

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва — 2021

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ)

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Вакуленко Сергей Петрович

Официальные оппоненты: **Котенко Алексей Геннадьевич**
доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем транспорта им Н.С. Соломенко Российской академии наук (ИПТ РАН), лаборатория проблем организации транспортных систем, заведующий лабораторией;

Каликина Татьяна Николаевна
кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», кафедра «Организация перевозок и безопасность на транспорте», заведующая кафедрой

Ведущая организация: Акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта», г. Москва

Защита состоится «22» декабря 2021 года в 13:00 на заседании диссертационного совета 40.2.002.02 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» по адресу: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д.9., стр. 9, ауд. 2505.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте РУТ (МИИТ) <https://miit.ru/>.

Автореферат разослан «___» октября 2021 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Сидоренко Валентина Геннадьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования определяется существующими тенденциями урбанизации крупных транспортных систем в России. Стоящие перед крупнейшими агломерациями транспортные проблемы – это транспортное обеспечение потребностей экономики при увеличивающейся плотности населения, увеличении площади с плотной городской застройкой и невозможности дальнейшего экстенсивного развития улично-дорожной сети. Повышение роли железнодорожного транспорта в организации внутригородских и пригородно-городских пассажирских перевозок в крупных транспортных узлах – 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 недоиспользованным. Высокая провозная способность, высокий уровень точности выполнения заявленного расписания движения, минимизация времени в пути для пассажиров и другие качественные параметры железнодорожного транспорта приравнивают его потенциал к лучшим системам метрополитена. Важно реализовать комплекс мероприятий технологического, организационного и технического характера параллельно с развитием инфраструктуры. Сложность функционирования масштабных транспортных проектов требует учёта ещё на этапе формирования концепции всех перспективных видов перевозок и их взаимной интеграции во избежание в дальнейшем бросовых затрат и «замораживания» инвестиций из-за нерациональной этапности реализации проектов.

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

Степень разработанности темы. 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, Н.А. Самарина, В.Г. Шубко, А.П. Артынов и другие. Среди отечественных учёных, внёсших свой вклад в такие вопросы как встраивание ж.д. перевозок в транспортную систему городов, комплексное развитие транспортных систем агломераций, оптимизация работы систем пригородно-городских пассажирских перевозок, совершенствование работы метрополитенов, прогнозирование и моделирование пассажиропотоков в пригородном сообщении необходимо отметить Л.А. Баранова, М.В. Новикову, С.П. Вакуленко, Е.В. Копылову, А.В. Колина, Т.А. Власюк, П.В. Куренкова, В.И. Апатцева, Н.А. Муковнину и других.

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

Предметом исследования является технико-технологическая эффективность организации движения пригородно-городских электропоездов в крупных транспортных узлах и обоснование потребной для этого 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 оборотным 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. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы (203 наименования) и десяти приложений. Общий объем работы составляет 238 машинописных страниц, 51 рисунок, 21 таблицу. Объем приложений составляет 36 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы диссертации, представлена общая характеристика проблемы, определены цели и основные задачи исследования.

В первой главе рассмотрена теория и практика организации движения пригородных поездов на сети железных дорог России и стран дальнего зарубежья. Согласно законодательству и практике работы железных дорог России, существуют два вида пассажирских сообщений: дальние и пригородные, хотя учёными и практиками неоднократно указывалось на необходимость выделения для крупных транспортных узлов дополнительных категорий перевозок, таких как пригородно-городские и внутригородские.

С момента начала реформирования в 2003 году, пассажирский комплекс российских железных дорог прошёл сложный путь изменений. Были созданы компании-перевозчики в дальнем следовании, а также пригородные пассажирские компании (ППК). В процессе изменения структуры организации перевозок произошло закрытие большого числа маршрутов пригородных перевозок из-за их убыточности и недостатка субсидирования.

Статистические данные фиксируют тренд снижения средней дальности поездки пассажиров как в пригородном, так и в дальнем сообщении, более чем на 26% и на 18% соответственно. Это свидетельствует о глубинных изменениях пассажирского комплекса железнодорожного транспорта, в котором снижается роль классических внутрирегиональных поездок пригородными поездами и увеличивается роль коротких поездок в пределах крупных агломераций (до 25 км). В условиях развития пригородно-городских перевозок в крупных транспортных узлах агломераций возникает необходимость кратного увеличения пропускной и перерабатывающей способности их инфраструктуры.

Наибольшие объёмы перевозок в пригородном сообщении имеет крупнейшая агломерация России – Московская. Сложившаяся структура пассажирских перевозок в Московском транспортном узле (МТУ) включает в себя пригородные железнодорожные перевозки как неотъемлемую часть транспортной системы агломерации. Объем перевезенных пассажиров железнодорожным транспортом в пригородном сообщении в МТУ за 2019 год составил 633 млн. пасс. В процессе эволюционного развития МТУ был осуществлён переход от компромиссного способа пропуска поездов к

приоритизации коммерческих видов пригородных электропоездов-экспрессов – «Аэроэкспресс», «Спутник», «РЭКС» и др., что увеличило «съём» пассажирских поездов, обычных пригородных электропоездов и грузовых поездов.

Анализ зарубежного опыта организации пригородно-городских пассажирских перевозок железнодорожным транспортом показал, что в успешных транспортных системах осуществляется комплексная интеграция железнодорожного транспорта с единой городской транспортной системой путём финансово-организационной, тарифной и инфраструктурной интеграции, а также унификации интервалов и маршрутных скоростей с наземным городским пассажирским транспортом (НГПТ) и метрополитеном.

Анализ трудов учёных в области железнодорожных пригородных перевозок показал, что в их работах были исследованы различные аспекты пригородных перевозок начиная от нормирования и планирования эксплуатационной работы и заканчивая принципами формирования пассажиропотоков. Однако в вопросах организации движения пригородно-городских электропоездов (ПГЭП) существует ряд нерешённых задач, например принципы пропуска ПГЭП по участкам, работа специализированных зонных пассажирских станций или организация работы диаметральных пассажирских маршрутов.

Во второй главе выполнена разработка основных принципов и методологии организации интенсивного движения пригородных и пригородно-городских электропоездов.

Основные принципы и целевые параметры и организации движения ПГЭП включают: минимизацию вариативности маршрутов, синхронизацию работы с городским транспортом (в т.ч. пиковые периоды, режим остановок, тактовые графики движения, технологические перерывы) и использование принципов диаметрального движения по внутригородским маршрутам.

Разработана методология формирования тактовых расписаний для различных видов железнодорожных участков. Такт – это повторяющийся в течение суток фрагмент графика движения поездов (ГДП). Для каждого направления узла должен разрабатываться такт пикового периода (как правило продолжительностью 60 минут) и такт непикового периода (120 минут). На направлениях, где используются тактовые расписания пригородных электропоездов, такт для других категорий поездов должен выстраиваться в общий сводный такт.

Принципы расположения электропоездов различных маршрутов внутри такта были рассмотрены на примере вечернего пикового периода для железнодорожного участка Москва – Дмитров. Исходя из характера распределения пассажиропотока были выделены три группы пассажиров: a , b и c и был спрогнозирован ход изменения общей относительной доли пассажиропотока в момент отправления n_i , определяемый для действующих размеров движения в 12 пар поездов в час, по формуле:

$$\gamma_p^{n_i} = \varphi * aI + \varphi * bI + \varphi * cI \quad (1)$$

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.; aI, bI, cI – соответственно относительная доля пассажиропотока в единичный интервал отправления в пределах такта графика движения.

В работе в качестве примера построен график накопления пассажиров на головной станции с учётом действующего расписания отправления поездов (рисунок 1). Для качественной оценки предлагаемых изменений в расписание отправлений поездов введён термин «локальной временной эффективности провозной способности» $\mu^{j,k}(n_i)$, рассчитываемой как частное от потребной и наличной ёмкости подвижного состава для j -ой категории пассажиров различных корреспонденций или их совокупности; k -ого раздельного пункта и n_i -го порядкового номера нитки поезда в графике движения за рассматриваемый период. Идеальное состояние системы будет достигаться в случае, если $\mu^{j,k}(n_i) = 1$. В реальных условиях эксплуатации данное состояние является практически недостижимым.

Для сглаживания спроса на ёмкость подвижного состава различных маршрутов при сохранении текущих размеров движения предложен соответствующий алгоритм корректировки графика движения поездов. При корректировке ГДП достигается эффект, выраженный в сглаживании спроса на проезд в электропоездах, отправляющихся в рассматриваемый период времени. Для целочисленной оценки полученных эффектов определяется доля часового пассажиропотока, приходящегося на каждое отправление. Приведенную долю пассажиропотока в момент отправления n_i определим по формуле:

$$\beta_p^{n_i} = \frac{\gamma_p^{n_i}}{\sum_{n_i}^m \gamma_p^{n_i}}; \quad (2)$$

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.

Результаты прогнозирования работы участка при существующем и скорректированном графике движения поездов представлены в таблице 1. При существующем ГДП предельная загрузка подвижного состава в вечерний час пик составляет 22% от часового пассажиропотока, и приходится на поезда $n2$ и $n8$, а в разработанном варианте она составляет 17%. Загрузка состава при этом стала более равномерной.

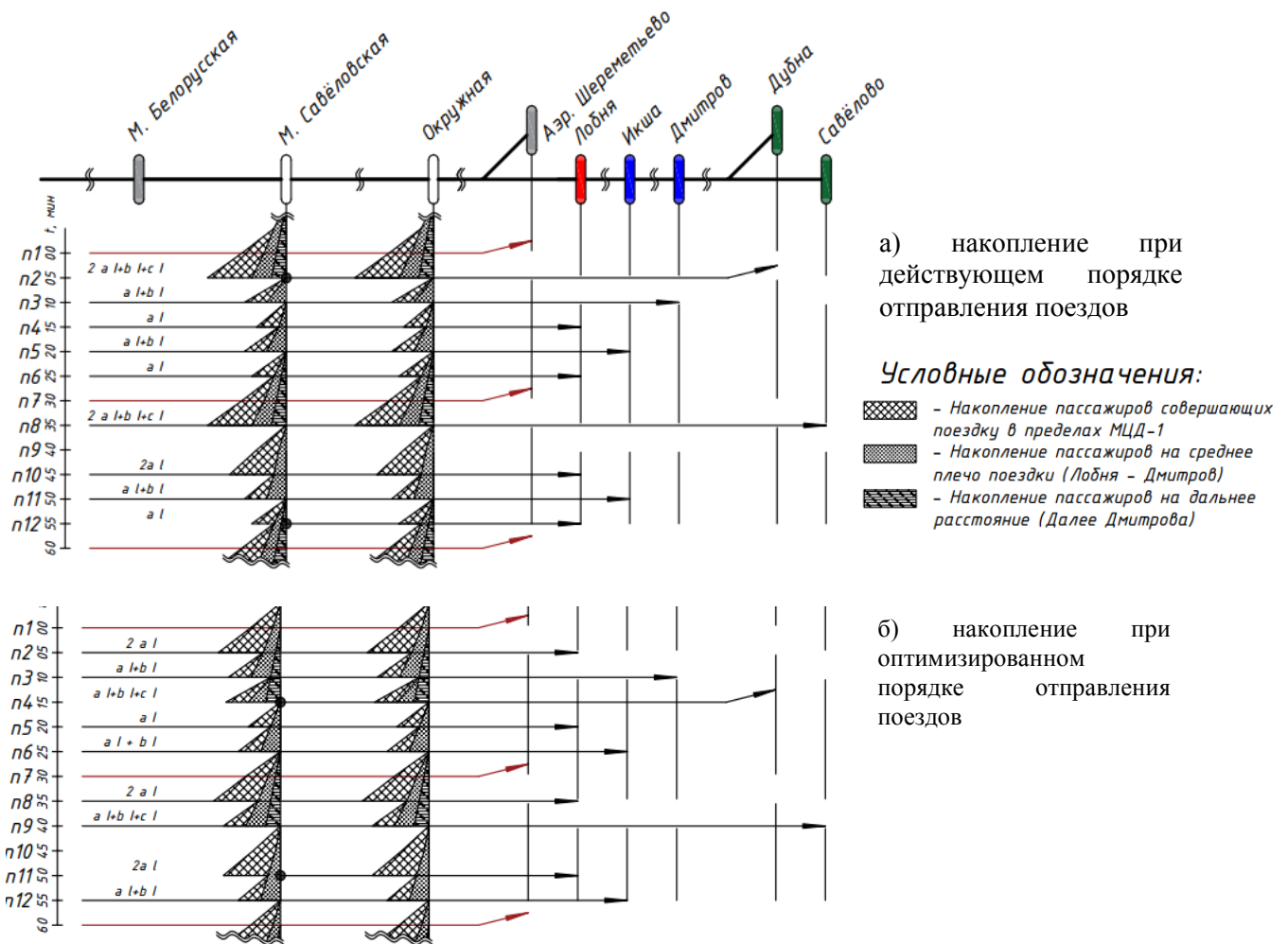


Рисунок 1 – График накопления пассажиропотока на головных станциях участка Москва – Дмитров

При организации движения поездов на участках с интенсивным движением, в зависимости от размеров движения поездов каждой категории, разницы времён их хода и расположения зонных станций, целесообразно применять предложенные в диссертационной работе виды ГДП: плотный параллельный, неплотный параллельный, зонный и зонный неплотный. Для многопутных участков наиболее целесообразной является строгая специализация главных путей по видам движения.

Соединение двух ранее независимых радиальных железнодорожных участков узла в единый диаметральный маршрут требует «увязки» пригородных участков со своими технологическими параметрами: межпоездной интервал, размеры движения поездов, режим их движения в течение суток. Для определения технологических особенностей продвижения подвижного состава по диаметральному участку и определения наиболее эффективного режима движения электропоездов введена классификация участков: $(A - a_{\text{п}})$ и $(B - b_{\text{п}})$, где A, B – условные внешние границы формируемого диаметрального сообщения, а $a_{\text{п}}$ и $b_{\text{п}}$ – внутренние границы радиального сообщения. В классификации выделены следующие участки: участок перехода $(a_{\text{п}} - b_{\text{п}})$,

центральный участок $(a_{\text{ц}} - b_{\text{ц}})$, радиальный участок $(A - a_{\text{п}}) \cup (B - b_{\text{п}})$, внешнее технологическое плечо $(A - a_{\text{нт}}) \cup (B - b_{\text{нт}})$, диаметральный участок $(A - B)$. Графическое изображение классификации участков приведено на рисунке 2.

Соединение «ниток» пригородно-городских поездов в ГДП диаметрального 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.

Задача соединения двух радиальных маршрутов в диаметр должна решаться путём увязки электропоездов из множества $A_{\text{пп}}\{6001, 6003, \dots, n\}$, следующих с радиального участка $(A - a_{\text{п}})$ с электропоездами из множества $B_{\text{пп}}\{6101, 6103, \dots, k\}$, следующих на участок $(B - b_{\text{п}})$.

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

- 1) $|A_{\text{пп}}| \equiv |B_{\text{пп}}|$ – количество электропоездов одинаково;
- 2) $|A_{\text{пп}}| > |B_{\text{пп}}|$; $|A_{\text{пп}}| \nmid |B_{\text{пп}}|$ (или $|A_{\text{пп}}| < |B_{\text{пп}}|$; $|A_{\text{пп}}| \nmid |B_{\text{пп}}|$) – размеры движения электропоездов на одном участке больше, чем на другом, величины поездопотоков не обладают выраженной кратностью друг к другу;
- 3) $|A_{\text{пп}}| > |B_{\text{пп}}|$; $|A_{\text{пп}}| \mid |B_{\text{пп}}|$ (или $|A_{\text{пп}}| < |B_{\text{пп}}|$; $|A_{\text{пп}}| \mid |B_{\text{пп}}|$) – на одном участке размеры движения электропоездов больше, чем на другом, при этом значения величины поездопотоков обладают кратностью $k_{\text{пп}}$ по отношению друг к другу.

Часть электропоездов должна быть проложена с увеличением времени в пути на величину от 0 до $I_2 - I_1$, мин из-за неизменности межпоездных интервалов на каждом из участков. Общее необходимое время замедления для каждой нитки ГДП $\sum t_{\text{min}}$ можно определить путём перебора конечного количества вариантов.

$$\sum t_{\text{min}} = \sum (t_k^b - t_n^a), \quad (3)$$

где: t_k^a и t_n^b соответственно времена проследования станций $a_{\text{п}}$ и $b_{\text{п}}$ поездами n и k .

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 $(a_{\text{ц}} - b_{\text{ц}})$ определяется наилучший вариант. Затем определяется способ добавления времени хода электропоездам на центральном участке $(a_{\text{ц}} - b_{\text{ц}})$. Диаметральные электропоезда получают прибавку времени хода в диапазоне от 0 до i_1 в зависимости от общих затрат пассажирочасов в движении $\sum A_{\text{пасс}} t$, расходов на проследование электропоездами участка $\sum \Delta$ или количества поезdochасов на участках $\sum Nt$. Предлагаемая методика применима также для случаев, когда более чем два радиальных направления соединяются в диаметральный маршрут, то есть для случаев вилочного движения.

Таблица 1 – Комфортный интервал поездки по временным поясам.

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 б	-	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 б	-	0	1	1	0	1	-	0	1	-	0	1	5
Назначения с	-	0	0	1	0	0	-	0	1	-	0	0	2

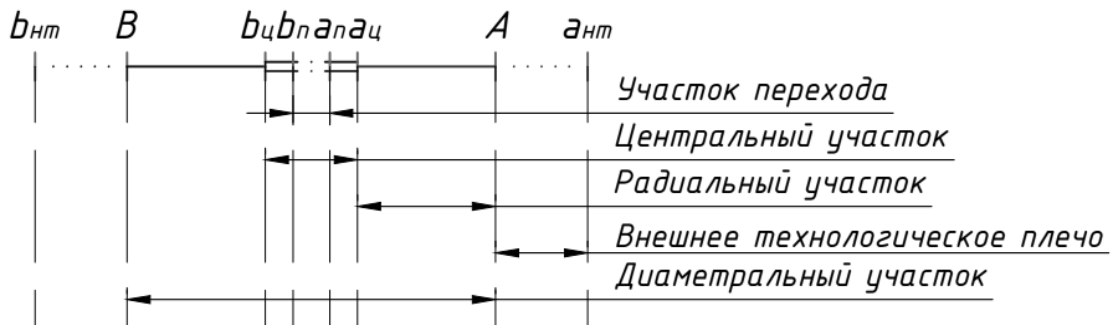


Рисунок 2 – Классификация участков на диаметральном направлении.

В третьей главе разработана технология работы зонных пассажирских станций для железнодорожных участков с интенсивным пригородно-городским движением электропоездов. Учитывая недостатки существующих зонных станций и невозможность применения типовых схем зонных пассажирских станций, были разработаны новые схемные решения путевого развития зонных станций и соответствующие подходы к повышению их производительности, включающие новую технологию оборота электропоездов, и технологию смены локомотивных бригад в пути следования.

Схемы зонных пассажирских станций, разработанные для условий оборота пригородно-городских электропоездов (ПГЭП), учитывающие новые условия оборота и минимальные интервалы между поездами, приведены на рисунке 3.

Одна из трёх разработанных новых схем реализации ускоренного оборота электропоездов и смены кабины управления (при использовании дополнительной маневровой локомотивной бригады) в условиях пригородно-городских перевозок для зонной станции представлена на рисунке 4. Выбор варианта технологии смены локомотивных бригад происходит по результатам их технико-экономического сравнения. Оценивается целесообразность внедрения новой технологии ускоренного оборота электропоездов на зонной станции m путем сравнения изменения величины эксплуатационных расходов от ускорения оборота электропоездов $\Delta K_{\text{общ}}$ (экономия на потребности в подвижном составе и увеличение затрат на труд локомотивных бригад) и величины потребных капитальных затрат на развитие инфраструктуры $\Delta K_{\text{общ}}$. При $\Delta K_{\text{общ}} \geq \sum \Delta K_{\text{общ}}$ проведение мероприятий по ускорению оборота подвижного состава нецелесообразно, а при $\Delta K_{\text{общ}} < \sum \Delta K_{\text{общ}}$ – мероприятия по ускорению оборота целесообразны.

Для ликвидации технологических ограничений межпоездного интервала в пунктах оборота электропоездов предлагаются новые схемы зонных станций с новой технологией работы приведены на рисунке 5.

Пропускная способность по обороту электропоездов предлагаемых пунктов оборота составляет для станции с одним оборотным путём и одним тупиковым - **6 поездов** в час, а для станции с одним оборотным путём и тремя тупиковыми - **4 поезда** в час. Сравнение технологических параметров рассмотренных компоновочных схем зонных станций представлено в таблице 2. В результате предлагаемых мероприятий время приема конечного (оборачиваемого) пригородного поезда на зонную станцию сокращается на 33% и составляет 2 минуты. .

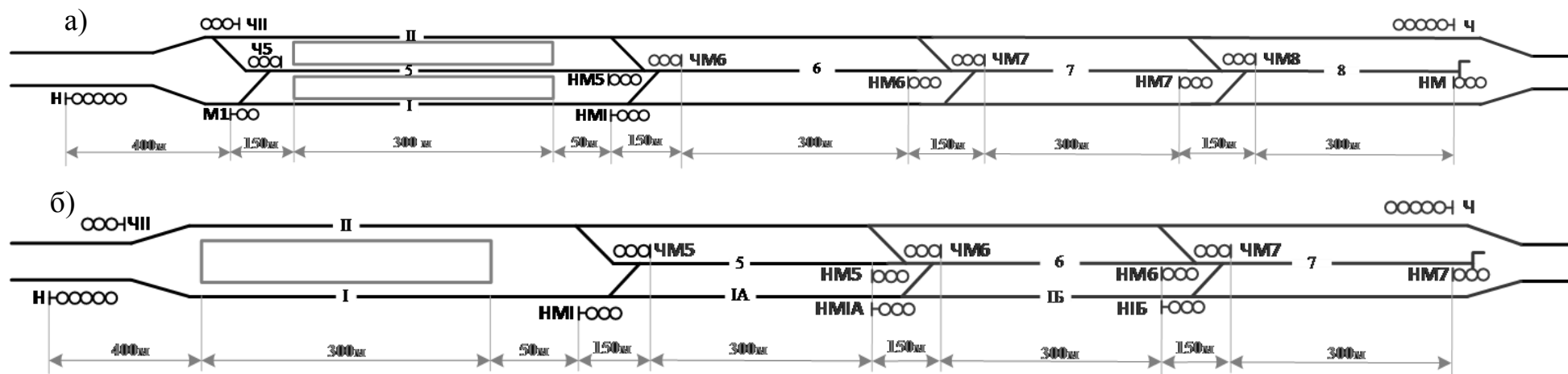


Рисунок 3 – Типовые схемы пунктов оборота электропоездов с одним зонным (а) и без зонного приёмоотправочного пути (б) и удлинёнными оборотными тупиками на три состава

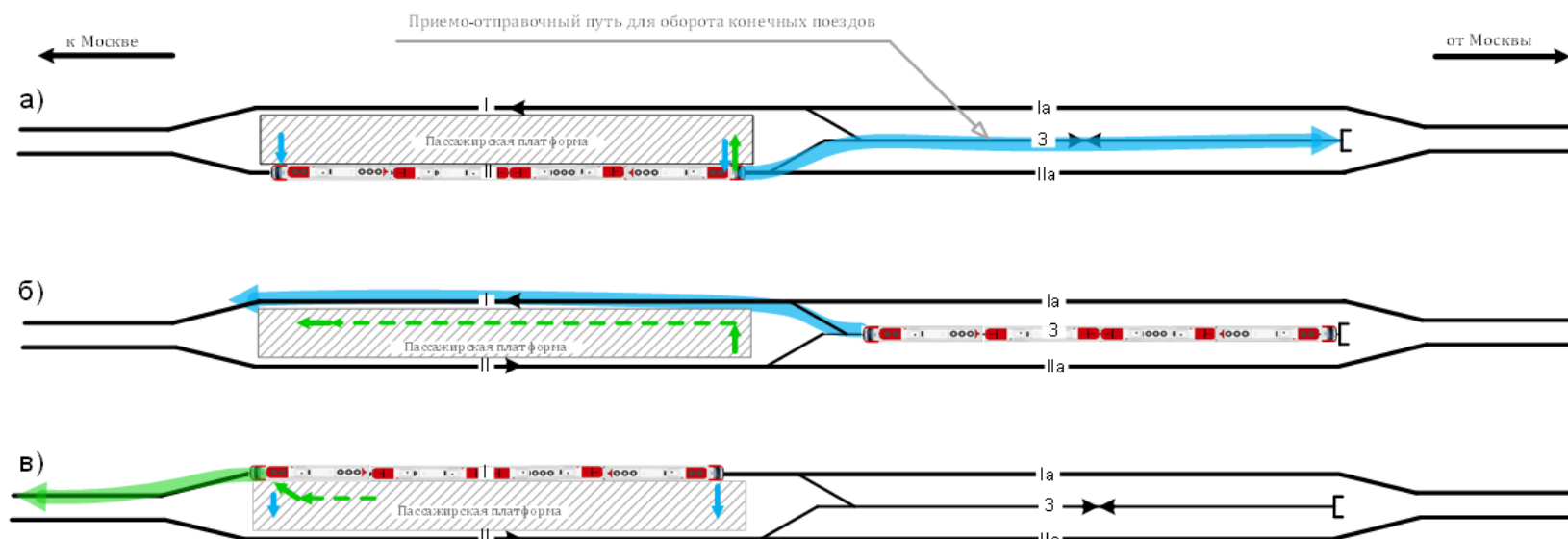


Рисунок 4 – Последовательность реализации ускоренного оборота электропоездов и смены кабины управления путём применения дополнительной маневровой локомотивной бригады на зонной станции

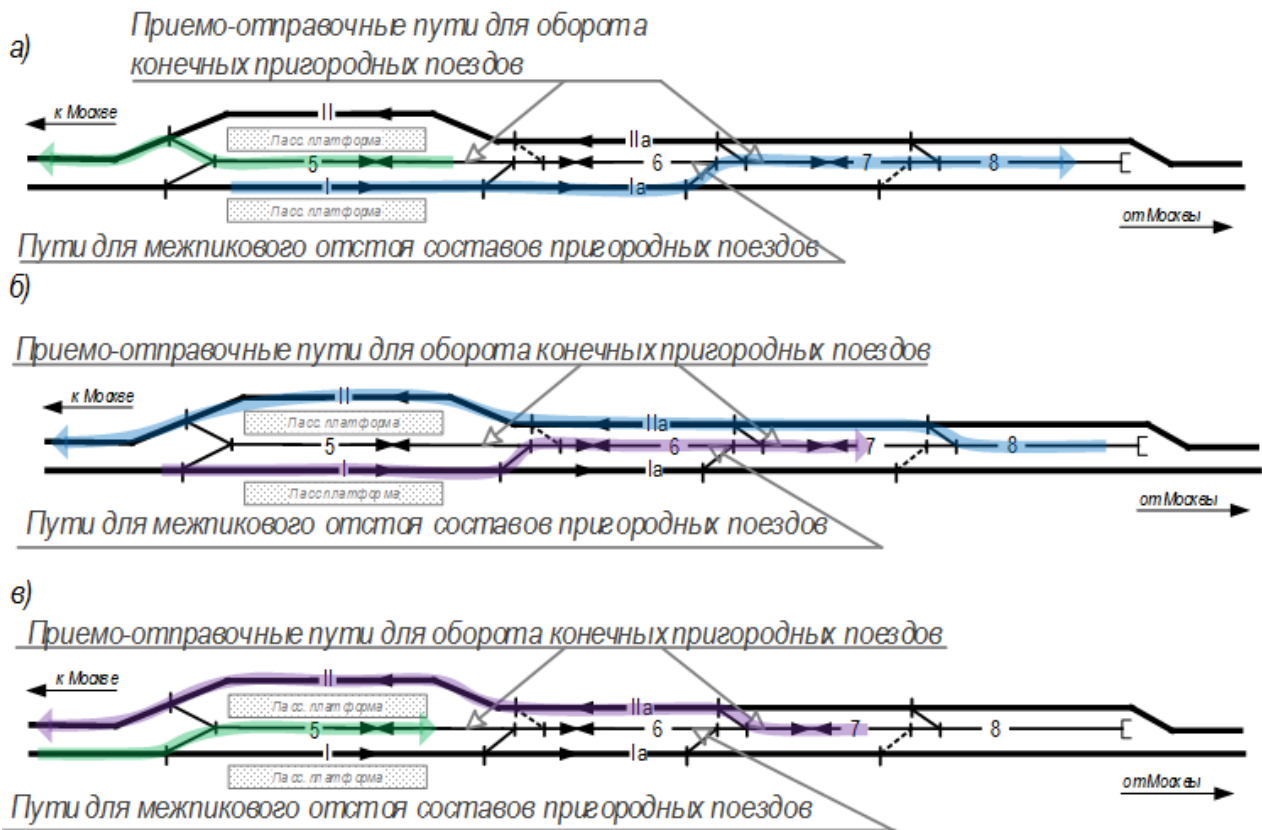


Рисунок 5 – Последовательность ускоренного оборота составов электропоездов на линиях с высокой частотой их движения

Таблица 2 – Сравнение различных типовых компоновочных схем зонных станций

Выполняемые операции	1 тип Послед. расп-е уст-в	2 тип Параллельное расп-е уст-в	3 тип Посл.-параллельное расположение уст-в	Секционирован ный зонный тупик
Пропуск с остановкой, мин	5	5	5	5
Приём конечного и перестановка с гл. пути, мин	7	3	3-7	3 (занятие)+6 маневровые передвижения
Подача под посадку, мин	5	3	3-6	4
Мощность станции с 1 путём (поездов/час)	3	3	6	6
Мощность станции с 2 путями (поездов/час)	6	6	9	6
Интервал между транзитными поездами, мин	5	5	5	5
Интервал между конечным (приб) и транзитным поездами, мин	6	5	5-6	5
Интервал между транзитным и конечным (отпр) поездами, мин	6	5	5	5

В четвертой главе разработаны подходы к обоснованию необходимости обустройства пунктов отстоя составов электропоездов. Из-за суточной неравномерности перевозок в пригородном сообщении возникает необходимость в снятии с линии части электропоездов и их размещения в межпиковый и ночной период на отстой на зонных станциях и в депо. На рисунке 6 приведен существующий и предлагаемый алгоритмы разработки ГДП и другой технологической документации при организации пригородных перевозок. Предлагаемый алгоритм расчёта содержит дополнительную итерацию по расчёту наиболее эффективного прикрепления путей отстоя к маршрутам

графика оборота (ГО) подвижного состава. В процессе расчёта наиболее эффективного прикрепления определяется оптимальный с экономической точки зрения сценарий обеспечения электропоездов путями для отстоя и составляется *план расстановки составов на отстой*, с учётом всех возможных вариантов задействования инфраструктуры. Каждый из вариантов оценивается по сумме приведенных финансовых затрат.

При построении ГДП и ГО подвижного состава на диаметральных маршрутах предлагается формировать типовые технологические рейсы: технологический рейс ночного отстоя; классический радиальный рейс; классический диаметральный рейс; технологический рейс дневного отстоя; комбинированный радиальный рейс; комбинированный диаметральный рейс; брошенный рейс. Схема типовых технологических рейсов подвижного состава при диаметральной сообщении приведена на рисунке 7.

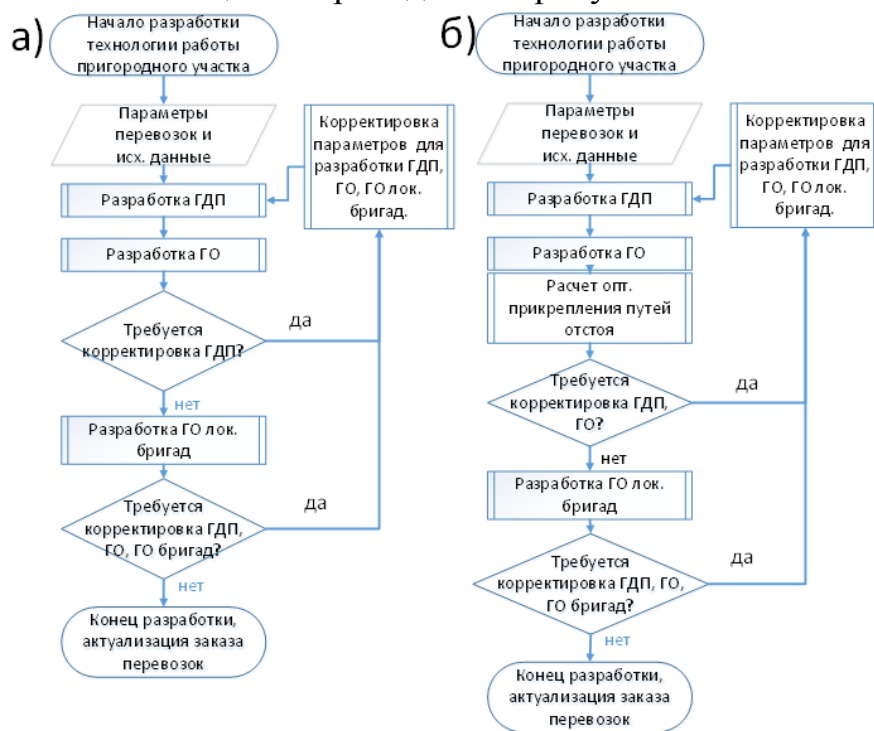


Рисунок 6 – Существующий и предлагаемый алгоритм разработки технологической документации в пригородных пассажирских перевозках

Цели и ограничения в задаче расчёта мест расположения и ёмкости пунктов отстоя электропоездов позволяют сформировать алгоритм действий, включающий: анализ густоты пассажиропотоков на стыкуемых радиальных участках; определение границ участков диаметрального направления; расчёт потребных размеров движения для различных временных промежутков и расчёт потребного количества составов, эксплуатируемых на диаметральном участке $N_{\text{пик}}^{\text{утр. (веч.)}}$ для пиковых периодов (утреннего и вечернего), а также для непиковых периодов.

$$N_{\text{пик}}^{\text{утр. (веч.)}} = \frac{\sum_{j=0}^p T_{\text{об пик } j}^{\text{утр. (веч.)}} * N_{\text{пик } j}^k}{\sum_{j=0}^p \sum_{t=0}^k I_{\text{пик } j}} + \sum_{j=0}^p N_{\text{рез пик } j} \quad (4)$$

$$N_{\text{непик}} = \frac{\sum_{j=0}^p T_{\text{непик } j} * N_{\text{непик } j}^k}{\sum_{j=0}^p \sum_{t=0}^k I_{\text{пик } j}} + \sum_{j=0}^p N_{\text{рез непик } j} \quad (5)$$

где: $\sum_{j=1}^p (T_{\text{рейс}} + t_{\text{об}}^{\text{min}})$ – суммарная продолжительность диаметральных рейсов составов электропоездов в утренний или в вечерний час «пик», обращающихся на рассматриваемом диаметральной участке с учётом минимального времени оборота на зонных пассажирских станциях $t_{\text{об}}^{\text{min}}$, мин; j – категория пригородного поезда; p – количество рассматриваемых категорий пригородных электропоездов; $\sum_{j=1}^p q$ – суммарное количество межпоездных интервалов по всем p категориям пригородных электропоездов; $\sum_{j=1}^p \sum_{t=1}^k I_{\text{пик(непик)}}$ – сумма межпоездных интервалов всех p категорий пригородных электропоездов за рассматриваемый период времени k (пиковый период), обращающихся на рассматриваемом диаметральной участке, мин; $\sum_{j=1}^p N_{\text{рез пик(непик)}}$ – количество резервных электропоездов, предусмотренных для часа пик; $\sum_{j=1}^p N_{\text{депо пик(непик)}}^{\text{рем}}$ – количество электропоездов всех p категорий, находящихся в депо час «пик» в «холодном» резерве или под средними и тяжёлыми видами ремонта.

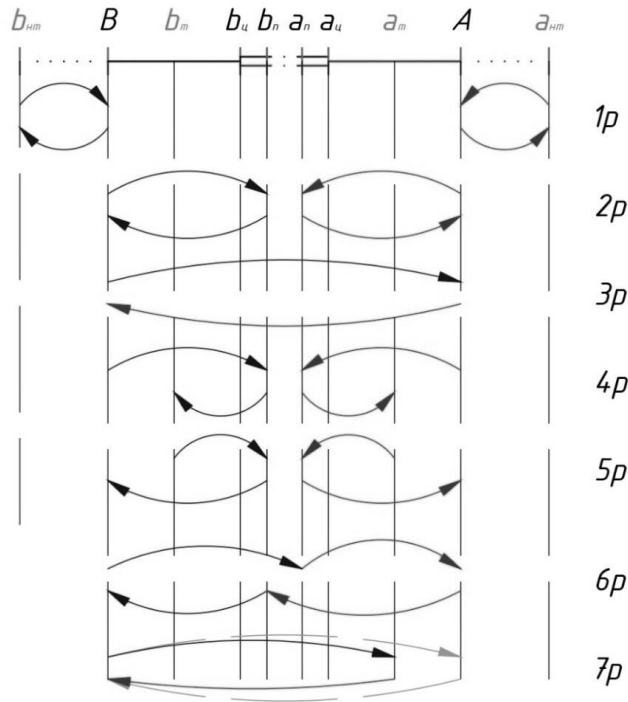


Рисунок 7 – Схема типовых технологических рейсов подвижного состава при диаметральной сообщении.

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

$$N_{\text{пик}} = \max \{ N_{\text{пик}}^{\text{утр.}} ; N_{\text{пик}}^{\text{веч.}} \}. \quad (6)$$

Число составов, отставляемых от работы и направляемых на пути отстоя в «непиковый» период, определяется как разность числа составов «пикового» и «непикового» периодов:

$$N_{\text{непик}}^{\text{отст}} = (N_{\text{пик}} + N_{\text{депо}}^{\text{пик}}) - (N_{\text{непик}} + N_{\text{депо}}^{\text{непик}}). \quad (7)$$

Расчёт потребного количества ремонтных депокских путей $m_{\text{рем}}$, а также путей экипировки $m_{\text{ЭК}}$ производится по формулам:

$$m_{\text{рем}} = \frac{\sum_{L_i}^{NL}}{365 \cdot 24} * t_{\text{оби}}, \quad (8)$$

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).

$$m_{\text{ЭК}} = \frac{N_{\text{пик}} * t_{\text{ЭК}} * n_{\text{ЭК}}}{(24 - T_{\text{пик}})} * k_{\text{н}}, \quad (9)$$

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

Для составления схемы расстановки составов пригородных электропоездов, определения ёмкости и размещения пунктов их отстоя в работе предложена экономико-математическая модель, установлен критерий для выбора наиболее эффективного варианта решения. В данной модели к переменным факторам можно отнести параметры работы пригородного участка и его целевое состояние, а к постоянным факторам – экономические и технологические параметры перевозок, инфраструктурные параметры рассматриваемого полигона, в том числе стоимостные параметры строительства дополнительных объектов инфраструктуры.

В диссертации сформулирована и решена задача прикрепления 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 принятия решения в данном случае будет сумма приведенных затрат на использование выбранных путей для отстоя подвижного состава при заданном ГДП и числе отстаиваемых электропоездов.

В диссертации также разработаны принципы стоимостной оценки прикрепления составов к путям отстоя, представленные в виде матрицы, макет которо представлен на рисунке 8. Матрица оценок прикрепления составлена исходя из: ограничений по количеству путей отстоя на станциях; парности размеров движения электропоездов.

Станция k	Номер пути отстоя j	Номер состава I_l									
		Четное направление ($l = 1$)					Нечетное направление ($l = 2$)				
		1	2	3	...	I_1	1	2	3	...	I_2
1	1										
	...										
	G_1										
2	1										
	...										
	G_2										
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
K	1										
	...										
	G_K										

Рисунок 8 – Макет матрицы оценок прикрепления состава к путям отстоя $\{P_{ij}^{kl}\}$

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

$$P_{ij}^{kl} = P_{i \text{ экпл}}^{b-j} + P_{k \text{ кап}}^j, \text{ руб} \quad (10)$$

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

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, при которой учитываются технологические параметры работы пунктов отстоя. 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 формуле:

$$P_{i \text{ экпл}}^{b-j} = P_{i \text{ пробег}}^{b-j} + P_{i \text{ пробег}}^{j-b} + P_{\text{доп}}^k + P_{\text{доп}}^b, \quad (11)$$

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;

$$P_{\text{доп}}^k = P_{\text{поездо-час}}^k + P_{\text{бригадо-час уборки}}^k + P_{\text{бригадо-час доп}}^k, \quad (12)$$

где: $P_{\text{поездо-час}}^k$ – затраты поездо-часов на маневровую работу с составом электропоезда по перестановке состава 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 на пути отстоя, руб.; $P_{\text{бригадо-час доп}}^k$ – затраты бригадо-часов на дополнительные операции с момента оставления состава на пути отстоя до начала длительного отдыха, руб.

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

$$x_{ij}^{kl} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ый состав } l\text{-ого направления прикрепляется к } j\text{-ому} \\ & \text{пути на } k\text{-ой станции;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (13)$$

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

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

$$\begin{cases} \sum_{l=1}^2 \sum_{i=1}^{I_l} x_{ij}^{kl} = 1, \forall k, j \\ \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{G_k} x_{ij}^{kl} = 1, \forall i, l \end{cases} \quad (14)$$

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:

$$F = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^2 \sum_{j=1}^{G_k} \sum_{i=1}^{I_l} (P_{ij}^{kl} * x_{ij}^{kl}) \rightarrow \min \quad (15)$$

Задача, сформулированная в выражениях (11)-(16) является задачей линейного программирования об оптимальных назначениях, и решается стандартными методами.

Разработанная модель может быть использована с различной степенью детализации для расчёта расстановки подвижного состава на пригородных железнодорожных участках крупных транспортных узлов, при проектировании линий метрополитенов, а также для линий НГПТ, где также есть острая проблема отстоя подвижного состава.

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

Произведён расчёт наиболее эффективных с экономической точки зрения мест размещения и ёмкости путей отстоя электропоездов на примере Рижского направления МТУ. В результате эскизного проектирования путевого развития определено, что в дополнение к 32 существующим могут быть обустроены 18 путей отстоя на 6 станциях участка для размещения 31 электропоезда. Были использованы базовые расходные ставки для электропоездов Ласточка, оценены укрупнённые стоимости сооружения приёмootправочных путей и рассчитаны стоимости прикрепления составов к существующим и проектируемым путям отстоя. Стоимость разового прикрепления составов к действующим путям отстоя составила более 2 миллионов рублей, а при использовании проектируемых путей эта стоимость снизилась на 23%, что эквивалентно годовой экономии в 177,3 млн. рублей только лишь на одном пригородном участке.

В качестве апробации разработанной технологии работы железнодорожных участков с интенсивным пригородно-городским диаметральной движением и технологических основ формирования диаметральных маршрутов электропоездов были построены проекты графиков движения поездов железнодорожного участка Москва – Шаховская (Рижский

радиус) МТУ. При сохранении тех же размеров движения в пиковые и непиковые периоды (152 пары электропоездов на головном участке) был внедрён тактовый принцип прокладки электропоездов, интенсифицировано движение на диаметральном Курско-Рижском диаметре, сохранена грузовая работа на станциях участка, и сохранены времена проследования пассажирских поездов дальнего следования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 подвидов 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

а) в рецензируемых научных изданиях:

1. 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.

2. 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.

3. Роменский, Д. Ю. Совершенствование системы пропуска электропоездов на участках с интенсивным движением / Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин, Н. Ю. Евреенова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. — 2021. — № 1 (81). — С. 88-96.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

б) в материалах конференций, сборниках трудов и прочих изданиях

7. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

в) монографии

13. 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.

14. 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.

Роменский Дмитрий Юрьевич

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ
ПРИГОРОДНО-ГОРОДСКИХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ
ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК НА ДИАМЕТРАЛЬНЫХ МАРШРУТАХ
КРУПНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ
(НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОГО ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА)
2.9.4. Управление процессами перевозок**

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Подписано в печать _____ 2021 г. Заказ №2632 Формат 60x84 ¹/₁₆

Объём 1,5 усл. п.л. Тираж 80 экз.

127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, дом 9, стр. 9,
ЦСО Отдел дизайна, верстки и печати РУТ (МИИТ)