационной работы железных дорог : сборник научных трудов (Труды МИИТ). — 1981. — № 657. — С. 73-77.

190. Экономика железнодорожного транспорта / Н. П. Терешина [и др.]. — Москва : ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. — 676 с. — ISBN 978-5-9994-0067-3.

191. Экономика и планирование железнодорожного транспорта: учебник для техникумов ж.-д. трансп. / под ред.: И. В. Белова, М. Ф. Трихункова, Ю. Д. Петрова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Транспорт, 1984. — 518 с.

192. Экономика эксплуатационной работы железнодорожного транспорта: учеб.пособие. / Т.И. Вережникова и др.; под ред. Л.В Шкуриной. — М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. — 276 с. — ISBN 978-5-907055-68-1.

193. Электропоезд Aventura: начало серийного производства // Железные дороги мира. — 2016. - №12. — С. 46-51.

194. Электропоезд ЭП2Д с гибкой схемой формирования // Железные дороги мира. — 2016. - №8. — С. 47-51.

195. Электропоезда Cityjet. // Железные дороги мира. — 2015. - №7. — С. 44-47.

196. Электропоезда NGR для Квинсленда // Железные дороги мира. — 2016. - №8. — С. 42-46.

197. Электропоезда, общее руководство по техническому обслуживанию и текущему ремонту от 26.09.2011 № 2089р // утв. Распоряжением ОАО "РЖД" от 26.09.2011 №2089р.

198. Contracting Commuter Rail Services, Volume 1: Guidebook (2018) / Linda Cherrington, Allan Rutter, Curtis Morgan, Emmanuel S. Bruce Horowitz, James Stoetzel, Shelly Brown, - Washington, DC: THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 2018. - 186 с.

199. Contracting Commuter Rail Services, Volume 2: Commuter Rail System Profiles (2018) / Linda Cherrington, Allan Rutter, Curtis Morgan, Emmanuel S. Bruce Horowitz, James Stoetzel, Shelly Brown, - Washington, DC: THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, 2018. - 138 с.

200. Graphs for the Replicator Equations and the “Tragedy of the Exhaustion of the Common Resource” / N.K. Volosova, A.K. Volosova, K.A. Volosov, S.P. Vakulenko // Mathematical Models and Computer Simulations. — 2020. — № 12. — С.246-250.

201. Nigel, G. H. Train Boarding and Alighting Rates at High Passenger Loads / G. H. Nigel // Journal of Advanced Transportation. — 2005. — Vol. 40, № 3. — P. 249-263.

202. Railway statistics UIC – synopsis. Provisional results [электронный ресурс] – Париж, 2016 г – Режим доступа: https://uic.org/IMG/pdf/synopsis_2016.pdf.

203. SHMAL, V. N. THE TASK OF ORGANIZING SUBURBAN AND URBAN TRAFFIC ON SECTIONS WITH BRANCHES / V. N. SHMAL // IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING : XIII International Scientific Conference Architecture and Construction 2020, Novosibirsk, 22-24 September 2020. — BRISTOL: IOP Publishing Ltd, 2020.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Анализ межпоездных интервалов на маршрутах пригородно-городских и пригородных перевозок в крупнейших транспортных системах Европы

Город	Маршрут	Границы обращения	Количество остановочных пунктов	Протяженность маршрута, км	Среднее время проезда маршрута, мин.	Маршрутная скорость, км/ч	Ср. расстояние между раздельными пунктами, км	Ср. время хода электропоезда между раздельными пунктами, мин	Участок	Ср интервал открытия движения, мин	Средний интервал в пиковый период, мин	Ср. интервал в дневной межпиковый пиковый период, мин	Ср. интервал закрытия движения, мин
Берлин	S1	Wannsee - Oranienburg	35	51,8	79	39,3	1,5	2,3	Wannsee - Schöneberg	20	10	10	20
									Schöneberg - Gesundbrunnen	20	10	10	10
									Gesundbrunnen - Frohnau	20	10	10	10
									Frohnau - Oranienburg	20	20	20	20
	S2	Blankenfelde - Bernau	28	46,4	69	40,3	1,7	2,5	Blankenfelde - Lichtenrade	20	20	20	20
									Lichtenrade - Buch	20	10	10	10
									Buch - Bernau	20	20	20	20
	S25	Teltow Stadt - Hennigsdorf	27	39,9	61	39,2	1,5	2,3	Teltow Stadt - Hennigsdorf	20	20	20	20
	S26	Teltow Stadt - Waidmannslust	23	30,4	51	35,8	1,3	2,2	Teltow Stadt - Waidmannslust	20	20	20	20
	S3	Erkner - Spandau	30	45,5	74	36,9	1,5	2,5	Erkner - Friedrichshagen	10	20	20	20
									Friedrichshagen - Ostbahnhof	10	10	10	10
									Ostbahnhof - Spandau	20	20	20	20
	S8	Zeuthen - Birkenwerder	25	55,4	70	47,5	2,2	2,8	Zeuthen - Grünau	20	20	20	20
									Grünau - Blankenburg	20	20	20	20
									Blankenburg - Birkenwerder	20	20	20	60

Город	Маршрут	Границы обращения	Количество остановочных пунктов	Протяженность маршрута, км	Среднее время проследования маршрута, мин.	Маршрутная скорость, км/ч	Ср. расстояние между раздельными пунктами, км	Ср. время хода электропоезда между раздельными пунктами, мин	Участок	Ср интервал открытия движения, мин	Средний интервал в пиковый период, мин	Ср. интервал в дневной межпиковый пиковый период, мин	Ср. интервал закрытия движения, мин
	S9	Flughafen B-Schönefeld - Spandau	28	41,1	73	33,8	1,5	2,6	Flughafen B-Schönefeld - Spandau	20	20	20	20
Париж	A4.1-A3	Marne-la-Vallee Chessy - Cergy-Le-Haut	28	68	75	54,4	2,4	2,7	Marne-la-Vallee Chessy - Cergy-Le-Haut	20	5	10	15
	A4.2-A5	Torcy - Poissy	21	50,6	75	40,5	2,4	3,6	Torcy - Poissy	15	10	10	15
	A2-A1	Boissy-Saint-Leger - Saint-Germain-en-Laye	24	43,6	60	43,6	1,8	2,5	Boissy-Saint-Leger - Saint-Germain-en-Laye	10	5	5	15
	B2-B3	Robinson - Aeroport Charles de Gaulle	25	43,8	65	40,4	1,8	2,6	Robinson - Aeroport Charles de Gaulle	15	12	15	15
	B4.1-B5	Saint-Remy-les-Chevreuse - Mitry-Claye	39	61,6	70	52,8	1,6	1,8	Saint-Remy-les-Chevreuse - Mitry-Claye	15	12	15	15
	B4.2-B3	Massy-Palaiseau - Aeroport Charles de Gaulle	30	48,4	75	38,7	1,6	2,5	Massy-Palaiseau - Aeroport Charles de Gaulle	15	12	15	15
Мадрид	C3A	Aranjuez-Atocha-Sol-Chamartín-El Escorial	27	75,8	125	36,4	2,8	4,6	Aranjuez-Atocha-Sol-Chamartín-El Escorial	20	15	25	15
	C4A	Parla - Colmenar Viejo	15	48,8	60	48,8	3,3	4,0	Parla - Colmenar Viejo	25	15	20	20
	C4B	Parla - Alcobendas	15	39,5	60	39,5	2,6	4,0	Parla - Alcobendas	15	15	20	20
	C5	Móstoles El Soto-Atocha-Fuenlabrada-Humanes	23	45,8	55	50,0	2,0	2,4	Móstoles El Soto-Atocha-Fuenlabrada-Humanes	10	5	8	15
	C8	Chamartín-Villalba-Cercedilla	17	62,4	95	39,4	3,7	5,6	Chamartín-Villalba-Cercedilla	30	30	60	60

Город	Маршрут	Границы обращения	Количество остановочных пунктов	Протяженность маршрута, км	Среднее время проезда маршрута, мин.	Маршрутная скорость, км/ч	Ср. расстояние между раздельными пунктами, км	Ср. время хода электропоезда между раздельными пунктами, мин	Участок	Ср интервал открытия движения, мин	Средний интервал в пиковый период, мин	Ср. интервал в дневной межпиковый пиковый период, мин	Ср. интервал закрытия движения, мин
Лондон	Ri-St	Richmond - Stratford	23	28,03	63	26,7	1,2	2,7	Richmond - Action Central	18	12	18	18
									Clapcham Junction - Shepherd Bush	30	15	15	15
									Willesden Junction	12	6	9	9
	Wa-Eu	Watfort Junction - Euston	18	28,3	30	56,6	1,6	1,7	Watfort Junction - Euston	30	20	20	20
	Go-Ba	Gospel Oak - Barking	12	19,04	34	33,6	1,6	2,8	Gospel Oak - Barking	15	15	15	15

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Детализация технологии работы железнодорожной станции в условиях пропуска ПГЭП на примере станции Гривно

Станция Гривно МЖД расположена на двухпутном участке Курского направления МТУ. Станция расположена на расстоянии 51 километра от головной пассажирской станции – Москва-пасс.-Курская (Курский вокзал). На станции обустроены два боковых приёмоотправочных пути №3 и №4. Пути №7,8,9 и 13 находятся в совместной эксплуатации у ОАО «РЖД» с предприятием промышленного железнодорожного транспорта (рисунок Б.1). Пассажирское движение по состоянию на 2020 год обслуживается пригородными электропоездами различных маршрутов, соединяющих Москву и города на направлении, в том числе Тулу. Пассажиропоток формируется жителями мкр. Климовск г.о. Подольск, направляющимися преимущественно в Москву. Грузовая работа станции представлена примыканием 4 путей необщего пользования к 4 четвертям станции, один из которых примыкает непосредственно к главным путям. Наибольшие объёмы работы выполняются на п/п №4.

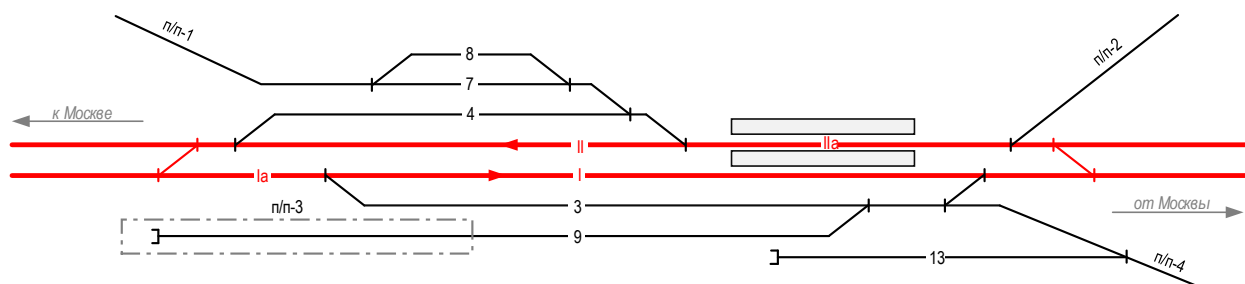


Рисунок Б.1 – Схема станции Гривно МЖД

Грузовые поезда на станцию могут приниматься на приемо-отправочные пути №№3 и 4. При приёме поезда на путь №3, подача вагонов на подъездные пути «п/п-3» и «п/п-4» может осуществляться без выезда на главные пути. Для подачи вагонов на подъездные пути «п/п-1» и «п/п-2» необходимо пересечение главных путей. Причем подача вагонов на «п/п-2» должна осуществляться вагонами вперед. Пересечение главных путей маневровыми группами требует обеспечения

увеличенного межпоездного интервала на прилегающих перегонах, которые должны предусматриваться при построении ГДП. Продолжительность этого интервала зависит от количества и времени маневровых передвижений, которые необходимо выполнить в объеме рассматриваемой операции.

После заезда маневрового локомотива под состав на путь №3, подача группы вагонов на путь №4, назначением на «п/п-1» или «п/п-2» осуществляется за два полурейса. Межпоездной интервал по станции, при котором обеспечивается резерв времени для выполнения маневров, будет иметь две составляющие:

$$I_{\text{ман}} = I_{\text{с}}^{\text{ман}} + I_{\text{о}}^{\text{ман}}, \text{ мин} \quad (\text{Б.1})$$

где $I_{\text{с}}^{\text{ман}}$ – станционный маневровый интервал по вытягиванию маневровой группы с приемо-отправочного пути №3 на I-й главный путь, мин; $I_{\text{о}}^{\text{ман}}$ – станционный маневровый интервал по осаживанию маневровой группы с1-го главного пути на пути №4, 7 или 8 минут.

Продолжительность занятия станционной горловины операциями по вытягиванию маневровой группы (рисунок Е.2) с приемо-отправочного пути:

$$I_{\text{с}}^{\text{ман}} = \tau_{\text{по}} + t_{\text{м}} + t_{\text{с}} + t_{\text{д}}, \text{ мин} \quad (\text{Б.2})$$

где $\tau_{\text{по}}$ – интервал попутного отправления, для станции Гривно $\tau_{\text{по}} = 3 \text{ мин}$; $t_{\text{м}}$ – время на приготовление маршрута, принимается $t_{\text{м}} = 1 \text{ мин}$; $t_{\text{с}}$ – время вытягивания маневровой группы, зависит от длины маршрута и длины переставляемого отцепы вагонов, $t_{\text{с}} = L_{\text{мв}} / V_{\text{ман}}$ ($V_{\text{ман}}$ – скорость движения маневрового состава, $V_{\text{ман}} = 25 \text{ км/ч}$), мин; $t_{\text{д}}$ – дополнительное время, закладывается для надежности маневровой работы, $t_{\text{с}} = 1 \text{ мин}$ для одного полурейса, осуществляемого на главных путях.

Продолжительность интервала осаживания:

$$I_{\text{о}}^{\text{ман}} = t_{\text{о}} + t_{\text{с}} + t_{\text{д}} + \tau_{\text{пр}}, \text{ мин} \quad (\text{Б.3})$$

где $t_{\text{о}}$ – время осаживания маневровой группы ($t_{\text{о}} = L_{\text{мо}} / V_{\text{ман}}$), мин; $\tau_{\text{пр}}$ – интервал попутного прибытия, для станции Гривно $\tau_{\text{пр}} = 4 \text{ мин}$;

Расчёт величины станционных интервалов по перестановке группы вагонов с пути №3 на путь №4 сведен в таблицу Б.1.

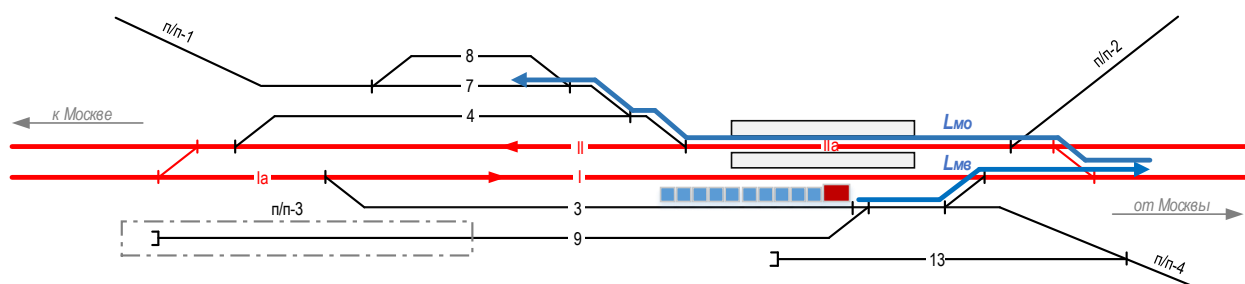


Рисунок Б.2 – Схема перестановки маневровой группы с пути №3 на путь №7 станции Гривно МЖД

Таблица Б.1 – Расчет продолжительности маневровых операций на станции Гривно МЖД в зависимости от числа переставляемых вагонов

Наименование параметров	Число условных вагонов в маневровой группе				
	5	10	15	25	45
Для расчёта интервала вытягивания $I_{\text{в}}^{\text{ман}}$					
Интервал попутного отправления $\tau_{\text{по}}$, мин	3				
Время на приготовление маршрута $t_{\text{м}}$, мин	1				
Общая длина маршрута для переезда локомотива без вагонов L , м	350				
Время вытягивания маневровой группы $t_{\text{в}}$, мин	1,0	1,2	1,4	1,7	2,4
Дополнительное время, закладывается для надежности маневровой работы $t_{\text{д}}$, мин	1				
Величина интервала $I_{\text{в}}^{\text{ман}}$, мин	6,0	6,2	6,4	6,7	7,4
Для расчёта интервала осаживания $I_{\text{о}}^{\text{ман}}$					
Время на приготовление маршрута $t_{\text{м}}$, мин	1				
Общая длина маршрута для переезда локомотива без вагонов для I-го пути L_1 , м	300				
Общая длина маршрута для переезда локомотива без вагонов для II-го пути L_2 , м	500				
Время освобождения I-го пути t , мин	0,9	1,1	1,2	1,6	2,3
Время осаживания маневровой группы $t_{\text{в}}$, мин	1,4	1,6	1,7	2,1	2,8
Дополнительное время, закладывается для надежности маневровой работы $t_{\text{д}}$, мин	1				
Интервал попутного прибытия для I-го пути со стороны Москвы $\tau_{\text{пп}}$, мин	4				
Интервал попутного прибытия для II-го пути со стороны Серпухова $\tau_{\text{пп}}$, мин	4				
Величина интервала $I_{\text{ог}}^{\text{ман}}$, мин	6,9	7,1	7,2	7,6	8,3
Величина интервала $I_{\text{ог}}^{\text{ман}}$, мин	7,4	7,6	7,7	8,1	8,8
Величина интервала $I_{\text{г}}^{\text{ман}}$	12,9	13,3	13,6	14,3	15,7

Как видно из таблицы Б.1, время для перестановки группы вагонов с пересечением двух главных путей может составлять 16 минут и более. При построении ГДП этот интервал требуется предусматривать необходимое

количество раз между поездами нечетного направления. Между четными поездами в соответствующей схеме пропуска необходимо соблюдение интервала $I_{ман}^o = 9$ мин (рисунок Б.3).

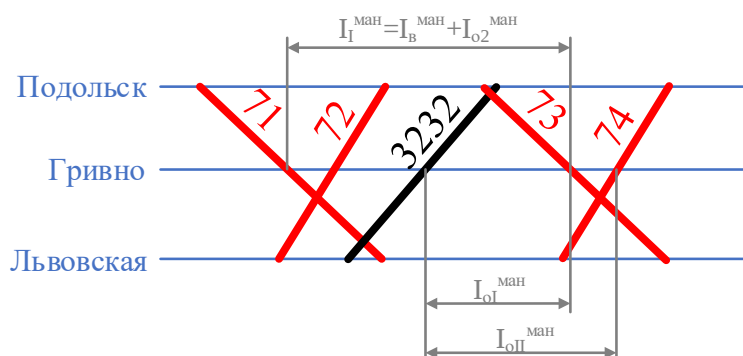


Рисунок Б.3 – Резервы ГДП для маневровой работы с пересечением главных путей.

После перестановки группы вагонов для клиентов «п/п-2» с пути №7 на путь №8, предназначенная группа вагонов п/п-2 подастся вагонами вперед за один полуреис (рисунок Б.4).

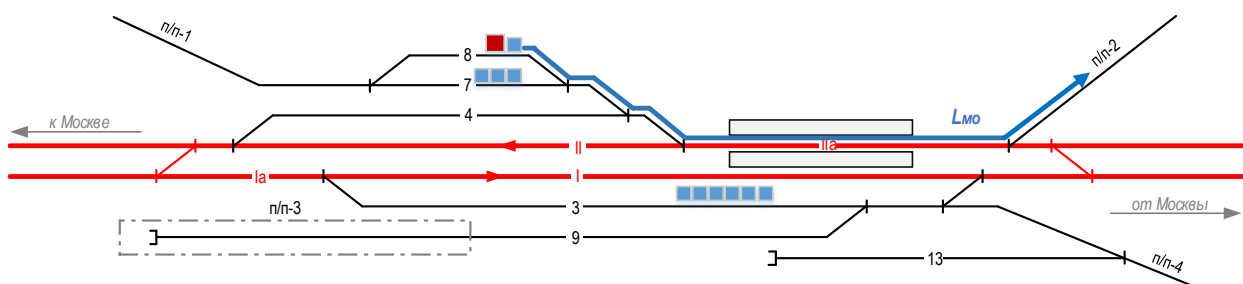


Рисунок Б.4 – Полуреис для подачи вагонов с 4 ПО пути на «п/п-2»

Для осуществления маневров будет пересекаться только II-й главный путь. При этом возможен пропуск поездов по первому пути. Схема расчёта продолжительности занятости II-го пути для выполнения маневров в данном случае (с приемлемой точностью) соответствует величине $I_{oII}^{ман}$ таблицы Б.1. Для обеспечения подачи вагонов на «п/п-2» требуется предусмотреть резерв в ГДП между четными поездами (рисунок Б.5).

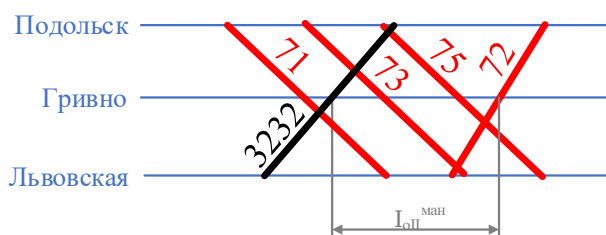


Рисунок Б.5 – Потребные резервы ГДП для перестановки группы вагонов при пересечении II главного пути.

Подача вагонов на «п/п-3» и «п/п-4» осуществляется без пересечения главных путей. Формирование состава для отправления на сортировочную станцию производится на ПО пути №4. Первая перестановка вагонов выполняется с ПО пути №3 на ПО путь №4 с пересечением двух главных путей аналогично схемам на рисунках Б.2 –Б.4 и таблицы Б.1. После вытягивания вагонов с подъездного пути «п/п-1» на путь №7, они переставляются на ПО путь №4. Для выполнения этой операции необходим выезд на II-й главный путь (рисунок Б.6).

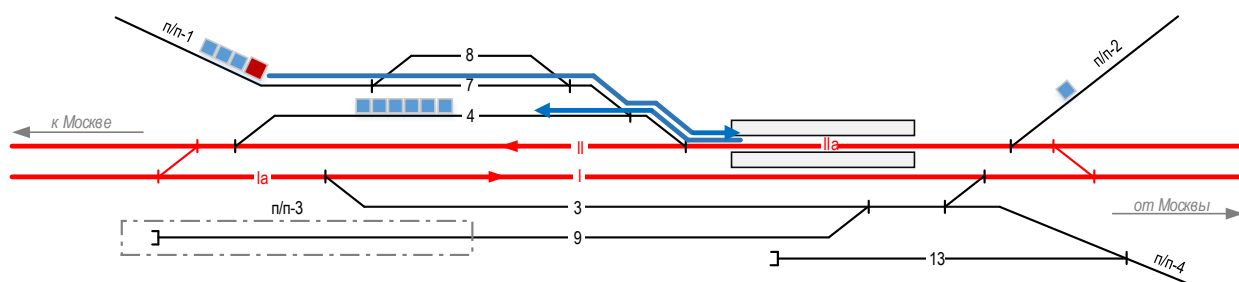


Рисунок Б.6 – Схема перестановки вагонов с пути №7 на ПО путь №4 станции Гривно МЖД

Продолжительность операций по вытягиванию для этой схемы определится по формуле:

$$I_{\text{в}}^{\text{ман}} = t_{\text{м}} + t_{\text{в}} + t_{\text{д}}, \text{ мин} \quad (\text{Б.4})$$

В таблице Б.2 приведен расчёт полной величины интервалов для схемы перестановки на рисунке Б.6.

Уборка вагонов с подъездного пути «п/п-2» на ПО путь №4 может производиться за два полурейса (рисунок Б.7). Продолжительность вытягивания в этом случае рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{в}}^{\text{ман}} = \max \{ \tau_{\text{но}} ; t_{\text{м}} + t_{\text{вн}} + t_{\text{д}} \} + t_{\text{вз}}, \text{ мин} \quad (\text{Б.5})$$

где t_{en} – время вытягивания маневровой группы, до стрелочной горловины со стороны Москвы, мин; t_{ez} – время вытягивания маневровой группы по стрелочной горловине со стороны Москвы, мин

Таблица Б.2 – Расчет интервала занятости II-го главного пути при перестановке группы вагонов с пути №7 на ПО путь №4

Наименование параметров	Число условных вагонов в маневровой группе				
	2	4	6	13	30
Для расчёта интервала вытягивания $I_6^{ман}$					
Время на приготовление маршрута t_m , мин	1				
Общая длина маршрута для переезда локомотива без вагонов L , м	250				
Время вытягивания маневровой группы t_6 , зависит от длины маршрута и длины переставляемого отцепа вагонов, $t_6 = L_{мв} / V_{ман}$, мин	0,7	0,7	0,8	1,1	1,7
Дополнительное время, закладывается для надежности маневровой работы t_d , мин	1				
Величина интервала $I_6^{ман}$, мин	2,7	2,7	2,8	3,1	3,7
Для расчёта интервала осаживания $I_o^{ман}$					
Время на приготовление маршрута t_m , мин	1				
Общая длина маршрута для переезда локомотива без вагонов L , м	250				
Время осаживания маневровой группы t_6 , мин	0,7	0,7	0,8	1,1	1,7
Дополнительное время, закладывается для надежности маневровой работы t_d , мин	1				
Интервал попутного прибытия для II-го пути со стороны Серпухова τ_{nn} , мин	4				
Величина интервала $I_o^{ман}$, мин	6,7	6,7	6,8	7,1	7,7
Величина интервала $I^{ман}$, мин	9,3	9,5	9,6	10,1	11,3

Продолжительность осаживания определяется по формуле Б.3. Итоговые расчёты интервалов схемы рисунка Б.7 сведены в таблицу Б.3.

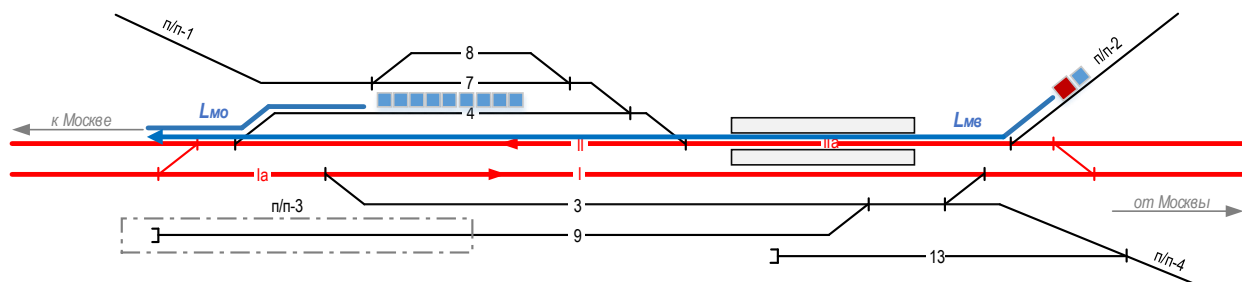


Рисунок Б.7 – Схема уборки вагонов с «п/п-2» на ПО путь №4.

Таблица Б.3 – Расчет общего времени для маневров к рисунку Б.7 в зависимости от числа переставляемых вагонов

Наименование параметров	Число условных вагонов в маневровой группе				
	3	6	9	12	15
Для расчёта интервала вытягивания $I_v^{ман}$					
Интервал попутного отправления $\tau_{по}$, мин	3				
Время на приготовление маршрута t_m , мин	1				
Общая длина маршрута для переезда локомотива без вагонов $L_{вп}$, м	1500				
Общая длина маршрута для переезда локомотива без вагонов $L_{бз}$, м	200				
Время вытягивания маневровой группы $t_{вп}$, мин	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1
Время вытягивания маневровой группы $t_{бз}$, мин	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Дополнительное время, закладывается для надежности маневровой работы t_d , мин	1				
Величина интервала $I_v^{ман}$, мин	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1
Для расчёта интервала осаживания $I_o^{ман}$					
Время на приготовление маршрута t_m , мин	1				
Общая длина маршрута для переезда локомотива без вагонов L , м	200				
Время осаживания маневровой группы t_b , мин	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Дополнительное время, закладывается для надежности маневровой работы t_d , мин	1				
Интервал попутного прибытия для II-го пути со стороны Серпухова $\tau_{пп}$, мин	4				
Величина интервала $I_o^{ман}$, мин	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0
Величина интервала $I^{ман}$, мин	12,9	13,2	13,5	13,8	14,1

Реконструктивные мероприятия по усилению путевого развития станции могут сократить межпоездные интервалы для маневровой работы. На рисунке Б.8 представлен вариант №1 реконструкции станции Гривно с целью сокращения интервалов для маневровой работы – сооружение вытяжного пути 3т со стороны ст. Серпухов и укладка съезда.

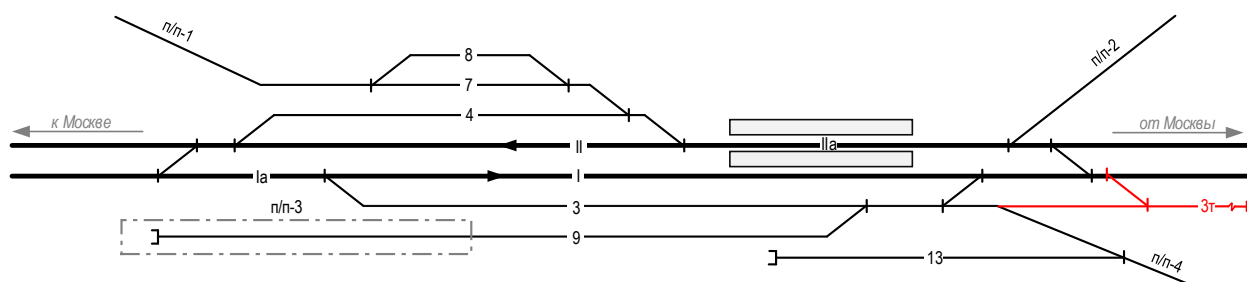


Рисунок Б.8– Вариант №1 реконструкции ст. Гривно (черным – существующие пути, красным – добавляемые).

Так, после вытягивания состава на вытяжной путь №3т, перестановка на путь №7 будет осуществлена за один полурейс (рисунок Б.9) – из расчёта продолжительности рейса ликвидируется первая составляющая *I*_{вман}, что приведет к сокращению интервала до 8 минут.

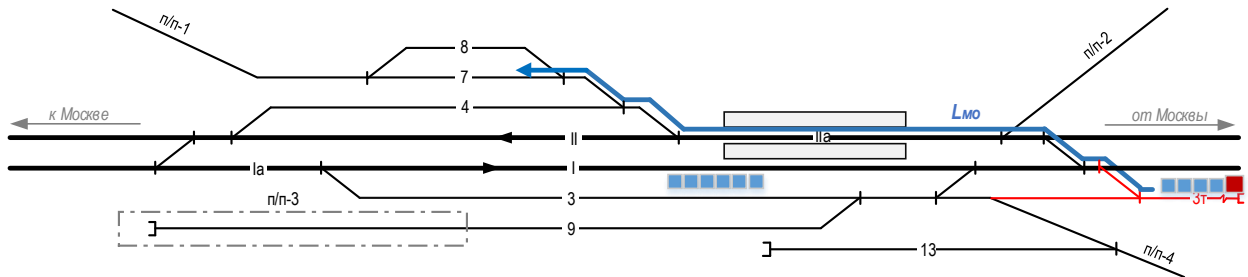


Рисунок Б.9 – Перестановка группы вагонов с 3 ПО пути на 7 путь при реконструкции ст. Гривно

В стесненных условиях, при невозможности сооружения вытяжки №3т, возможен вариант №2 реконструкции – укладка двух съездов (при необходимости смещение островной платформы). В этом случае вытяжкой будет служить ходовой путь на «п/п-4» (рисунок Б.10).

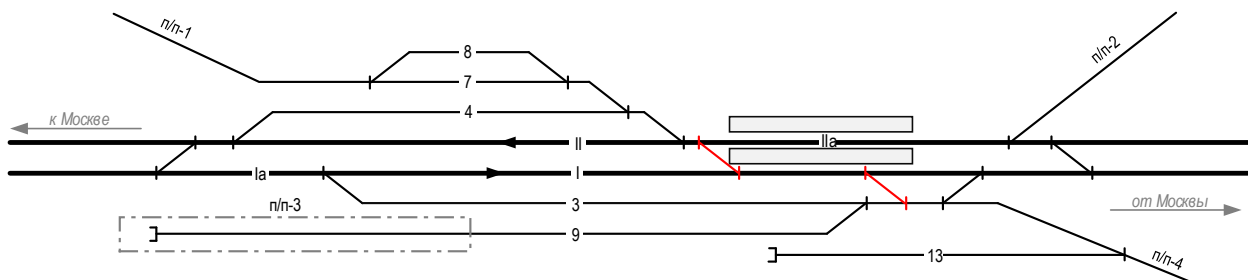


Рисунок Б.10 – Вариант №2 реконструкции ст. Гривно МЖД

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Путевое развитие и пропускная способность пассажирских и зонных станций МТУ

Направление МТУ	Станция	Количество зонных (приёмо-отправочных путей)	Количество путей отстоя	Максимально возможное количество одновременно находящихся составов	Максимальное количество оборачиваемых поездов в течение часа
Ленинградское	Москва-пасс.Октябрьская	7	-	7	10
	Крюково	3	4	7	5
	Депо Крюково	-	-	16	
	Подсолнечная	1	-	1	1
	Клин	2	1	3	5
	Тверь	1	-	1	3
	Конаково	1	-	1	1
Савёловское	Москва –Бутырская	7	2+2	11	12
	Лобня	3	2	5	6
	Депо Лобня	-	-	26	
	Терминал Шереметьево	2	-	2	6
	Икша	1	2	3	6
	Дмитров	1	2	3	3
	Вербилки	2	-	2	2
	Большая Волга	1	-	1	1
	Дубна	1	-	1	1
	Талдом	1	-	1	1
	Савёлово	2	2	2	1
Ярославское	Москва-пасс.Ярославская	11	-	13	22
	Депо Москва-2	-	-	17	-
	Мытищи	2	-	2	4
	Болшево	2	-	2	3
	Фрязино-Пасс.	2	-	2	2
	Щёлково	1	-	1	3
	Монино	3	-	4	10
	Фрязево	2	5	7	6
	Пушкино	2	9	11	4
	Софрино	-	1	1	2
	Красноармейск	1	-	1	1
	Сергиев Посад	2	2	4	4
	Александров	1	-	1	4
	Депо Александров	-	6	6	
	Балакирево	1	-	1	1
Горьковское	Москва-пасс.Курская (горьк. тупики)	7	-	7	14
	Реутово	1	-	1	3
	Балашиха	1	-	1	1
	Железнодорожная	4	2	6	6
	Депо Железнодорожная	-	-	23	-
	Купавна	-	1	1	2
	Фрязево	2	5	7	6
	Электросталь	1	-	1	3
	Ногинск	2	-	2	1
	Захарово	2	-	2	1
	Павловский Посад	1	-	1	3
	Электрогорск	2	-	2	1
	Крутое	1	3	4	3
	Петушки	1	3	4	3
	Владимир	1	2	3	4
	Москва-пасс.Казанская	10	5	15	19

Казанское и Рязанское	Люберцы-1	-	6	6	2
	Панки	1	-	1	3
	Гжель	1	-	1	2
	Куровская	2	-	-	4
	Депо Куровская	-	-	15	-
	Щатура	-	-	-	-
	Черусти	-	2	3	3
	Вековка	-	2	2	4
	Быково	1	-	1	3
	Раменское	2	-	2	4
	Пл. 47 км	-	2	2	10
	Депо Раменское	-	-	17	-
	Бронницы	1	-	1	2
	Фаустово	1	-	1	2
	Виноградово	1	-	1	2
	Пл. 88 км	1	-	1	2
	Шиферная	1	-	1	2
	Голутвин	1	2	3	3
	Рязань-1,2	-	3	3	4
Павелецкое	Москва-пасс.Павелецкая	7	2	9	12
	Коломенское	1	-	1	2
	Бирюлёво-Пасс.	1	-	1	3
	Домодедово	1	1	2	3
	Депо Домодедово	-	-	13	-
	Аэропорт Домод.	2	-	2	4
	Белые Столбы	1	-	1	2
	Барыбино	1	1	-	3
	Михнево	1	1	2	2
	Ступино	1	-	1	2
	Кашира	1	1	2	2
	Ожерелье	1	2	4	2
	Узуново	2	-	2	4
Курское	Москва-Каланчёвская	-	3	3	6
	Москва – пасс.Курская	6	-	6	12
	Депо Перерва	-	-	18	-
	Царицыно	-	2	2	4
	Красный Строитель	1	-	1	2
	Щербинка	-	1	1	2
	Подольск	1	3	5	3
	Львовская	1	-	1	2
	Столбовая	-	-	1	1
	Чехов	-	1	1	2
	Серпухов	1	5	8	3
	Тарусская	1	-	1	2
	Тула-1	3	-	3	4
Киевское	Москва-пасс.Киевская	7	2	9	12
	Солнечная	2	-	2	2
	Новопеределкино	2	-	2	4
	Лесной Городок	1	1	2	1
	Аэропорт Терм.	2	-	2	2
	Аэропорт Внуково	1	-	1	1
	Апрелевка	2	-	2	4
	Депо Апрелевка	-	-	18	-
	Нара	1	2	3	3
	Малоярославец	1	2	3	3
	Калуга-1	3	-	3	4
	Калуга-2	1	-	1	2
Белорусское	Москва – пасс.- Смоленская	2	1	3	10
	Депо им. Ильича	-	-	15	-
	Усово	2	-	2	1
	Одинцово	1	1	2	4
	Голицыно	1	3	4	6
	Звенигород	3	-	3	1
	Кубинка-1	-	1	1	2
	Дорохово	1	-	1	2
	Можайск	1	2	7	3

	Бородино	1	-	1	2
Рижское	Москва-Рижская	2	1	3	3
	Ленинградская	-	2	2	4
	Тушино	0	1	1	2
	Нахабино	2	-	2	3
	Депо Нахабино	-	-	16	-
	Дедовск	-	1	1	2
	Новоиреусалимская	-	3	3	2
	Румянцево	-	1	1	2
	Волоколамск	2	3	5	-
	Шаховская	1	2	3	1

Графическое моделирование работы зонных пассажирских станций

Моделирование работы станций выполнено с помощью составления планов-графиков работы основных устройств (стрелочных горловин, подходов, путей). Графики разработаны с учётом:

- максимально возможного количества оборачиваемых составов;
- минимального интервала между электропоездами, установленного СИР - 5 мин (в случае технической невозможности обеспечения интервала - 6 мин);
- минимального установленного времени смены кабины управления электропоездом – 15 мин;
- отсутствия технологической враждебности маршрутов следования электропоездов.

На рисунках Г.1 и Г.2 представлены план-графики работы пункта оборота электропоездов с последовательным расположением пассажирских платформ и оборотных тупиков с одним и двумя оборотными тупиками соответственно.

Пропускная способность пункта оборота зонной станции с последовательным расположением пассажирских платформ и оборотных тупиков:

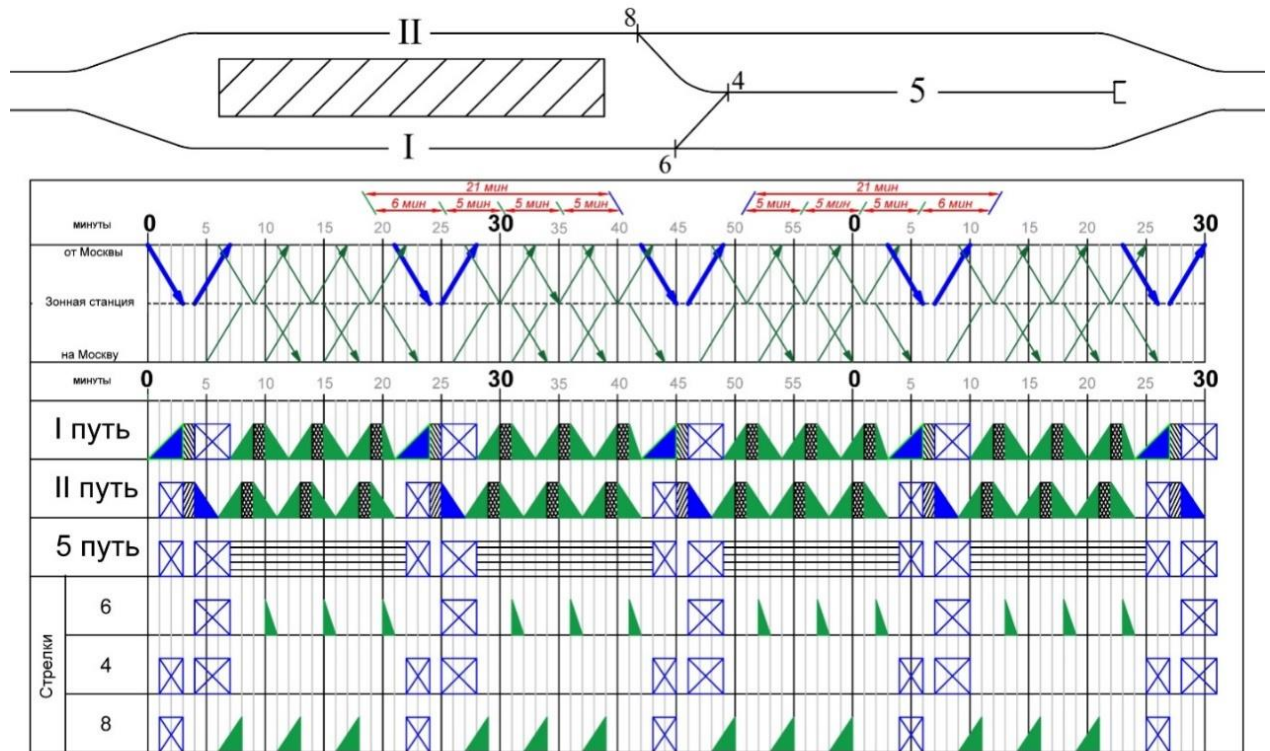
- с одним оборотным тупиком – **3 состава** в час;
- с двумя оборотными тупиками – **6 составов** в час.

Путевая и технологическая схема этих пунктов оборота обеспечивает интервалы:

- между двумя транзитными поездами – **5 мин**, согласно возможностям СИР;
- между конечным по прибытии и транзитным поездами **не менее 6 мин**. Увеличенный интервал связан с продолжительной перестановкой конечного

состава (3 мин) на оборотный тупик с опробованием автотормозов, низкой скоростью движения при отклонении на стрелочных переводах, а также дополнительными ограничениями по скорости при проследовании на тупиковый путь;

- между транзитным и конечным по отправлению поездами – **5 мин.**



Условные обозначения:

	прибытие конечного поезда		высадка пассажиров
	прибытие транзитного поезда		посадка + высадка пассажиров
	отправление конечного поезда		высадка пассажиров
	отправление транзитного поезда		смена кабины управления
	перестановка состава		

Рисунок Г.1 – План-график работы пункта оборота электропоездов с последовательным расположением пассажирских платформ и оборотных тупиков (с одним оборотным тупиком)

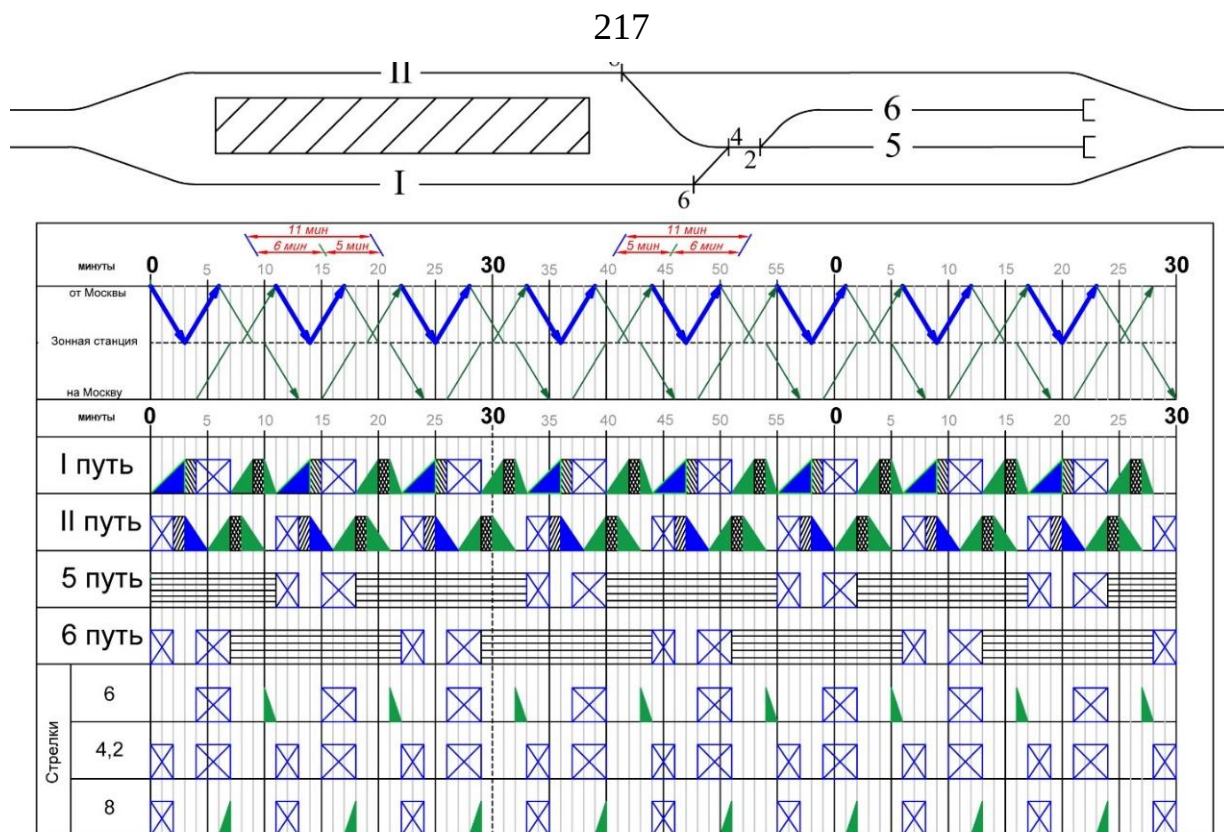
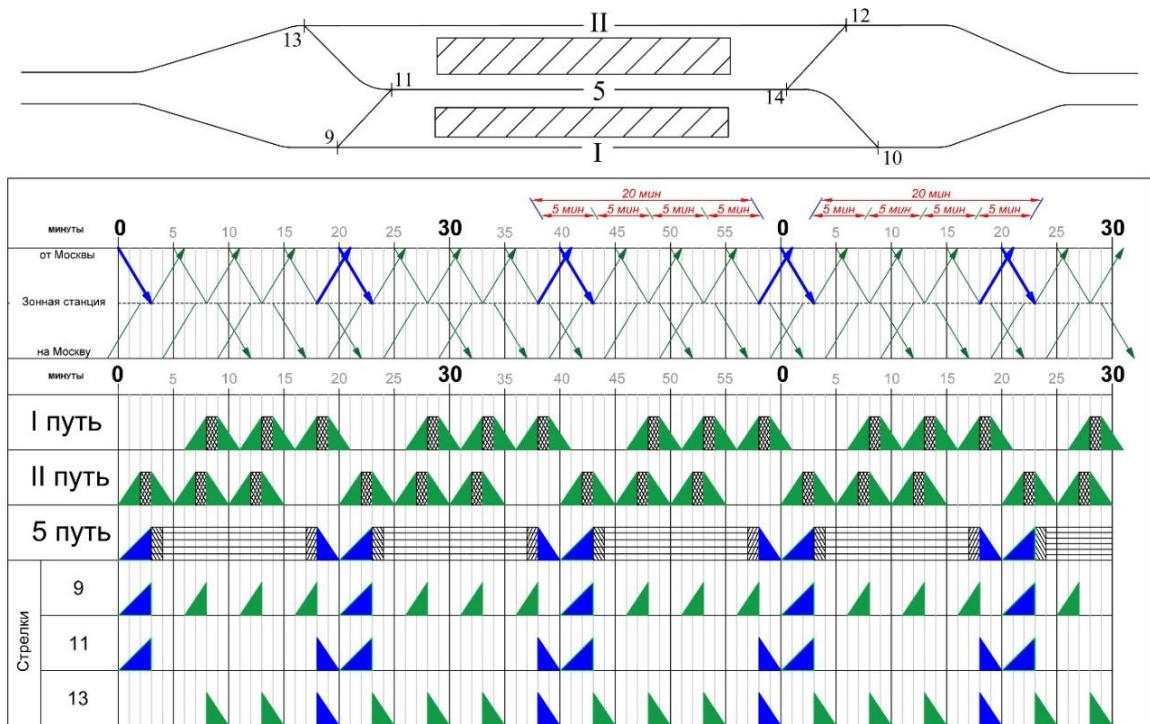


Рисунок Г.2 – План-график работы пункта оборота электропоездов с последовательным расположением пассажирских платформ и оборотных тупиков (с двумя оборотными тупиками)

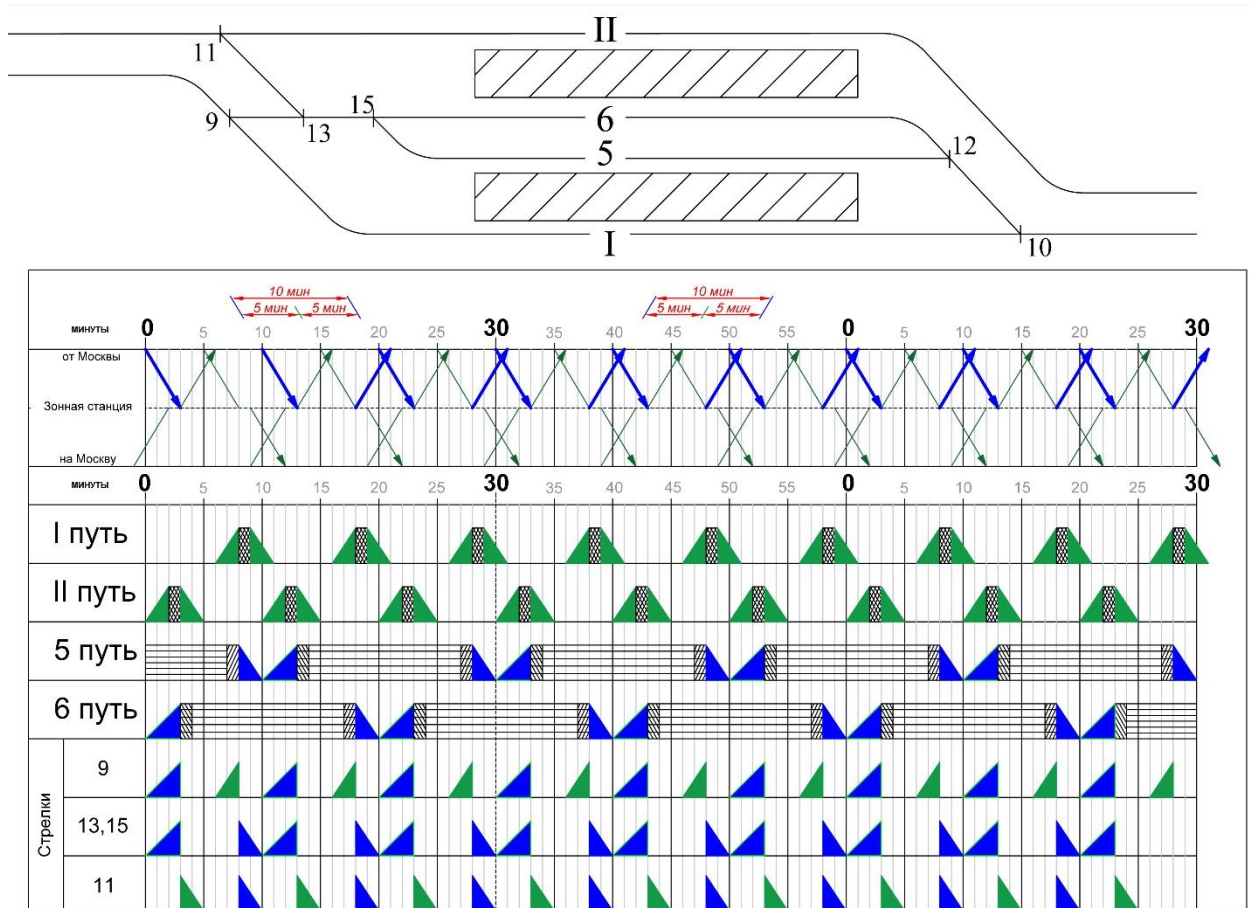
На рисунках Г.3 и Г.4 представлены план-графики работы пункта оборота электропоездов с параллельным расположением устройств с одним и двумя оборотными тупиками соответственно. Данный тип станций предполагает другую технологию оборота электропоездов, подразумевающую смену направления движения непосредственно во время стоянки на перронном пути.



Условные обозначения:

- | | | | |
|--|--------------------------------|--|------------------------------|
| | прибытие конечного поезда | | высадка пассажиров |
| | прибытие транзитного поезда | | посадка + высадка пассажиров |
| | отправление конечного поезда | | высадка пассажиров |
| | отправление транзитного поезда | | смена кабины управления |
| | перестановка состава | | |

Рисунок Г.3 – План-график работы пункта оборота электропоездов параллельного типа с одним зонным путём



Условные обозначения:



Рисунок Г.4– План-график пункта оборота параллельного типа с двумя зонными путями

Мощность пунктов оборота с параллельным расположением устройств:

- с одним оборотным путём – 3 состава в час;
- с двумя оборотными путями – 6 составов в час.

Технологическая особенность и схема данных пунктов обеспечивает между поездами следующие интервалы:

- между двумя транзитными поездами – 5 мин, согласно требованиям СИР;
- между оборачиваемым (конечным) и транзитным поездом – 5 мин;



- | | | | |
|---|--------------------------------|---|------------------------------|
|  | прибытие конечного поезда |  | высадка пассажиров |
|  | прибытие транзитного поезда |  | посадка + высадка пассажиров |
|  | отправление конечного поезда |  | высадка пассажиров |
|  | отправление транзитного поезда | | |
|  | перестановка состава |  | смена кабины управления |

Рисунок Г.5– План-график работ пункта оборота комбинированного типа с одним зонным путём и одним обратным тупиком

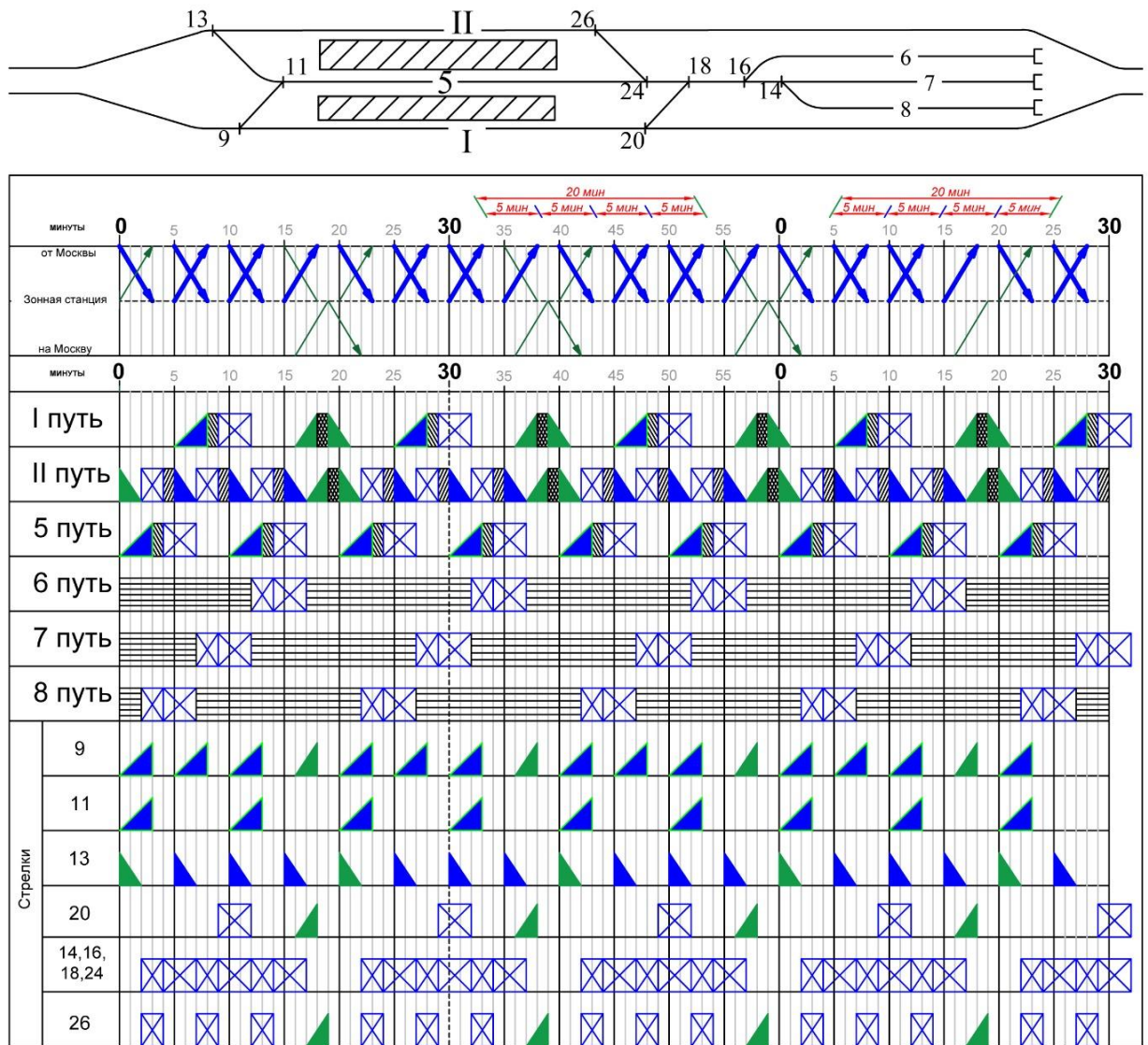


Рисунок Г.6 – План-график работ пункта оборота комбинированного типа с одним зонным путём и тремя оборотными тупиками

Мощность пункта оборота с комбинированным расположением устройств:

- с одним зонным оборотным путём и одним тупиковым – 6 составов в час;

- с одним зонным оборотным путём и тремя тупиковыми - 9 составов в час.

Технологическая схема рассмотренных пунктов оборота обеспечивает следующие межпоездные интервалы:

- между двумя транзитными поездами – 5 мин, согласно требованиям СИР;

- между оборачиваемым (конечным), принимаемым на 5-й зонный путь и транзитным поездом, пропускаемым по I главному пути – 5 мин;

- между оборачиваемым (конечным), принимаемым на I главный путь и транзитным поездом, пропускаемым по I главному пути – не менее 6 мин. Данное ограничение связано с продолжительной перестановкой конечного состава (3 мин) с I главного пути на оборотный тупик маневровым порядком, сопровождаемое опробованием автотормозов, низкой скоростью движения по съездам, а также пониженной скоростью подъезда к упору в конце тупикового пути путь;

- между транзитным и оборачиваемым (конечным) поездом – 5 мин.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – Расчетные данные по приему пригородного поезда на зонную станцию с одним зонным путем при удлинении зонного тупика

№	Наименование операции		Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, мин
Пропуск с остановкой транзитного электропоезда					
1	Прибытие транзитного поезда на станцию	Следование по 3-м блок-участкам, предшествующим станции до входного светофора	2100	110	2
2		Следование от входного светофора до платформы	850	торможение с 110 до 0 *	
3	Высадка пассажиров				1
4	Отправление транзитного поезда	Отправление	900	Ускорение с 0 до 110*	1
5		Освобождение 2-х блок-участков	1400	110	1
ВСЕГО 1-5					5
Прием конечного электропоезда					
6	Прибытие поезда на станцию под оборот на путь I (конечный поезд)	Следование по 3-м блок-участкам, предшествующим станции до входного светофора	2100	110	2
7		Следование от входного светофора до платформы	850	торможение с 110 до 0 *	
8	Прибытие поезда на станцию под оборот на путь №5 (конечный поезд)	Следование по 2-м блок-участкам, предшествующим предвходному светофору станции	1400	110	3
9		Следование по блок-участку от предвходного светофора до входного светофора	700	торможение с 110 до 60 *	
10		Следование от входного светофора до платформы	300	60	
			90	торможение с 60 до 50 *	
			250	50	
			200	торможение с 50 до 0 *	
ВСЕГО 8-10					3
11	Высадка пассажиров				1
12	Перестановка оборачиваемого поезда на зонный тупик (от I пути на путь №7 через путь №6)	Следование от торца платформы на путь №6	200	Ускорение с 0 до 50**	1
			350	50	
13		Следование с пути №6 на путь №7	260	50	1
			200	торможение с 50 до 0 *	
ВСЕГО 6-8, 10-11					6
14	Перестановка оборачиваемого поезда на зонный тупик (от I пути на	Следование от торца платформы на путь №7	250	Ускорение с 0 до 60**	1,5
			250	60	
			100	торможение с 60 до 50*	
			400	50	

№	Наименование операции		Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, мин
15	путь №8 через путь №7)	Следование с пути №7 на путь №8	160	торможение с 50 до 25*	1,5
			220	25	
			80	торможение с 25 до 0***	
ВСЕГО 6-8, 10-11					6
Подача состава под посадку и отправление со станции					
16	Выдача оборачиваемого поезда с зонного пути под посадку	Следование с пути №7 на путь II (освобождение стрелочного перевода 18- 22-24)	200	Ускорение с 0 до 50**	1
			220	50	
17	Выдача оборачиваемого поезда с зонного пути под посадку	Следование до торца платформы	100	Ускорение с 50 до 60**	1
			300	60	
			250	торможение с 60 до 0*	
18	Выдача оборачиваемого поезда с зонного тупика под посадку	Следование с пути №8 на путь II (освобождение стрелочного перевода 10- 14-16)	200	Ускорение с 0 до 50**	1
			220	50	
19	Выдача оборачиваемого поезда с зонного тупика под посадку	Следование до торца платформы	300	Ускорение с 50 до 80**	1
			350	80	
			450	торможение с 80 до 0*	
20	Посадка пассажиров				1
21	Отправление поезда со станции	Отправление	900	Ускорение с 0 до 100*	1
22		Освобождение 2-х блок- участков	1400	110	1
ВСЕГО 12, 15-17					5
ВСЕГО 13-17					4
* - расчет произведен для равнозамедленного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
** - расчет произведен для равноускоренного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
*** - расчёт при следовании к тупиковой призме					

Таблица Д.2 – Расчетные данные по приему пригородного поезда на зонную станцию при удлинении зонного тупика.

№	Наименование операции		Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, мин
Пропуск с остановкой транзитного электропоезда					
1	Прибытие транзитного поезда на станцию	Следование по 3-м блок-участкам, предшествующим станции до входного светофора	2100	110	2
2		Следование от входного светофора до платформы	700	торможение с 110 до 0 *	
3	Высадка пассажиров				1
4	Отправление транзитного поезда	Отправление	900	Ускорение с 0 до 110*	1
5		Освобождение 2-х блок-участков	1400	110	1
				ВСЕГО 1-5	5
Прием конечного электропоезда					
6	Прибытие поезда на станцию под оборот (конечный поезд)	Следование по 3-м блок-участкам, предшествующим станции до входного светофора	1400	110	2
7		Следование от входного светофора до платформы	700	торможение с 110 до 0 *	
8	Высадка пассажиров				1
9	Перестановка оборачиваемого поезда на зонный пути	Следование от торца платформы на путь №5	120	Ускорение с 0 до 40**	1
			220	40	
			120	торможение с 40 до 0 *	
				ВСЕГО 6-9	4
10	Перестановка оборачиваемого поезда на зонный тупик (от I пути на путь №7 через путь №6)	Следование от торца платформы на путь №6	250	Ускорение с 0 до 60**	1,5
			150	60	
			100	торможение с 60 до 50*	
			400	50	
11		Следование с пути №6 на путь №7	160	торможение с 50 до 25*	1,5
			220	25	
			80	торможение с 60 до 0***	
				ВСЕГО 6-8, 10-11	6
Подача состава под посадку и отправление со станции					
12	Выдача оборачиваемого поезда с зонного пути под посадку	Следование с пути №5 до торца платформы	120	Ускорение с 0 до 40**	1
			220	40	
			120	торможение с 40 до 0 *	
13	Выдача оборачиваемого поезда с зонного тупика под посадку	Следование с пути №7 на путь II (освобождение стрелочного перевода 10-14-16)	200	Ускорение с 0 до 50**	1
			220	50	
			200	Ускорение с 50 до 70**	

№	Наименование операции		Расстояние, м	Скорость, км/ч	Время, мин
14		Следование до торца платформы	450	70	
			350	торможение с 70 до 0*	1
15	Посадка пассажиров				1
16	Отправление поезда со станции	Отправление	700	Ускорение с 0 до 100*	1
17		Освобождение 2-х блок-участков	1400	110	1
ВСЕГО 12, 15-17					5
ВСЕГО 13-17					4
* - расчет произведен для равнозамедленного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
** - расчет произведен для равноускоренного движения с ускорением 0,6 м/с ² (технические характеристики электропоезда ЭД4М)					
*** - расчёт при следовании к тупиковой призме					

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Пример расчёта экономической эффективности инвестиций в развитие
специализированной железнодорожной инфраструктуры для нужд отстоя
составов электропоездов

При определении примерной цены строительства трёх тупиковых путей для отстоя электропоездов на станции, расположенной в пределах 20 км от станции посадки пассажиров в объёме: 1,2 км. ж.д. полотна, 1,5 км контактной сети и 5 стрелочных переводов использованы данные [182]. В регионах с разными климатическими условиями применяемые ставки могут значительно отличаться. Укрупнённый расчёт капитальных затрат показывает, что стоимость обустройства 3 тупиков составляет 80,1 млн рублей ($8 \cdot 10^7$ руб.).

Годовое сокращение расходов (экономический эффект) учредителя можно рассчитать по формуле в следующий год после реализации инвестиций.

$$\text{Эффект} = (m * l * Ц) * 365, \text{ руб} \quad (\text{E.1})$$

где: m - число поездов осуществляющих порожний пробег до станции с путями отстоя до вложения инвестиций в предыдущий период ($m=3$); l – средняя длина порожнего пробега под посадку на станцию в [км], в год, предшествующий инвестиции и их реализации в постройке дополнительных путей ($l=25$ км); $Ц$ - средняя стоимость одного километра пробега, руб.

$$Ц = L * k + \frac{B+T*k}{U}, [\text{руб./км}]. \quad (\text{E.2})$$

где: T – средняя стоимость вагоно-часа работы электропоезда Ласточка, руб/час ($T=282$ руб/час); L – средняя стоимость вагоно-километра пробега электропоезда Ласточка, руб/км ($L=49$ руб/км); U – средняя маршрутная скорость движения электропоезда по пригородному участку, км/ч ($U= 55$ км/ч); k – число вагонов в составе поезда ($k=10$); B – стоимость бригадо-часа

работы локомотивной бригады электропоезда Ласточка, руб/час ($B=1550$ руб./час).

Подставив данные в выражение (1) и (2), получим:
 $C=49*10+(1550+282*10)/55=569$ [руб./км]. Эффект= $3*25*569*365=15,6$ млн. руб в год (без учета налога на прибыль). Эффект с учетом налога на прибыль составит $15,6 * 0,8 = 12,5$ млн. руб в год. Простой срок окупаемости составит:
 $80,1 \text{ млн. руб.} : 12,5 \text{ млн. руб.} = 6,4$ года

Для расчёта NPV использована программа «Альт-инвест» при следующих допущениях: ставка дисконтирования 12,8%, горизонт расчёта 20 лет, срок полезного использования 40 лет, норма амортизации 2,5% в год, налогообложение в соответствии с законодательством РФ, прогнозные индексы по данным Министерства экономического развития РФ, единовременные капитальные вложения в размере 80,1 млн. руб. Получены следующие результаты: NPV=20,65 млн. руб. IRR (номинальная годовая)=16,5%. На рисунке Е.1 представлен график чистых доходов для обустройства путей отстоя электропоездов.

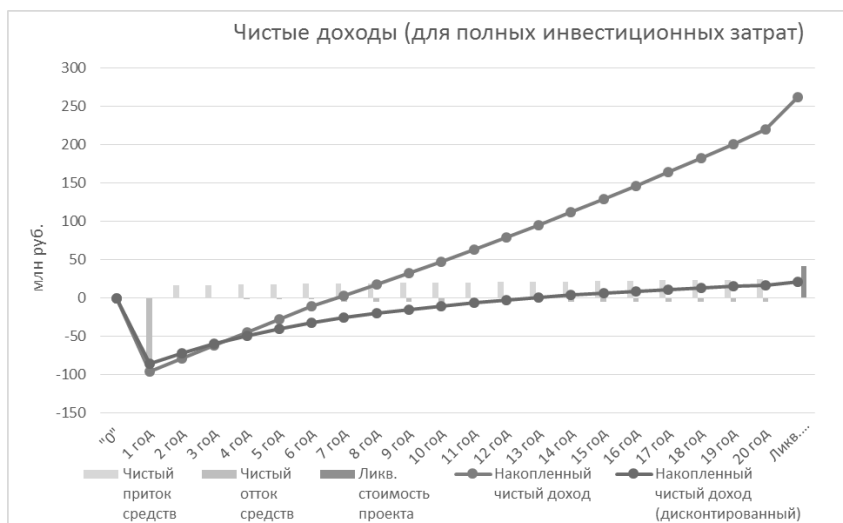


Рисунок Е.1 – График чистых доходов для обустройства путей отстоя электропоездов

Приведенные расчёты показывают, что существует потенциал для оценки приведенных затрат на сооружение дополнительных путей отстоя

ввиду того, что при их отсутствии возникают финансовые потери (перепробеги) составов электропоездов, которые при приведении их к годовым затратам дают существенную величину эксплуатационных издержек. Однако в практике пригородных перевозок в России в настоящее время такие подходы пока практически не применяются по указанным выше причинам.

Обустройство пункта отстоя в составе трёх путей для ликвидации ежедневных пробегов электропоездов на 25 км является эффективным мероприятием. Это позволяет сделать вывод о перспективности дальнейшего уточнения параметров подобного строительства и проработки технологических параметров расстановки составов на отстой.

Задача выбора оптимальной ёмкости и мест размещения пунктов отстоя составов электропоездов на пригородно-городском железнодорожном маршруте может быть сформулирована в виде программы для персонального компьютера. Исходный программный код представлен в ниже, а использование программы строится в несколько этапов:

1. Ввод числа станций, где может быть организован отстой электропоездов. Учитываются как существующие станции, так и площадки, выбранные по результатам эскизного проектирования. Интерфейс окна представлен на рисунке Ж.1.

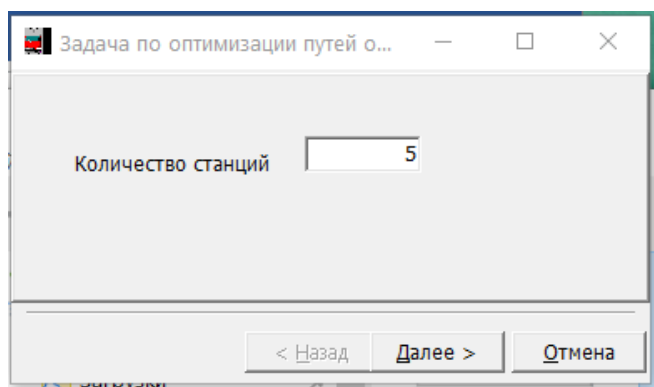


Рисунок Ж.1 – Интерфейс ввода числа станций

2. Заполнение таблицы исходных данных по всем станциям из предыдущего этапа. В качестве названия станций могут указываться названия существующих станций, пикеты мест расположения новых площадок на перегонах или пути/парки станций, предполагаемые к реконструкции. В таблице заполняется число составов, заканчивающих свой маршрут на данной станции чётного и нечётного направлений, взятое из эскиза ГДП и эскизной версии ГО составов. Как было сформировано выше, принято допущение, что по окончании периода отстоя, маршруты электропоездов начинаются с этих же станций.

Четвёртым и пятым столбцами вносятся, соответственно, число специализированных путей отстоя на данной станции и число дополнительных путей, которые могут быть построены (в соответствии с результатами эскизного проектирования). Последним столбцом указываются приведенные затраты на сооружение этих дополнительных путей или на реконструкцию существующих путей, используемых для других нужд. Интерфейс таблицы представлен на рисунке Ж.2.

Название станции	Кол. чёт.	Кол. неч.	Путей	Доп. путей	Затраты на доп. пути
Станция 1 Лобня-Катуар	0	0	0	8	50000000
Станция 2 Лобня	0	15	5	5	70000000
Станция 3 Марк	0	0	1	3	110000000
Станция 4 Бескудниково	0	0	4	0	0
Станция 5 М-Бутырская	0	0	4	10	40000000

Название станции
Количество составов, закончивших движение в чётном направлении
Количество составов, закончивших движение в нечётном направлении
Количество путей отстоя
Максимально возможное количество путей отстоя
Приведённые затраты на строительство дополнительного пути

< Назад Далее > Отмена

Рисунок Ж.2 – Интерфейс окна для ввода данных по зонным станциям

3. Заполнение матрицы приведенных затрат на перегон составов между станциями соответственно для чётных и нечётных поездов через дробь. Стоит отметить, что не всегда затраты на перегон поездов назначением с одной станции на неё же должны быть равны нулю. Особенности путевого развития зонных станций и прочие местные условия, такие как наличие интенсивного движения поездов других категорий, могут привносить существенные затраты на ожидание, смену направления движения или другие прочие расходы. На рисунке Ж.3 представлен интерфейс окна для ввода приведенных затрат.

Задача по оптимизации путей отстоя

	Лобня-Катю	Лобня	Марк	Бескудник	М-Бутырск
Лобня-Катю	0/0	14/14	5/5	12/12	5/11
Лобня	5/3	11/10	9/9	15/8	7/14
Марк	11/8	0/0	0/0	14/10	12/12
Бескудник	14/4	7/7	11/5	0/0	15/18
М-Бутырск	12/2	8/8	14/6	16/20	0/0

Общие затраты на перегон чётного состава с одной станции на другую / Общие затраты на перегон нечётного состава с

< Назад Далее > Отмена

Рисунок Ж.3 – Интерфейс окна для ввода приведенных затрат на передвижение составов по участку.

4. Составление задачи целочисленного линейного программирования происходит в финальном окне программы (рисунок Ж.4). Сформулированная задача может быть решена любым известным способом, в том числе с помощью соответствующих программ по автоматизации расчёта.

Задача по оптимизации путей отстоя

Задача целочисленного линейного программирования

```

f(x)=48,10*уч_2,1 + 11*уч_2,2 + 7*уч_2,4 + 8*уч_2,5 + 14*хч_2,1 + 11*хч_2,2 + 7*хч_2,4 + 8*хч_2,5 + 11*ун_5,1 + 14*ун_5,2 + 12*ун_5,3 + 18*ун_5,4 + 11*хн_5,1 + 14*хн_5,2 + 12*хн_5,3 + 18*хн_5,4->min
хч_2,2 + хн_5,2 <= 5
хч_2,3 + хн_5,3 <= 1
хч_2,4 + хн_5,4 <= 4
хч_2,5 + хн_5,5 <= 4
уч_2,1 + ун_5,1 <= 8
уч_2,2 + ун_5,2 <= 5
уч_2,3 + ун_5,3 <= 50
уч_2,5 + ун_5,5 <= 10
уч_2,1 + уч_2,2 + уч_2,3 + уч_2,4 + уч_2,5 + хч_2,1 + хч_2,2 + хч_2,3 + хч_2,4 + хч_2,5 = 13
ун_5,1 + ун_5,2 + ун_5,3 + ун_5,4 + ун_5,5 + хн_5,1 + хн_5,2 + хн_5,3 + хн_5,4 + хн_5,5 = 30
  
```

< Назад Далее > Готово

Рисунок Ж.4 – Формирование системы уравнений для решения задачи определения оптимальной ёмкости и мест расположения пунктов отстоя

Приведенный выше интерфейс реализован с помощью программирования на специализированном языке Fortran.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Результаты расчётов мест размещения и ёмкости путей отстоя составов электропоездов на примере Рижского направления МТУ

Наименование раздельного пункта	Прикрепление подвижного состава к выбранному пути										Ограничения	Фактическое значение	Потребное количество дополнительных главных путей	Приведенная стоимость постановки подвижного состава на отстой										Всего в строке
	Москва-Рижская	Подмосковная	Тушино	Нахабино	Дедовск	Новоиерусалимская	Холщёвики	Румянцево	Волоколамск	Шаховская				Москва-Рижская	Подмосковная	Тушино	Нахабино	Дедовск	Новоиерусалимская	Холщёвики	Румянцево	Волоколамск	Шаховская	
Москва-Рижская	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	1	172 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208 829
Подмосковная	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Тушино	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Нахабино	0	0	0	11	2	0	0	3	0	0	17	16	0	0	0	0	473 000	91 732	0	0	216 843	0	0	781 575
Дедовск	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	56 955	0	0	0	0	93 784
Новоиерусалимская	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	129 000	0	0	0	0	129 000
Холщёвики	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Румянцево	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	43 000	0	0	0	79 829
Волоколамск	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	129 000	0	0	129 000
Шаховская	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	60 631	86 000	0	146 631
Всего	4	0	0	11	2	4	0	4	4	2	31	31	110487	172 000	0	0	473 000	91 732	185 955	0	259 843	189 631	86 000	1 568 648

Рисунок И.1 – Результаты расчётов мест размещения и ёмкости путей отстоя составов электропоездов Рижского направления МТУ при введении новых путей отстоя

Наименование раздельного пункта	Прикрепление подвижного состава к выбранному пути										Ограничения	Фактическое значение	Потребное количество дополнительных главных путей	Приведенная стоимость постановки подвижного состава на отстой										Всего в строке
	Москва-Рижская	Подмосковная	Тушино	Нахабино	Дедовск	Новоиерусалимская	Холщёвики	Румянцево	Волоколамск	Шаховская				Москва-Рижская	Подмосковная	Тушино	Нахабино	Дедовск	Новоиерусалимская	Холщёвики	Румянцево	Волоколамск	Шаховская	
Москва-Рижская	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	3	0	129 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129 000
Подмосковная	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	17	2	0	0	0	0	0	0	0	0	178 978	0	0	178 978
Тушино	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Нахабино	1	0	0	9	1	0	0	2	4	0	32	17	0	64 219	0	0	387 000	145 958	0	0	146 442	408 624	0	1 052 243
Дедовск	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Новоиерусалимская	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	18	3	0	0	0	0	0	0	129 000	0	0	0	0	129 000
Холщёвики	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Румянцево	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Волоколамск	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	18	3	0	0	0	0	102 156	0	0	0	0	0	122 394	224 550
Шаховская	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	18	3	0	0	0	0	120 353	117 395	102 992	0	0	0	0	340 740
Всего	4	0	0	11	2	4	0	4	4	2	31	31	0	193 219	0	0	609 509	163 353	231 992	0	325 420	408 624	122 394	2 054 510

Рисунок И.2 - Результаты расчётов мест размещения и ёмкости путей отстоя составов электропоездов Рижского направления МТУ без введения новых путей отстоя (существующее положение)

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Целевые схемы важнейших зонных пассажирских станций на Курско-Рижском диаметральной маршруте МТУ

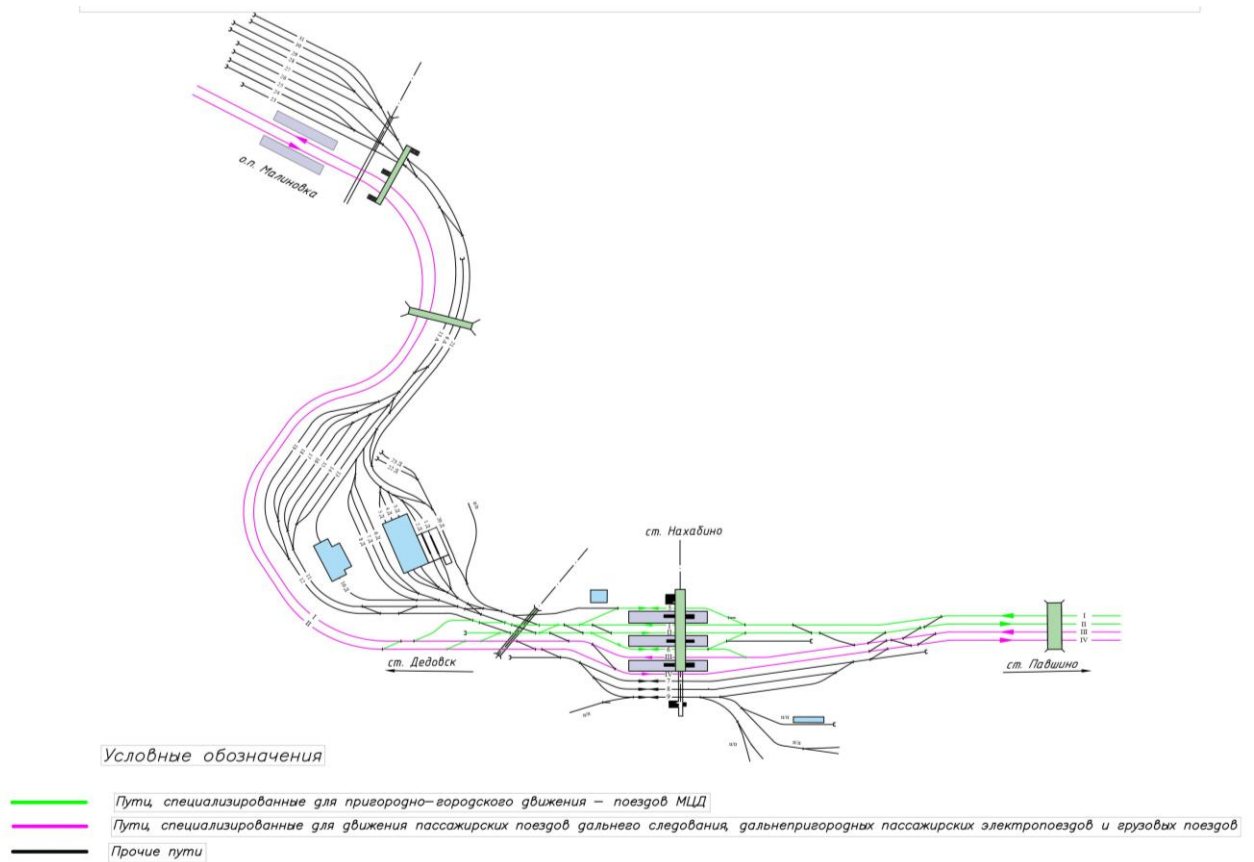


Рисунок К.1 – Целевая схема путевого развития ст. Нахабино с учётом интенсификации пригородно-городских перевозок на Курско-Рижском диаметре

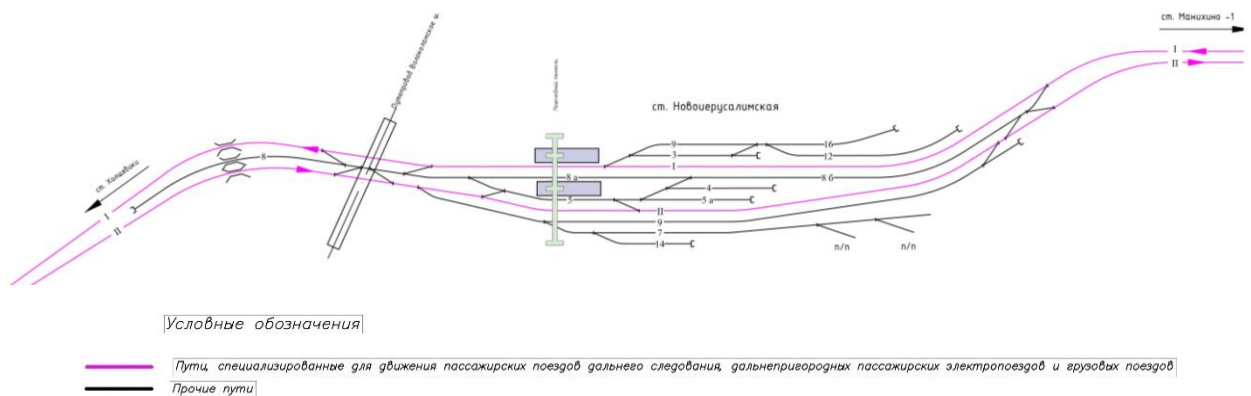


Рисунок К.2 – Целевая схема путевого развития ст. Новоиерусалимская с учётом интенсификации пригородно-городских перевозок на Курско-Рижском диаметре

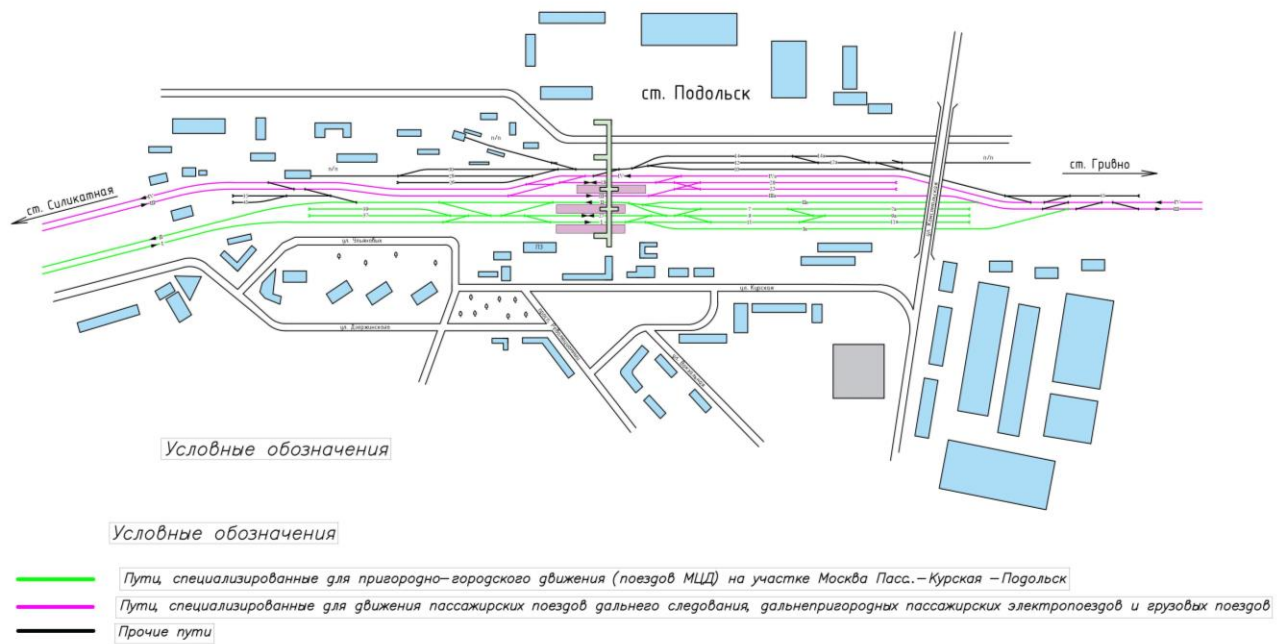


Рисунок К.3 – Целевая схема путевого развития ст. Подольск с учётом интенсификации пригородно-городских перевозок на Курско-Рижском диаметре

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Проектные графики движения поездов Курско-Рижского диаметра МТУ

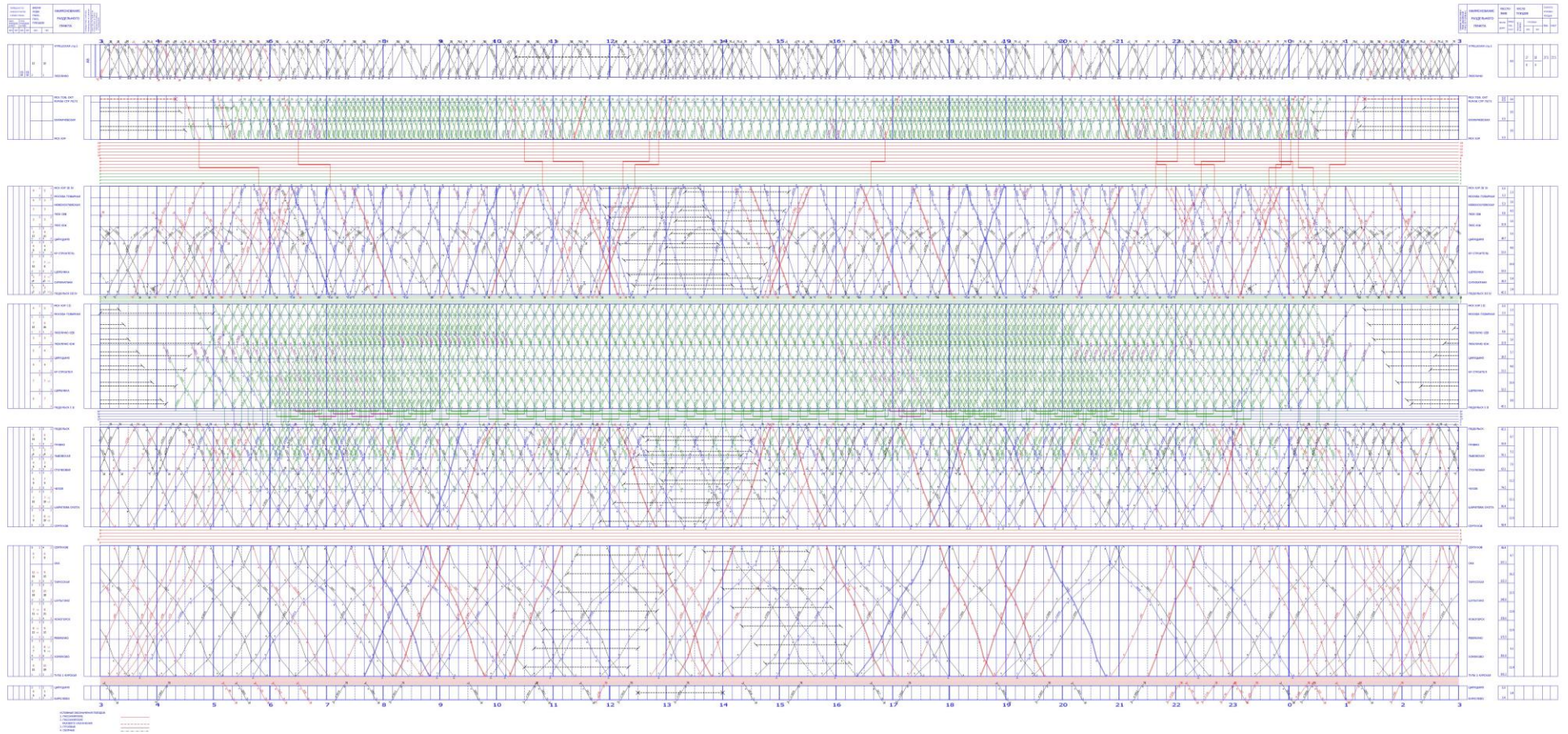


Рисунок Л.1 – Проектный график движения Курского направления МТУ

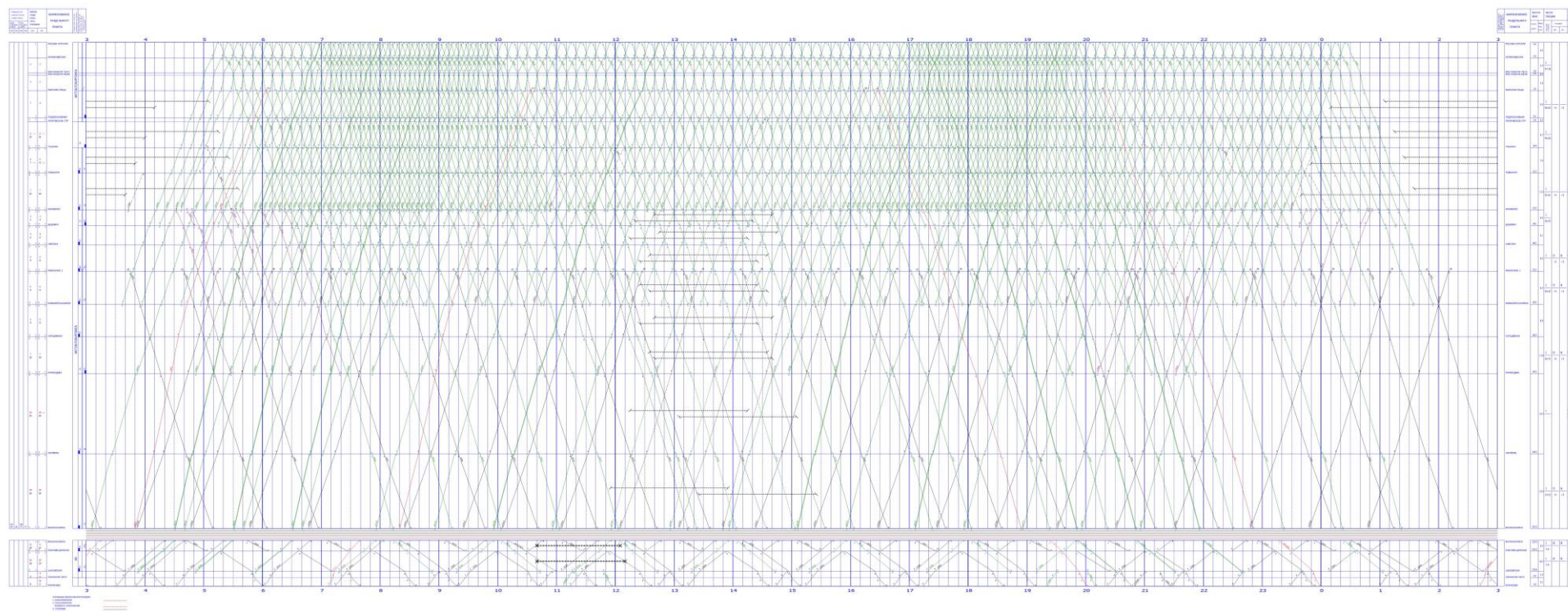


Рисунок Л.2 – Проектный график движения Рижского направления МТУ

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Результаты диссертационного исследования Роменского Дмитрия Юрьевича на тему «Разработка технологии организации пригородно-городских железнодорожных пассажирских перевозок на диаметральном маршруте крупных транспортных узлов (на примере Московского транспортного узла)», представленного на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.08 – «Управление процессами перевозок», а именно:

- Новые схемы путевого развития и технология работы зонных пассажирских станций для линий с интенсивным движением пригородных электропоездов;
- Алгоритм расчёта числа составов в обороте при организации диаметального движения на основе применяемых видов корреспонденций;
- Методика расчёта мест размещения и ёмкости мест отстоя составов электропоездов;

использованы АО «Мосгипротранс» при проектировании железнодорожной инфраструктуры в Московском транспортном узле по титулам развития Московских центральных диаметров.

Предложенные алгоритмы, подходы к проектированию железнодорожной инфраструктуры и технологические методы организации перевозок рассмотрены в Институте и используются в проектной деятельности.

Главный инженер



А.А. Щербаков

25.11.2020г.



Правительство Москвы
Комитет по архитектуре
и градостроительству города Москвы

Государственное автономное учреждение
города Москвы «Научно-исследовательский
и проектный институт Генерального плана города
Москвы» (ГАУ «Институт Генплана Москвы»)

2-я Брестская ул., 2/14, Москва, 125047
Тел.: +7 499 250-15-08, факс: +7 499 251-90-75
www.genplanmos.ru, info@genplanmos.ru
ОГРН 5177746186756
ИНН/КПП 7710042298/771001001

№ ГП-03-4486/20 от 11.11.2020

на № _____ от _____

Акт

Результаты диссертационного исследования Роменского Дмитрия Юрьевича на тему «Разработка технологии организации пригородно-городских железнодорожных пассажирских перевозок на диаметральных маршрутах крупных транспортных узлов (на примере Московского транспортного узла)», представленного на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.08 – «Управление процессами перевозок», а именно принципы организации движения электропоездов пригородно-городского сообщения в крупных агломерациях, использованы ГАУ «Институт Генплана Москвы» при разработке концепции организации пригородно-городского движения в Московском железнодорожном узле с развитием Московских центральных диаметров, территорий транспортно-пересадочных узлов.

Предложенная методология, алгоритмы и принципы работы систем массовых железнодорожных пассажирских перевозок в крупных агломерациях рассмотрены в ГАУ «Институт Генплана Москвы» и приняты к внедрению.

Главный инженер, к.т.н., с.н.с.



М.Г. Крестмейн

С.П. Лемешевский,
+7 (499) 250-95-71