На правах рукописи

КАЛИНИН КИРИЛЛ АНТОНОВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРСКИМИ ПЕРЕВОЗКАМИ НА ПОЛИГОНАХ СО СКОРОСТНЫМ И ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

2.9.4. Управление процессами перевозок

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Москва — 2022

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;
	Калидова Александра Дмитриевна, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения», кафедра «Железнодорожные станции и узлы», доцент.
Ведущая организация:	Акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта», г. Москва

Защита состоится «14» сентября 2022 года в 14:00 на заседании диссертационного совета 40.2.002.02 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» по адресу: 127055, 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 «___» мая 2022 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета Сидоренко Валентина Геннадьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Снижение величины пассажиропотока в классическом, не скоростном сообщении - проблема пассажирских перевозок железнодорожным транспортом. Пассажирские перевозки железнодорожным транспортом в дальнем сообщении становятся все менее конкурентоспособны по сравнению с авиационным и автомобильным транспортом. Строительство новых автомагистралей, развитие среднемагистральных и ближнемагистральных авиасообщений приводит к тому, что часть пассажиров, которые при прочих обстоятельствах предпочли бы железнодорожный транспорт используют альтернативные виды сообщения. Совершить технологический прорыв в организации пассажирских перевозок железнодорожным транспортом можно только при создании выделенных и специализированных высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСЖМ), скорость движения подвижного состава по которым на определенных участках будет превышать 250 км/ч, а общая маршрутная скорость сообщения будет более 140 км/ч. Линии ВСЖМ являются наиболее эффективными для классических железнодорожных перевозок с системой колесо-рельс.

Востребованность сооружения специализированных ВСЖМ подтверждается мировым опытом сооружения и эксплуатации таких линий. С момента запуска в коммерческую эксплуатацию первой линии высокоскоростного сообщения в Японии, связавшую города Токио-Осака в 1964 году был накоплен огромный опыт эксплуатации высокоскоростных железнодорожных систем.

В России проекты ВСЖМ начали разрабатываться параллельно с мировым развитием высокоскоростного железнодорожного сообщения, однако экономическая обстановка в стране не позволяла их реализовать до настоящего времени. Перспективными для организации высокоскоростного сообщения были выбраны направления, связывающие столичный регион с крупнейшими агломерациями на севере, востоке и юге России. Проекты развития ВСЖМ «Москва-Казань» и «Москва-Адлер» сейчас признаны недостаточно привлекательными и не являются приоритетными. Это говорит о недостаточной проработке вопросов организации движения высокоскоростных поездов и определения эффектов от организации высокоскоростных перевозок на этих направлениях.

Сеть линий ВСЖМ в любой стране, имеющей такую сеть, имеет уникальные особенности эксплуатации, поэтому эксплуатация ВСЖМ в России тоже будет иметь уникальное технологическое решение, позволяющее достичь наибольшего эффекта. Повышение экономической привлекательности проектов высокоскоростного сообщения, вовлечение большего числа агломераций, предусматривает обеспечение новым видом сообщения большего числа потенциальных пассажиров.

Степень разработанности темы.

Общая теоретическая научная база знаний о функционировании систем дальних пассажирских перевозок заложена такими учёными как Ф.П. Кочнев, В.А. Персианов, Н.В. Правдин, В.Г. Шубко, Ю.О.Пазойский. Существенный

вклад в исследование истории, техники и технологии высокоскоростного сообщения внес И.П. Киселев. Среди отечественных учёных, внёсших свой вклад в такие вопросы как разработка схемных решений для высокоскоростных железнодорожных линий, определение конфигурации и параметров пассажирских технических станций, определение качества пассажирского сообщения, прогнозирование пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте, автоматизации построения технологических графиков работы пассажирских линий, разработки энергоэффективных режимов движения, определение конфигураций вокзальных комплексов, экономической эффективности эксплуатации линий ВСЖМ необходимо отметить Б.М. Лапидуса, Д.А. Мачерета, А.С. Мишарина, Л.А. Баранова, В.Г. Сидоренко, С.П. Вакуленко, Е.В. Копылову, Е.Б. Куликову, А.А. Сидракова, М.Ю. Савельева, О.Н. Мадяр, Н.Ю. Евреенову, А.Д. Калидову. Среди зарубежных авторов, рассматривающих вопросы эксплуатации разветвленной сети ВСЖМ со своими уникальными технологическими задачами стоит отметить труды Y. Wang, L. Liu, K. Wang, Z. Yang, J. Cheng, H. Li, J. Chen, S. He, X. Song.

Объект исследования – организация пассажирских перевозок в транспортных коридорах при реализации высокоскоростного железнодорожного сообщения

Предмет исследования – технико-экономическая эффективность организации высокоскоростного движения пассажирских поездов в транспортном коридоре «Центр-Юг» и обоснование потребного развития новой, специализированной пассажирской инфраструктуры.

Цель работы – повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта в межрегиональном сообщении с помощью разработки новых научно обоснованных технологических решений по организации и развитию высокоскоростных железнодорожных пассажирских перевозок.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- обобщить научный опыт, накопленный отечественными и зарубежными учёными, исследовавшими вопросы высокоскоростных пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте;
- разработать требования к эксплуатационным показателям линий ВСЖМ различной протяженности;
- разработать метод прогнозирования пассажиропотоков, при выбранных критериях качества формируемого транспортного сообщения;
- разработать способы планирования маршрутной сети ВСЖМ в зависимости от условий местности и особенностей расположения населенных пунктов в пределах транспортного коридора;
- разработать технологические мероприятия для повышения экономической эффективности использования линий ВСЖМ в России;
- разработать методику планирования маршрутной сети ВСЖМ и определения экономических эффектов от организации высокоскоростного сообщения;
- разработать методику назначения промежуточных остановок на поездах дальних сообщений, разработать алгоритм корректировки последовательности

ниток в графике движения поездов, для решения технологической задачи пропуска высокоскоростных поездов на сверхдальних корреспонденциях.

Научная новизна исследования:

- разработана система требований к эксплуатационным параметрам транспортных коммуникаций, отличающаяся от существующих обеспечением необходимого уровня качества перевозок на всех корреспонденциях в скоростном и высокоскоростном сообщении;
- разработан новый метод прогнозирования пассажиропотоков на ВСЖМ, отличающийся от существующих учетом уровня обеспечиваемого качества сообщения на вновь создаваемой инфраструктуре, позволяющий определять густоты пассажиропотоков для новых видов сервиса, обладающего заданными эксплуатационными характеристиками, не имеющего аналогов в створе рассматриваемого транспортного коридора;
- сформулированы принципы построения маршрутной сети скоростного и высокоскоростного сообщения, отличающиеся от существующих переходом к концепции разветвленной сети ВСЖМ с примыканием фидерных участков, позволяющие увеличить число городов и населения, вовлекаемого в сферу скоростных и высокоскоростных перевозок без потери качества сообщения;
- впервые разработаны мероприятия по повышению эффективности эксплуатации специализированных пассажирских железнодорожных линий, позволяющие повысить качество сообщения на сверхдальних корреспонденциях, увеличивая зону эффективного применения высокоскоростных железнодорожных пассажирских перевозок;
- разработана новая экономико-математическая модель сооружения специализированной инфраструктуры, отличающая от существующих учетом финансовых потоков как для формируемого сообщения, так и для прочих видов железнодорожного сообщения в створе рассматриваемого коридора, позволяющая определять структуру сети скоростного и высокоскоростного сообщения и оценить перспективные финансовые потоки проектов организации высокоскоростных железнодорожных пассажирских перевозок;
- впервые предложена и обоснована технология назначения остановок высокоскоростных поездов, отличающая от существующих системным подходом при назначении остановок различным ниткам в графике движения поездов, позволяющее обеспечить беспересадочное сообщение всех промежуточных пунктов и повысить маршрутную скорость проследования поезда;
- предложен новый алгоритм корректировки положения ниток в графике движения поездов, позволяющий минимизировать негативный эффект от возникающего коэффициента съема одних высокоскоростных пассажирских поездов другими высокоскоростными пассажирскими поездами.

Практическая значимость работы

- разработанная система требований к качественным характеристикам формируемого сообщения позволит повысить конкурентоспособность линий ВСЖМ и привлечь на железнодорожный транспорт дополнительный пассажиропоток;

- разработанный метод прогнозирования пассажиропотоков, внедренный в производственную деятельность АО «Федеральная пассажирская компания», позволит проводить исследование транспортных коридоров на предмет востребованности внедряемого сервиса с заданными качественными характеристиками;

- сформированные принципы построения маршрутной сети разветвленной структуры ВСЖМ, использованные АО «Мосгипротранс», позволят пересмотреть существующие проекты организации высокоскоростного сообщения с целью повышения их коммерческой эффективности;

- разработанные технологические мероприятия, направленные на повышение эффективности эксплуатации линий ВСЖМ, принятые к внедрению в дирекции скоростного сообщения ОАО «РЖД», позволят создать маршрутную сеть, охватывающую большее число населенных пунктов, чем в существующих проектах, повысить маршрутную скорость следования пассажирских поездов, организовать проследование ночных поездов по высокоскоростной магистрали;

- разработанная экономико-математическая модель позволит определить структуру сети и финансовые потоки проектов организации высокоскоростного сообщения;

- разработанная технология назначения остановок высокоскоростных поездов позволит обеспечить необходимую маршрутную скорость проследования на корреспонденциях различной протяженности с соблюдением установленных требований к качеству сообщения;

- разработанный алгоритм корректировки положения ниток в графике движения поездов позволит минимизировать время простоя или замедления подвижного состава, возникающее из-за образования коэффициента съема высокоскоростных поездов на специализированной инфраструктуре.

Методология и методы исследования основаны на анализе зарубежной и отечественной теории и практики в области организации высокоскоростных железнодорожных перевозок. Для достижения целей и задач исследования применялись: системный анализ и синтез сложных транспортных систем, статистическое наблюдение, сводка и группировка материалов статистического наблюдения, выборка, корреляционный и регрессивный анализ, моделирование работы транспортных систем, экономико-математические расчёты, целочисленное линейное программирование, комбинаторный анализ.

Положения, выносимые на защиту

- требования к эксплуатационным параметрам при организации движения электропоездов высокоскоростного сообщения на корреспонденциях различной протяженности;

- методика определения потенциального спроса на пассажирские перевозки при организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения;

- принципы составления технологической трассировки линий ВСЖМ в рамках рассматриваемого транспортного коридора; метод гексагонального анализа пассажирских транспортных коммуникаций;

- технология движения электропоездов по фидерным участкам; Технология эксплуатации линии ВСЖМ в ночной период суток;
- методика составления технологической трассировки линии ВСЖМ;
- методика составления плана промежуточных остановок и взаимного расположения ниток в графике движения поездов.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты исследования использованы в научно исследовательской работе, выполненной для АО «Мосгипротранс» «Укрупненная оценка стоимости реализации новых мероприятий и актуализация стоимости реализации ранее утвержденных мероприятий по развитию железнодорожной инфраструктуры Московского железнодорожного узла», а также для ГАУ «Институт Генплана Москвы» «Определение показателей целевого состояния пригородно-городских и высокоскоростных перевозок пассажиров в Московском железнодорожном узле». Результаты, полученные в диссертационном исследовании использованы дирекцией организации скоростного сообщения ОАО «РЖД», АО «ФПК» и АО «Мосгипротранс» при разработке проектов высокоскоростного сообщения.

Основные положения работы были доложены на:

- II Международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие территорий» МГСУ, Москва 2019 г.;
- Международной научно-практической конференции «В.Н. Образцов – основоположник транспортной науки» РУТ (МИИТ), Москва 2021 г.;
- Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии на железнодорожном транспорте» РУТ (МИИТ), Москва 2021 г.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (264 библиографических наименований) и десяти приложений. Работа содержит 251 машинописную страницу основного текста, 79 рисунков, 73 таблицы. Объем приложений - 52 страницы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе проведен анализ отечественного опыта организации скоростного сообщения, показывающий, что при введении сервиса скоростного или высокоскоростного пассажирского сообщения формируется эффект значительного увеличения спроса на перевозки железнодорожным транспортом. Модернизация существующих линий с целью ускорения движения пассажирских поездов приводит к ряду проблем, таких как необходимость отклонения грузовых поездов на кружные хода, значительное уменьшение пропускной способности линии, наличие большого коэффициента съема для прочих категорий поездов. При этом на модернизированной линии сохраняются технические и технологические ограничения на пропуск скоростных и высокоскоростных пассажирских поездов, вследствие чего железнодорожный транспорт не в полной мере может реализовать свой потенциал. Выделены и

рассмотрены две группы качественных оценок пассажирских перевозок: технологическое и сервисное качество. В группу технологического качества вошли критерии, определяющие общую эффективность работы рассматриваемого сообщения, и не зависящие от общего пассажиропотока на направлении. В группу сервисного качества вошли критерии, определяющие фактическую эффективность предоставляемой услуги для пассажира.

Проведен анализ исследований, выполненных отечественными авторами, который показал, что в них рассмотрены и решены задачи по организации движения линии ВСЖМ при отсутствии интеграции с остальной сетью железных дорог. Анализ исследований, выполненных зарубежными авторами показал, что при развитии сети высокоскоростных перевозок перед владельцем инфраструктуры и перевозчиком возникают технологические задачи организации перевозок, не характерные для пригородного или дальнего сообщения.

Во второй главе проведен анализ действующих линий ВСЖМ в странах с развитой сетью высокоскоростных железнодорожных сообщений позволивший выявить основные их характеристики. Выявленные характеристики были установлены в качестве целевого показателя работы линий ВСЖМ в России. Выявлены особенности тарифообразования на ВСЖМ в разных странах. Анализ наиболее характерных действующих линий позволил сформировать общую характеристику линий высокоскоростного сообщения.

Разработан новый метод прогнозирования величины пассажиропотока – анализ проводимости транспортного сообщения, представляющий собой дополненный анализом качества транспортного сообщения гравитационный и энтропийный метод прогнозирования. Для определения влияния качества формируемого сообщения на общую величину пассажиропотока введено понятие проводимости транспортной коммуникации.

Проводимость транспортной коммуникации – мера транспортной связанности рассматриваемых агломераций, определяющая возникновение спроса на пассажирские перевозки. Проводимость транспортной коммуникации является величиной, зависящей от ***интегральной оценки качества*** рассматриваемого вида сообщения или совокупности различных видов сообщения $\varkappa^{ij}(Q_{\text{к}})$:

$$\varkappa^{ij} \in [\varkappa^{ij}_{min}; 100]\,. \qquad (1)$$

Определены подходы к построению технологической трассировки линий ВСЖМ в пределах транспортного коридора (рисунок 1). Введена классификация различных участков линий ВСЖМ:

- ***Магистральный участок ВСЖМ*** – участок высокоскоростной железнодорожной линии, специализированный на движении потока высокоскоростных поездов с минимальными инфраструктурными ограничениями (радиусы кривых, характеристики искусственных сооружений, мощность контактной сети, средства интервального регулирования) влияющими на скорость движения поездов. Предназначен для установления устойчивых транспортных связей по ключевым корреспонденциям в пределах

обслуживаемого транспортного коридора, генерирующего пассажиропоток, достаточный для сооружения выделенной высокоскоростной железнодорожной линии.

- ***Фидерный участок ВСЖМ*** – участок железнодорожной линии, примыкающий к магистральному участку ВСЖМ, обеспечивающий установление прямых беспересадочных транспортных и экономических связей с агломерациями, находящимися на удалении от магистрального участка ВСЖМ, который может иметь инфраструктурные ограничения на скорость проследования поездов и эксплуатироваться в высокоскоростном, скоростном или обычном режиме.

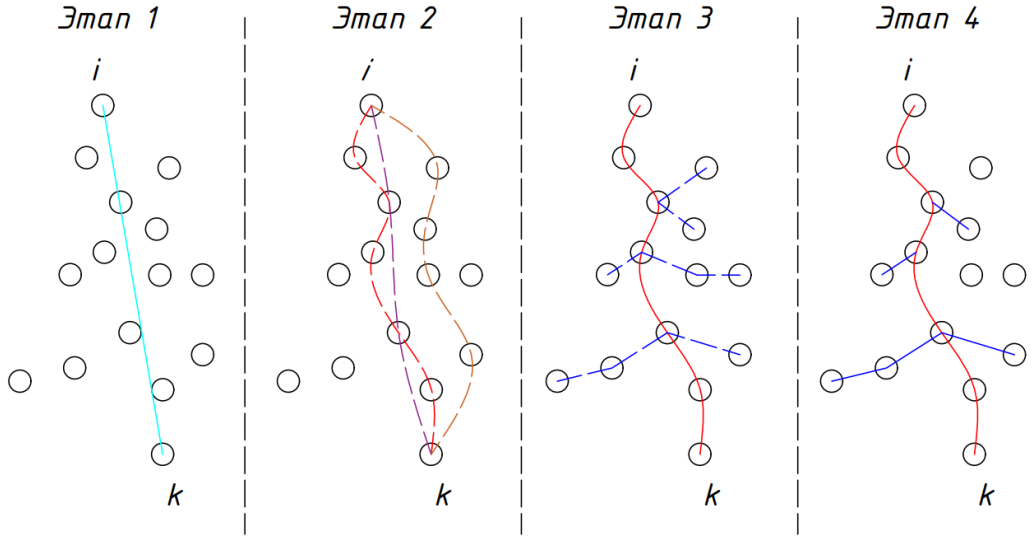

Рисунок 1 – Этапы технологической трассировки линии ВСЖМ

Рассмотрены особенности сообщения на магистральных и фидерных участках.

Разработан ***метод гексагонального анализа*** транспортного коридора, позволяющий составить матрицу корреспонденций, с выявлением основных численных характеристик образуемых транспортных связей. Определение структуры линии ВСЖМ в рамках рассматриваемого коридора предлагается проводить по следующему алгоритму.

1) Топографическая карта местности разбивается на элементарные ячейки – ***гексагоны***, каждая из которых характеризуется величинами, необходимыми для построения и анализа транспортных связей – общей величиной проживающего населения, a, количество потенциалообразующего населения $\sum P_i$, и экономическими параметрами развития региона для определения доли экономически активного населения $\alpha_P; P_i; \beta_p;\ p_i$ образующего транспортный потенциал коммуникации (рисунок 2).

Размер элементарной ячейки устанавливается параметрами r или h, которые должны удовлетворять условиям формулы 2:

$$\begin{cases} l_{max}^{\text{ф}} \leq \Delta l_{\text{пред}} \\ \frac{r}{V_{\text{м}}^{\text{гор}}} \leq T_{\text{пред}} \end{cases}, \qquad (2)$$

где: $l_{max}^{ф}$- максимальное геометрическое расстояние между вершинами двух соседних гексагонов; $\Delta l_{пред}$ - максимальное расстояние между раздельными пунктами на ВСЖМ (в случае прохождения линии ВСЖМ через рассматриваемую элементарную ячейку в ней будет располагаться минимум 1 раздельный пункт: пассажирская или техническая станция); r – радиус описанной окружности вокруг рассматриваемых гексагонов, км., $V_{м}^{гор}$ - средняя скорость подвозящего транспорта в рассматриваемом регионе, км/ч; $T_{пред}$ допустимое время (изохрона) подвоза пассажиров к элементу формируемой пассажирской инфраструктуры, мин.

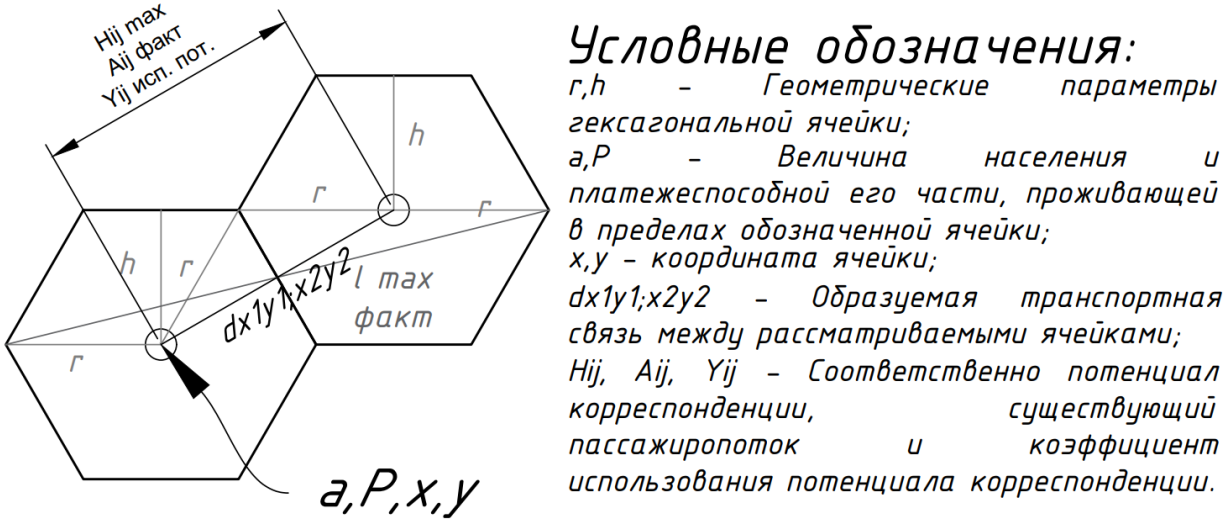

Рисунок 2 – Параметры элементарной гексагональной ячейки

Между ячейками попарно возникают транспортные связи $d_{x1y1;x2y2}$, где $x; y$ – координата положения ячейки в плане транспортного коридора. Для каждой выделенной транспортной связи можно определить величины H_{max}^{ij} – потенциал корреспонденции, определяемый как условно постоянная часть гравитационной формулы при прогнозировании пассажиропотоков; $A_{факт}^{ij}$ – фактическая величина пассажиропотока между рассматриваемыми гексагональными ячейками; $\gamma_{исп.пот.,ц}^{ij}$ - коэффициент использования потенциала корреспонденцией пассажиропотоков (переменная величина), применяемый при использовании эмпирических методов прогнозирования величины транспортной корреспонденции; L_{min}^{ij} – кратчайшее расстояние между центрами элементарных ячеек или формируемых агломерационных ячеек, определяется по формуле:

$$L_{min}^{ij} = \sqrt{(1{,}5 * r * (x_j - x_i))^2 + (h * (y_j - y_i))^2}\ . \qquad (3)$$

2) Составление гексагональной схемы транспортного коридора с выделением основных агломераций. Границы крупных городских агломераций не всегда могут расположиться в пределах одной рассматриваемой элементарной ячейки, поэтому для корректного анализа таких населенных пунктов целесообразно объединение нескольких элементарных ячеек в агломерационную ячейку (рисунок 3).

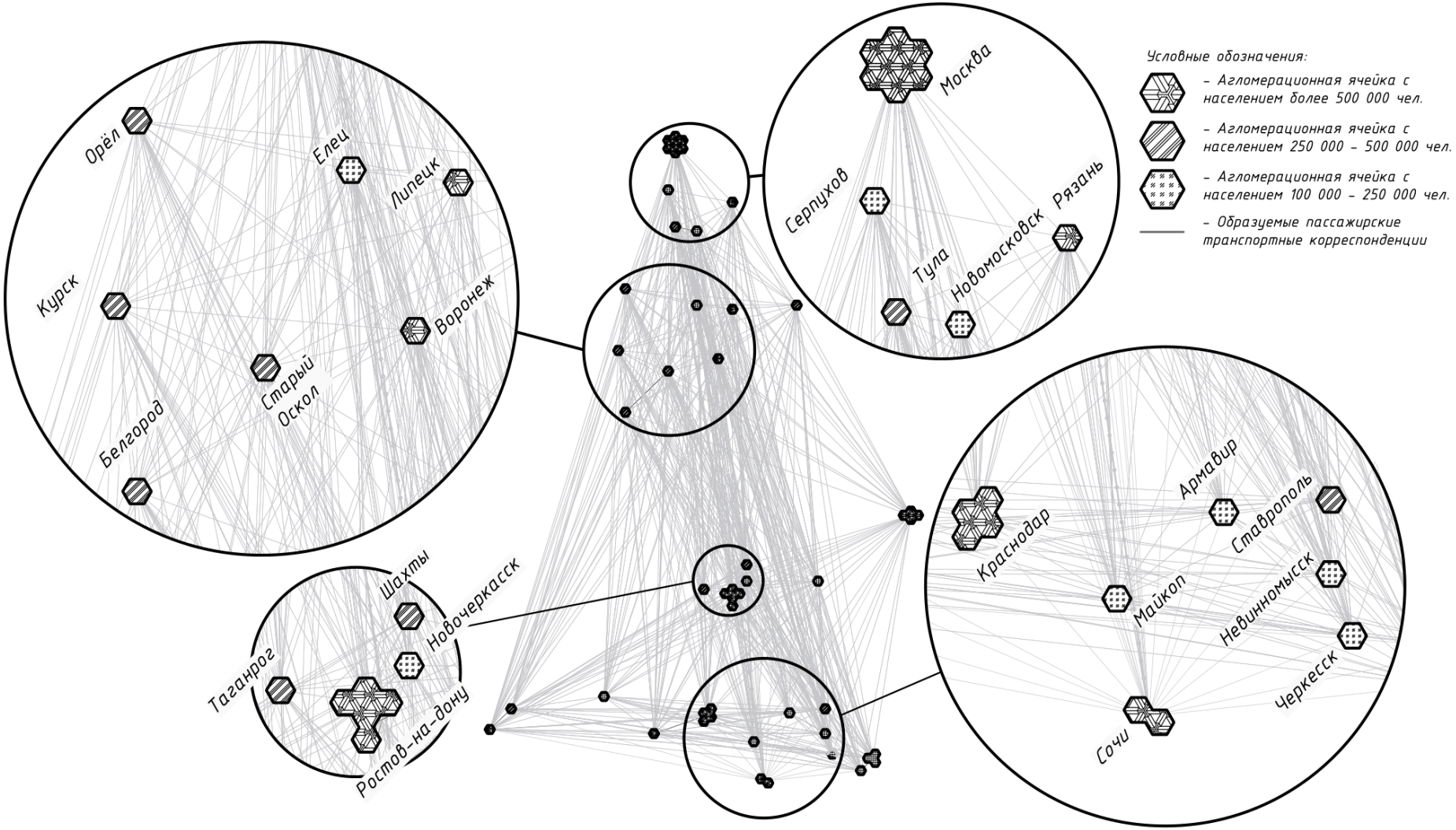

Рисунок 3 –Гексагональная схема транспортного коридора Центр-Юг

В третьей главе определены сходства и различия в технологической части организации движения поездов и планирования перевозочного процесса на линиях ВСЖМ различной протяженности. Выявлены плечи перевозки, для которых наиболее ярко выражены признаки пригородного или дальнего сообщения. Описаны уникальные технологические задачи, характерные для линий ВСЖМ большой протяженности. На корреспонденциях общей протяженностью $L_{\text{общ}} < 500$ км высокоскоростное сообщение наиболее похоже на перевозки в пригородных электропоездах на дальние зоны. С увеличением дальности перевозки высокоскоростными поездами на расстояния $L_{\text{общ}} > 750$ км прослеживается тенденция к уменьшению размеров движения поездов, изменению характера и цели поездки пассажиров, а также к возникновению дополнительных технологических и эксплуатационных задач, требующих иного подхода к пропуску поездов на сверхдальних корреспонденциях. В зоне своей наибольшей эффективности $500\text{ км} < L_{\text{общ}} < 750\text{ км}$ высокоскоростное сообщение имеет смешанные признаки пригородного и дальнего сообщения, при этом режим эксплуатации линии выбирается исходя из её общей конфигурации.

Разработаны и описаны технологические мероприятия для повышения экономической эффективности линий ВСЖМ, среди которых: формирование разветвленной сети маршрутов поездов, обеспечивающей нелинейную связь крупных агломераций в рамках рассматриваемого коридора, использование однопутных участков скоростных линий на участках с низкой ожидаемой интенсивностью движения, организация движения поездов на сверхдальних корреспонденциях скоростного и высокоскоростного движения, порядок пропуска «дневных», и назначение «ночных» пассажирских поездов, инфраструктурная интеграция параллельных ходов и иных не скоростных линий железных дорог. Разработаны технологические карты оптимальных скоростных режимов движения по фидерным участкам. На итоговое значение маршрутной скорости движения пассажирских поездов по фидерным участкам влияет расположение ответвления (фидерной линии) относительно основной магистрали, протяжённость магистрального плеча перевозки, протяжённость ответвления и установленные технические скорости движения поездов по магистральному и фидерному участкам.

Допустимый скоростной режим на фидерном участке устанавливается по следующему алгоритму.

1) Осуществляется расчет минимально допустимой маршрутной скорости движения по фидерному участку для сохранения общего скоростного режима транспортной корреспонденции $V'_{\text{ф}}$ исходя из двух условий:

- расчетная маршрутная скорость на корреспонденции равна

$$V^{i}_{\text{м.доп}} = \frac{L_{\text{м}} + L_{\text{ф}}}{\frac{L_{\text{м}}}{V^{i}_{\text{м}}} + \frac{L_{\text{ф}}}{V'_{\text{ф}}}}, \tag{4}$$

где $V^{i}_{\text{м.доп}}$ – допустимая маршрутная скорость сообщения в i поясе корреспонденций, км/ч; i – порядковый номер пояса корреспонденций, пояса устанавливаются с шагом 250 км; $L_{\text{м}}$ - общая протяженность магистрального

участка, $L_ф$ - общая протяженность фидерного участка км; $V_ф$ – расчетная минимальная маршрутная скорость движения на фидерном участке;

- общее время движения высокоскоростного поезда по рассматриваемой корреспонденции не должно превышать предельно допустимого времени для данного i пояса $T_{общ} \leq T^i_{доп}$.

$$V'_ф = \frac{V^i_{м.доп} * L_ф}{L_м + L_ф - \frac{V^i_{доп} * L_ф}{V^i_м}}. \quad (5)$$

2) Если при полученной маршрутной скорости движения $V'_ф$ по фидерному участку общее время превышает допустимое ($T_{общ} > T^i_{доп}$), тогда необходимо повышение скоростного режима до уровня $V''_ф$ исходя из следующих ограничений:

- общее время в пути принимается в соответствии с ограничением для данного пояса $T_{общ} = T^i_{доп}$;

- маршрутная скорость движения по фидерному участку не должна превышать скорость, установленную на магистральном участке на рассматриваемом поясе сообщения $V''_ф \leq V^i_м$.

$$V''_ф = \frac{L_ф}{T^i_{доп} - \frac{L_м}{V^i_м}}. \quad (6)$$

3) Производится проверка на соответствие полученной скорости минимально допустимой скорости сообщения $V^{min}_ф$, если $V'_ф < V^{min}_ф$ или $V''_ф < V^{min}_ф$, то минимальный скоростной режим для фидерного участка устанавливается как $V_ф = V^{min}_ф$.

Блок схема описанного алгоритма определения минимальной маршрутной скорости на фидерном участке приведена на рисунке 4. Согласно рассмотренному алгоритму составлены тепловые карты, отражающие допустимую маршрутную скорость сообщения на фидерном участке ВСЖМ, при различных конфигурациях магистрального и фидерного участков и сохранении общей маршрутной скорости движения по корреспонденции выше 140 км/ч. Анализ полученных тепловых карт показал, что при формировании фидерных участков наибольшую экономию капиталовложений в развитие инфраструктуры можно получить при сооружении линии по стандартам скорого движения. В этом случае эффективным становится использование существующих железнодорожных линий с пассажирским движением в створе рассматриваемого коридора. При этом отношение длин магистрального и фидерного участков должно составлять: $\frac{L_ф}{L_м} \leq \frac{1}{12}$. То есть длина фидерного участка должна составлять незначительную долю от общей протяжённости маршрута высокоскоростного поезда, следующего по ВСЖМ и по фидерному участку.

При формировании фидерных участков, работающих в режиме обычных не скоростных магистральных железных дорог, топология маршрутной сети поездов, следующих по ВСЖМ будет иметь чёткую древовидную структуру.

При установлении минимальной маршрутной скорости сообщения по фидерному участку $V_{ф}^{min}$ на уровне порогового значения скоростного сообщения – 90 км/ч оптимальное соотношение длин участков составит $\frac{L_ф}{L_м} \leq \frac{1}{4}$.

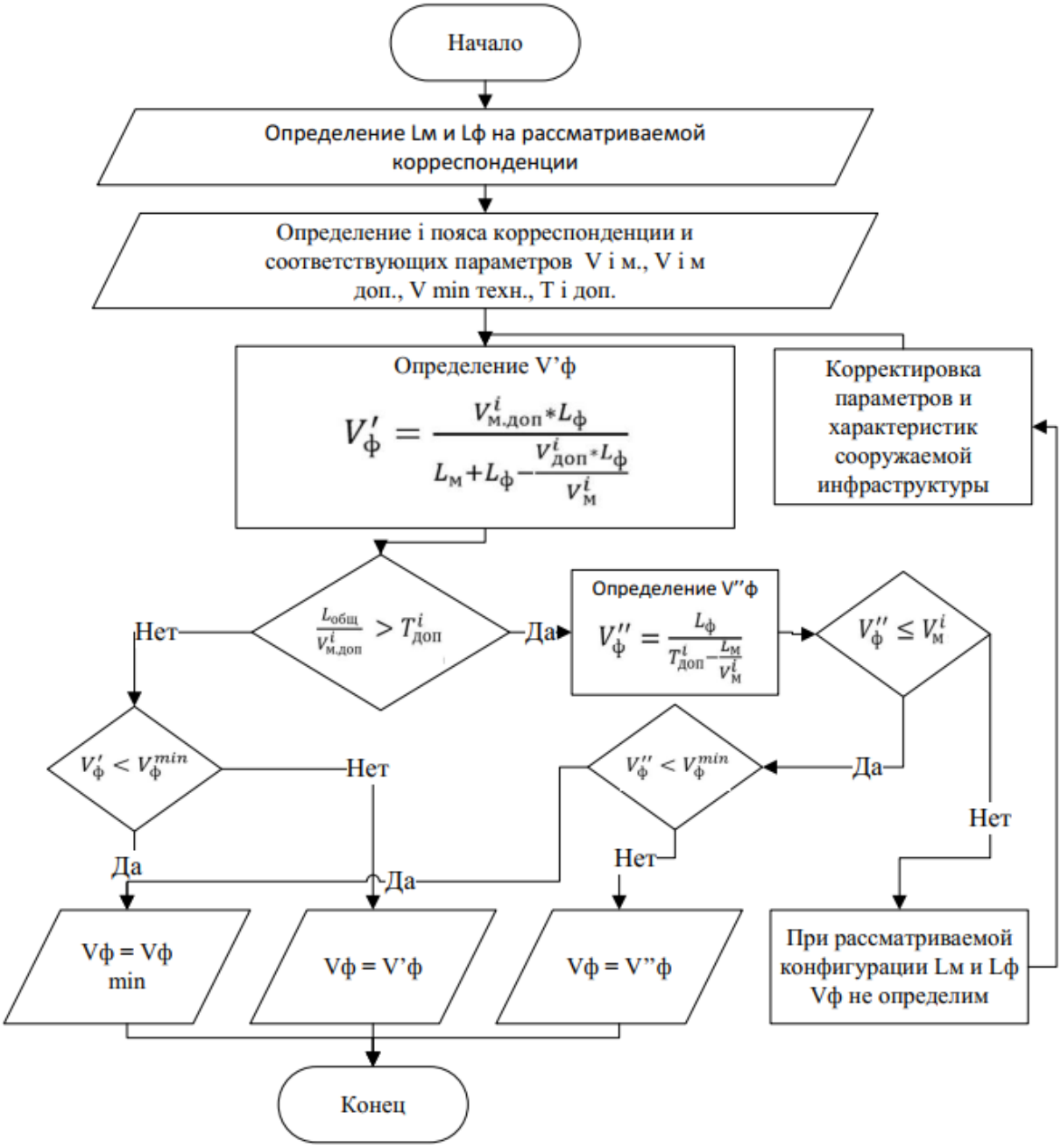

Рисунок 4 – Блок схема алгоритма определения маршрутной скорости сообщения на фидерном участке

Определены технологические особенности пропуска высокоскоростного подвижного состава (ВСПС) на сверхдальних корреспонденциях. Эксплуатация линий ВСЖМ большой протяженности с наличием сверхдальних (свыше 1000 км) корреспонденций перевозок предполагает использование особых подходов в решении задач планирования перевозок и составления технологических графиков, таких как:

- увеличение протяженности линии ВСЖМ увеличивает количество обслуживаемых промежуточных станций, а организация движения

высокоскоростных поездов с остановками по всем пунктам приводит к существенному снижению маршрутной скорости сообщения и снижает привлекательность сервиса в целом для пассажиров;

- увеличение количества станций на линии ВСЖМ приводит к нелинейному возрастанию числа обслуживаемых назначений перевозки пассажиров – транспортных корреспонденций, а для каждой корреспонденции необходимо обеспечить ежедневное бесперебойное сообщение с учетом предпочтений пассажира к периоду отправления;

- при организации перевозки высокоскоростными поездами с пропуском части остановок возникает задача более рационального пропуска поездов по линии и подбора для них перечня остановок.

Важным становится взаимное расположение и количество поездов с различным набором остановок в ГДП.

Перечисленные особенности приняты как ограничения в задаче определения наиболее рационального набора остановок для высокоскоростных поездов в пути следования. Количество таких остановок будет зависеть от маршрутной скорости движения поездов и дальности перевозок. Необходима выработка допустимых значений маршрутной скорости в зависимости от числа остановок на маршруте. Для линии, состоящей из магистральных и фидерных участков, выведены формулы для определения результирующей скорости сообщения $V_{\text{сообщ}}$.

При движении по магистральному участку ВСЖМ:

$$V_{\text{сообщ}} = \frac{L_{\text{м}}}{\frac{L_{\text{м}}}{V^{i}_{\text{м б/о}}} + T^{\text{ср}}_{\text{прост}} * \gamma}, \tag{7}$$

где $V^{i}_{\text{м б/о}}$ – маршрутная скорость сообщения на магистральном участке в i поясе корреспонденций, км/ч; γ – количество остановок высокоскоростного поезда на маршруте следования; $T^{\text{ср}}_{\text{прост}}$ – среднее время простоя на промежуточных станциях, определяемое, ч:

$$T^{\text{ср}}_{\text{прост}} = \frac{\sum_{s=0}^{S} \text{T}^{s}_{\text{прост}}}{|S|} = \frac{\sum_{s=0}^{S} (t^{s}_{\text{з}} + t^{s}_{\text{ст}} + t^{s}_{\text{р}})}{S_{\text{кор}}}, \tag{8}$$

где s – порядковый номер станции на маршруте $s \in S$, $|S| = S_{\text{кор}}$; $S_{\text{кор}}$ – общее число станций на рассматриваемой корреспонденций; $t^{s}_{\text{з}}$ – среднее время замедления ВСПС на станции s; $t^{s}_{\text{ст}}$ – среднее время стоянки ВСПС на станции s; $t^{s}_{\text{р}}$ – среднее время разгона ВСПС на станции s, ч.

При движении по магистральному и фидерному участку ВСЖМ:

$$V_{\text{сообщ}} = \frac{L_{\text{м}} + L_{\text{ф}}}{\left(\frac{L_{\text{м}}}{V^{i\,\text{м}}_{\text{м}\frac{\text{б}}{\text{о}}}} + T^{\text{ср м}}_{\text{прост}} * \gamma^{\text{м}}\right) + \left(\frac{L_{\text{ф}}}{V^{i\,\text{ф}}_{\text{м}\frac{\text{б}}{\text{о}}}} + T^{\text{ср ф}}_{\text{прост}} * \gamma^{\text{ф}}\right)}. \tag{9}$$

При выявлении допустимого количества промежуточных остановок на рассматриваемой корреспонденции можно определить среднее расстояние между станциями на данной корреспонденции, как отношение общей протяжённости корреспонденции к общему числу остановок.

$$l_{\text{пр}}^{\text{ср}} = \frac{L_{\text{м}}}{\gamma+1}\,. \qquad (10)$$

На основании построенных в соответствии с описанными ограничениями тепловых карт, отражающих допустимую скорость сообщения при различном количестве промежуточных остановок высокоскоростного подвижного состава, определена зависимость допустимого числа остановок и среднего расстояния между остановочными пунктами от общей протяженности сообщения. С увеличением протяженности корреспонденции увеличивается среднее допустимое расстояние между раздельными пунктами $l_{\text{пр}}^{\text{ср}}$ рисунок 5.

На наиболее конкурентоспособном плече высокоскоростных пассажирских перевозок (500-750 км) допустимое количество остановок высокоскоростного поезда варьируется от 5, при сохранении высокой маршрутной скорости сообщения, до 8, со значительным снижением маршрутной скорости и ухудшением качества сообщения. На полученный результат в значительной степени влияют технические характеристики ВСПС, обращающегося на рассматриваемой сети ВСЖМ, общая конфигурация участка и технологические ограничения, накладываемые при построении ГДП и иных технологических графиков работы сети.

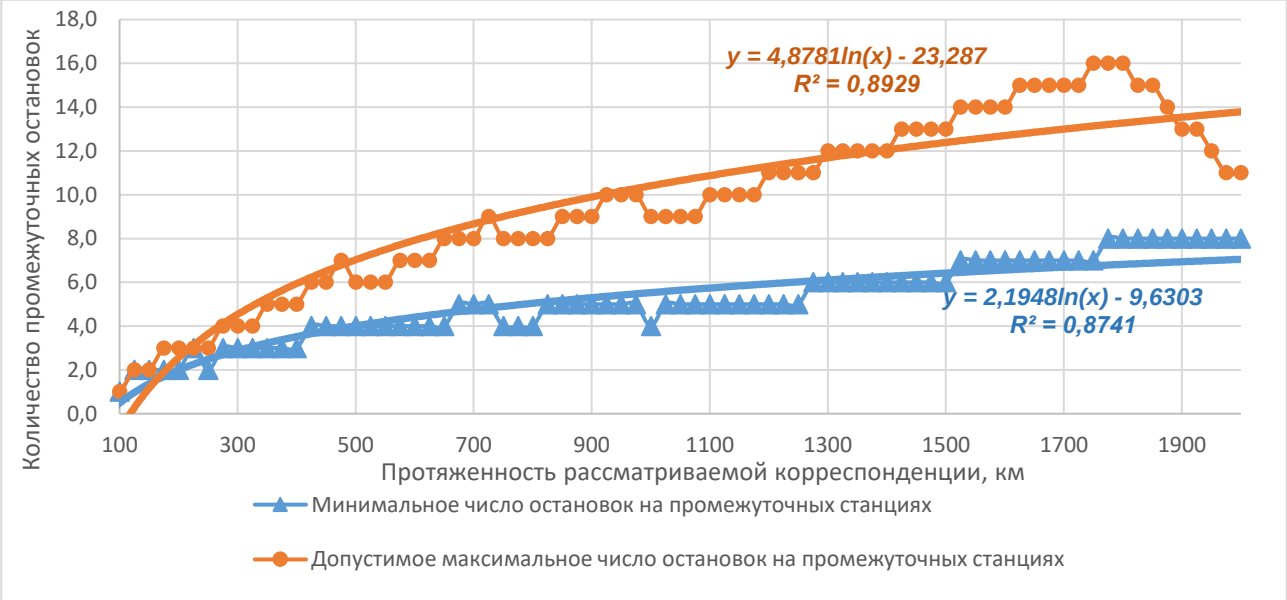

Рисунок 5 – Общее количество промежуточных станций в зависимости от дальности корреспонденции

Рассмотрены предпосылки к организации перевозок пассажиров на ВСЖМ в ночной период. На модельных примерах работы линии ВСЖМ различных конфигураций, рассмотрены технологические особенности организации ночного пассажирского сообщения (рисунок 6).

Выявлены и описаны три технологических варианта осуществления пропуска ночных поездов: пропуск высокоскоростных поездов по дублирующей инфраструктуре, адаптация времён отправления и назначения поездов в зависимости от места проведения ремонтных работ, пропуск высокоскоростных поездов на участке проведения ремонтных работ в однопутном режиме со значительным снижением скорости следования.

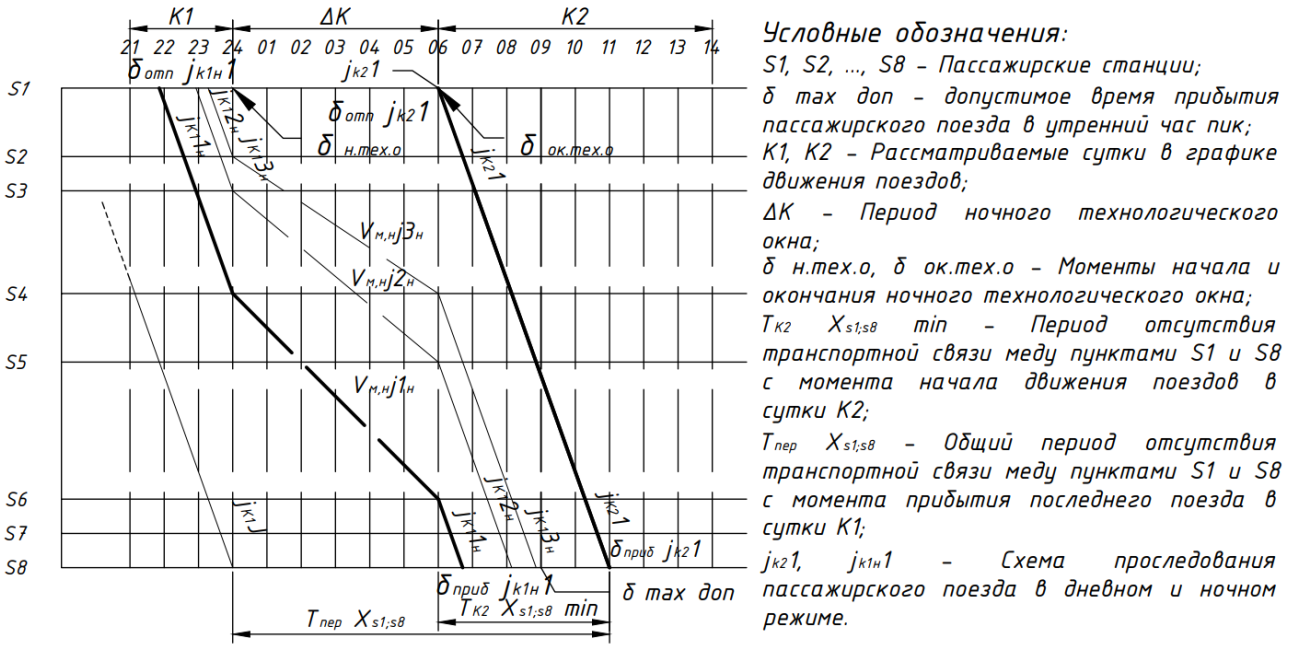

Рисунок 6 – Порядок пропуска «ночных» поездов на линии ВСЖМ

В четвертой главе определены основные финансовые потоки от организации высокоскоростного сообщения и выявлено их влияние на общую эффективность проектов ВСЖМ. Разработана экономико-математическая модель определения эффектов от сооружения линий ВСЖМ различных конфигураций. В качестве целевой функции для задачи построения технологической трассировки линии ВСЖМ принята прибыль проекта организации высокоскоростного сообщения на расчетный срок эксплуатации:

$$Z = (\sum D - \sum K) \rightarrow max\ , \qquad (11)$$

где $\sum D$ – общие потенциальные доходы сети ВСЖМ за рассматриваемый период, руб; $\sum K$ – общие потенциальные расходы сети ВСЖМ за рассматриваемый период, руб.;

Расходная часть проекта организации высокоскоростных перевозок определяется как сумма капитальных затрат на строительство ВСЖМ и суммы эксплуатационных затрат на содержание ВСЖМ:

$$\sum K = K_1 + K_2\ , \qquad (12)$$

где K_1 - капитальные расходы на строительство соответствующих участков, руб.;

$$K_1 = \sum_l T_{\zeta,l} d_l\ , \qquad (13)$$

где $T_{\zeta,l}$–приведенная стоимость сооружения 1 км ВСЖМ для соответствующего установленного режима движения поездов, руб.; $\zeta \in [1,2, \dots 5]$, руб.;

K_2– приведенные эксплуатационные расходы за расчетный срок N лет;

$$\mathrm{K}_2 = N \sum_l Э_{\zeta,l} d_l\ , \qquad (14)$$

где $Э_{\zeta,l}$– эксплуатационные затраты на 1 км пути в год для установленного режима движения поездов ζ, руб; N – расчетный год эксплуатации линии ВСЖМ.

Доходная часть проекта организации высокоскоростных перевозок определяется:

$$\sum D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4\ , \qquad (15)$$

D_1– непосредственно доходы от продажи билетов, руб.;

$$D_1 = N \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} a_{\text{ц}}^{ij} \sum_{l \in L_{ij}} \tau_l d_l \ , \qquad (16)$$

где $a_{\text{ц}}^{ij}$ оценённая величина годовых корреспонденций (пассажиропоток) для данного графа между пунктами v_i и v_j; L_{ij} – список участков, входящих в путь от v_i до v_j; t_l – установленный тариф на проезд 1 километра по участку с номером l, зависящий от общей длины корреспонденции l, руб.

Далее, D_2 – доход от оказания дополнительных услуг на пассажирских станциях пунктов v_i и v_j, а также в пути следования поезда:

$$D_2 = N * \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \mu_{i,j}^{\text{доп}} * a_{\text{ц}}^{ij} \ , \qquad (17)$$

где $\mu_{i,j}^{\text{доп}}$ – приведенный дополнительный доход от дополнительных услуг, приходящий на одного пассажира на рассматриваемой корреспонденции, руб.;

$$\mu_{i,j}^{\text{доп}} = \mu_i^{\text{отпр}} + \mu_j^{\text{приб}} + \mu_{i,j}^{\text{дв}} \ , \qquad (18)$$

где $\mu_i^{\text{отпр}}$ - средний доход оператора пассажирской инфраструктуры от оказания пассажиру дополнительных услуг в пункте отправления i, руб; $\mu_j^{\text{приб}}$ - средний доход оператора пассажирской инфраструктуры от оказания пассажиру дополнительных услуг в пункте прибытия j, руб.; $\mu_{i,j}^{\text{дв}}$ - средний доход оператора пассажирской инфраструктуры от оказания пассажиру дополнительных услуг во время проследования из пункта i в пункт j, руб.;

D_3 – доход от высвобождения пропускной способности на участках не скоростного сообщения по дублирующей инфраструктуре между пунктами v'_i и v'_j, руб.;

$$D_3 = N \sum_{l' \in E} |J|_{\text{высв}} \cdot \varphi_{l'} \ , \qquad (19)$$

где $|J|_{\text{высв}}$ – количество высвобождаемых, в связи с переводом части пассажирских поездов на новую инфраструктуру ниток графика, на участке l', используемых в дальнейшем для нужд грузового движения; φ_l – расчетная стоимость одной нитки графика на участке l' за отчетный период (сутки, год), руб.;

D_4 – приведенный доход от агломерационных эффектов и создания сервиса высокоскоростного сообщения, руб. В данном расчетном примере D_4 определим следующим образом:

$$D_4 = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \rho_{\text{агл}}^{ij} \cdot a_{\text{ц}}^{ij} \ , \qquad (20)$$

где $\rho_{\text{агл}}^{ij}$ – приведенный экономический показатель агломерационного эффекта, руб.

Чтобы оценить доходы D, нужно оценить матрицу корреспонденций

$$A = \left(a_{\text{ц}}^{ij}\right), i, j \epsilon V \ . \qquad (21)$$

Для определения перспективных пассажиропотоков различных вариантов проследования линии в модели применен ***энтропийный метод*** расчета корреспонденций. Задача определения величин пассажиропотоков на отдельных корреспонденциях $a_{\text{ц}}^{ij}$ представлена как задача максимизации энтропии в транспортной системе:

$$a_{\text{ц}}^{ij} = \alpha_i * P_i * \alpha_j * P_j * e^{(-\gamma_{\text{исп.пот.ц}}^{\text{эксп}} * \sum_{l \in L_{ij}} (s_{\zeta,l} * d_l))}, \quad (22)$$

где параметр $\gamma_{\text{исп.пот.ц}}^{\text{эксп}}$ характеризует скорость убывания привлекательности поездки с ростом расстояния, $s_{\zeta,l}$–коэффициент, учитывающий категорию соответствующего участка дороги.

Получаемая матрица корреспонденций содержит маршруты, проходящие через вершины графа в определенном порядке, их протяженность определена с применением метода ***Флойда-Уоршелла***.

Выделены два принципа построения графика движения поездов на ВСЖМ большой протяженности – по периодической и непериодической модели. Для выявленных моделей составления ГДП выявлены особенности построения и их сферы применения.

Разработана модель составления плана остановок на сверхдальних корреспонденциях линии ВСЖМ. Составлены алгоритмы назначения остановок для двух основных подходов – с обеспечением беспересадочного или пересадочного сообщения с заданными параметрами.

Задача по обеспечению бесперебойных связей всех остановочных пунктов в ограниченный период времени решена при условии минимизации потребного числа ниток графика $|J| \to min$. Для решения задачи был разработан алгоритм проследования поездов по линии ВСЖМ:.

1) На рассматриваемой линии определяются станции начала, окончания движения и зонные станции, на данных станциях все проходящие поезда будут совершать остановку, т.е. $G_s^{\text{ф}} = |J|$.

2) В массиве станций $|S'| \subseteq |S|$ для увеличения маршрутной скорости и обеспечения беспересадочного сообщения между всеми промежуточными станциями «нитки» прокладываются следующим образом:

а) прокладываются 2 нитки с чередованием четных и нечетных пунктов массива станций $|S'|$, т.е режим остановок примет вид

для поезда останавливающегося по нечетным пунктам $|S'|$

$$j1 = \left\{\vartheta_{j1}^{s'1}; \vartheta_{j1}^{s'3}; \vartheta_{j1}^{s'5} \dots \vartheta_{j1}^{S'(S'-1)}\right\}, \quad (23)$$

для поезда останавливающегося по четным пунктам $|S'|$

$$j2 = \left\{\vartheta_{j2}^{s'2}; \vartheta_{j2}^{s'4}; \vartheta_{j2}^{s'6} \dots \vartheta_{j2}^{S'-1(S')}\right\}. \quad (24)$$

б) прокладываются 4 нитки с попарным чередованием остановочных пунктов массива станций $|S'|$ и смещением на 1 промежуточную станцию относительно друг друга, т.е режим остановок примет вид:

$$j3 = \left\{\vartheta_{j3}^{s'1}; \vartheta_{j3}^{s'2}; \vartheta_{j3}^{s'5}; \vartheta_{j3}^{s'6} \dots \vartheta_{j3}^{S'-1(S'-2)}\right\}, \quad (25)$$

$$j4 = \left\{\vartheta_{j4}^{s'2}; \vartheta_{j4}^{s'3}; \vartheta_{j4}^{s'6}; \vartheta_{j4}^{s'7} \dots \vartheta_{j4}^{S'(S'-1)}\right\}, \quad (26)$$

$$j5 = \left\{\vartheta_{j5}^{s'3}; \vartheta_{j5}^{s'4}; \vartheta_{j5}^{s'7}; \vartheta_{j5}^{s'8} \dots \vartheta_{j5}^{S'}\right\}, \quad (27)$$

$$j6 = \left\{\vartheta_{j6}^{s'1}; \vartheta_{j6}^{s'4}; \vartheta_{j6}^{s'5}; \vartheta_{j6}^{s'8}; \vartheta_{j6}^{s'9} \dots \vartheta_{j6}^{S'-2(S')}\right\}. \quad (28)$$

Таким образом при использовании минимально возможного числа ниток графика $|J| = 6$ обеспечена беспересадочная связь всех возможных корреспонденций |X| при условии пропуска каждой ниткой поезда половины или более промежуточных пунктов множества $|S'|$. Описанный алгоритм назначения остановок при условии обеспечении беспересадочного сообщения применим для сколь угодно большого числа промежуточных станций при этом отношение числа станций, на которых ВСПС будет совершать остановку к общему числу станций на линии ВСЖМ будет оставаться неизменной:

$$\lim_{S'\to\infty} \frac{\beta_j^{|S'|}}{|S'|} = \frac{1}{2}. \quad (29)$$

План анализа остановок высокоскоростного поездов $|J|$ в пути следования приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Общий вид разработки плана остановок с заданными параметрами движения по x корреспонденции линии ВСЖМ

Нитка в ГДП	Станции на линии ВСЖМ |S|					Общее количество остановок в пути следования	Маршрутная скорость сообщения
$\|J\|$	$s1$	$s2$	…	$S-1$	S	$\beta_j^{\|S\|}$	$V_{j,\text{м}}^{\text{ф}}$
$j1$	ϑ_{j1}^{s1}	ϑ_{j1}^{s2}	…	ϑ_{j1}^{S-1}	ϑ_{j1}^{S}	$\beta_{j1}^{\|S\|}$	$V_{j1,\text{м}}^{\text{ф}}$
$j2$	ϑ_{j2}^{s1}	ϑ_{j2}^{s2}	…	ϑ_{j2}^{S-1}	ϑ_{j2}^{S}	$\beta_{j2}^{\|S\|}$	$V_{j2,\text{м}}^{\text{ф}}$
…	…	…	…	…	…	…	…
$J-1$	ϑ_{J-1}^{s1}	ϑ_{J-1}^{s2}	…	ϑ_{J-1}^{S-1}	ϑ_{J-1}^{S}	$\beta_{J-1}^{\|S\|}$	$V_{J-1,\text{м}}^{\text{ф}}$
J	ϑ_{J}^{s1}	ϑ_{J}^{s2}	…	ϑ_{J}^{S-1}	ϑ_{J}^{S}	$\beta_{J}^{\|S\|}$	$V_{J,\text{м}}^{\text{ф}}$
Фактическое число остановок по станциям $G_s^{\tau\,\text{ф}}$	$G_{s1}^{\tau\,\text{ф}}$	$G_{s2}^{\tau\,\text{ф}}$	…	$G_{S-1}^{\tau\,\text{ф}}$	$G_{S}^{\tau\,\text{ф}}$		

В случае обеспечения пересадочного сообщения на линии ВСЖМ разработан следующий алгоритм назначения промежуточных остановок.

1) Все корреспонденции множества |X| на линии с множеством $|S|$ станций ранжируются в зависимости от основных характеристик потока - величина пассажиропотока $a_{\text{ц}}^{ij}$, дальность корреспонденции d_{ij}, потенциальный доход от перевозки пассажиров D_1^{ij}. Ранжирование происходит следующим образом - составляется список всех корреспонденций входящих в |X|, для каждой корреспонденции определяется D_1^{ij}, определяется общий потенциальный доход от перевозок по всем корреспонденциям $\sum_{x=1}^{|X|} D_1^{ij}$, корреспонденции с полученными значениями доходов корреспонденций и определенной долей в общем объеме доходов α_D, располагаются в порядке убывания α_D:

$$\alpha_D = \frac{D_1^{ij}}{\sum_{x=1}^{|X|} D_1^{ij}}. \quad (30)$$

2) Для каждой выделенной зоны обращения $|Z|$ определяется допустимое число остановок $\beta_{j,z}^{|S|}$ для обеспечения заданного скоростного режима как на всей протяженности корреспонденции так и на каждом зонном участке.

3) В пределах рассматриваемого периода τ_t для пикового периода суток, на минимально допустимом межпоездном интервале I последовательно прокладываются сверхдальние нитки графика, для которых в пределах зонных

участков $|Z|$ на промежуточных станциях массива $|S'|$ назначаются $\beta_{j,z}^{|S'|}$ остановок.

Разработан алгоритм корректировки последовательности ниток в графике движения поездов для достижения наибольшей скорости сообщения и уменьшения негативного влияния обгонов или искусственных замедлений пассажирских поездов.

Результаты применения разработанных подходов на полигоне Центр-Юг доказывают эффективность предлагаемых в диссертационном исследовании решений. Разработанные технологические мероприятия могут быть применены как при доработке проектов развития высокоскоростного сообщения по основным пассажиронапряженным направлениям, так и при обосновании запуска скоростных поездов на существующей инфраструктуре. Результаты исследования использованы в системе поддержки принятия решений в «Дирекции скоростного сообщения» филиал ОАО «РЖД», в производственной деятельности АО «Федеральная пассажирская компания» при обосновании новых транспортных продуктов и сервисов, в разделе организации движения, проектной документации по развитию высокоскоростного сообщения АО «Мосгипротранс».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации сформированы научно обоснованные рекомендации по организации работы железнодорожных полигонов с интегрированным скоростным и высокоскоростным пассажирским движением поездов при организации пассажирских перевозок на вновь создаваемой специализированной инфраструктуре.

1) Показана необходимость разработки уникальных технологических решений для достижения качественно нового уровня железнодорожных пассажирских перевозок на основе анализа отечественного и зарубежного опыта работы транспортных систем крупнейших мировых агломераций.

2) Сформулированы требования к технологическим и эксплуатационным параметрам транспортного сообщения на различных плечах перевозки в результате анализа зарубежного опыта работы систем высокоскоростного железнодорожного пассажирского сообщения.

3) Усовершенствован метод прогнозирования перспективных пассажиропотоков, основанный на модернизации эмпирических методов прогнозирования, таких как гравитационный и энтропийный, с применением качественных параметров формируемого сообщения, на основе выработанных требований к высокоскоростному сообщению. Разработан метод гексагонального анализа транспортного коридора, позволяющий составить матрицу корреспонденций, с выявлением основных характеристик образуемых транспортных связей.

4) Предложены подходы к построению технологической трассировки линий ВСЖМ в пределах транспортного коридора. Введена классификация различных участков линий ВСЖМ, рассмотрены особенности сообщения на

магистральных и фидерных участках. Рассмотрены принципиальные схемы организации движения высокоскоростных поездов на фидерных участках, определены условия применения каждой из рассмотренных технологий.

5) Установлены принципы организации движения поездов и планирования перевозочного процесса на линиях ВСЖМ различной протяженности. Разработаны технологические мероприятия по повышению экономической эффективности использования линий ВСЖМ – сооружение разветвленной сети магистральных и фидерных участков, применение однопутных линий на фидерных участках, управление режимом остановок на сверхдальних корреспонденциях, осуществление пропуска ночных пассажирских поездов на ВСЖМ.

6) Разработана методика расчета финансовых потоков проекта организации железнодорожного высокоскоростного сообщения, определено их влияние на общую рентабельность проекта. Для решения задачи о составлении оптимальной технологической трассировки линии ВСЖМ составлена экономико-математическая модель, которая была апробирована на примере транспортного коридора «Центр-Юг». Рассчитан экономический эффект применения предложенных мероприятий по увеличению рентабельности проекта.

7) Разработана модель составления плана остановок пассажирских поездов на сверхдальних корреспонденциях линии ВСЖМ для двух основных подходов – с обеспечением беспересадочного или пересадочного сообщения с заданными параметрами. Разработан алгоритм корректировки последовательности ниток в графике движения поездов для достижения наибольшей скорости сообщения и уменьшения негативного влияния обгонов или искусственных замедлений пассажирских поездов. Управление режимом остановок на полигоне Центр-Юг позволит сократить время в пути от Москвы до Адлера на 32 минуты и увеличить маршрутную скорость сообщения до 197 км/ч.

8) Выполнена апробация разработанных методов и технологических подходов к организации движения на ВСЖМ на примере транспортного коридора «Центр-Юг» (ВСЖМ-3 Москва-Сочи). Определена оптимальная технологическая схема полигона высокоскоростного движения, при которой высокоскоростной связью обеспечиваются 325 корреспонденций, 28 крупнейших городов, где на сверхдальние корреспонденции приходится 47% пассажиропотока и 53% потенциальных доходов от перевозок. Срок окупаемости проекта составил 21 год.

9) Разработанные подходы рекомендованы при реализации стратегии развития скоростного и высокоскоростного сообщения в России, во время проектирования высокоскоростной железнодорожной инфраструктуры и при разработке технологии эксплуатации высокоскоростных пассажирских поездов.

10) Перспективой дальнейшей разработки темы является исследование таких аспектов управления перевозочным процессом при высокоскоростных перевозках как: составление плана формирования высокоскоростных поездов в условиях работы фидерных участков вместе с разработкой режима остановок поездов, технико-технологические параметры примыканий фидерных линий к

магистральным линиям ВСЖМ, оптимизация параметров подвижного состава, предназначенного для обращения по ВСЖМ и по фидерным участкам в зависимости от режима эксплуатации и других параметров.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

а) в рецензируемых периодических изданиях:

1. Калинин, К. А. О комплексном подходе к анализу линий ВСЖМ / К. А. Калинин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 2(82). – С. 137-147.

2. Вакуленко, С. П. Применение гексагонального анализа для определения параметров корреспонденций пассажирских перевозок / С. П. Вакуленко, К. А. Калинин // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2022. – № 2. – С. 3-10.

3. Вакуленко, С. П. Экологический аспект организации грузового обхода в створе коридора "Центр - Юг" / С. П. Вакуленко, А. В. Колин, Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 1(49). – С. 82-92.

4. Вакуленко, С. П. Метод прогнозирования пассажиропотоков при организации высокоскоростных перевозок / С. П. Вакуленко, Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин // Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 1-2(92-93). – С. 34-39.

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

6. Вакуленко, С. П. О развитии пассажирского транспортного коридора Север - Юг / С. П. Вакуленко, А. В. Колин, Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 4. – С. 24-29.

7. 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.

8. Евреенова, Н. Ю. Управление пассажиропотоком крупнейших ТПУ / Н. Ю. Евреенова, К. А. Калинин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3(83). – С. 105-113.

9. Вакуленко, С. П. Возможность возвращения грузовых перевозок на главный железнодорожный ход Санкт-Петербург - Москва / С. П. Вакуленко, А. В. Колин, П. А. Егоров, К. А. Калинин // Экономика железных дорог. – 2021. – № 12. – С. 31-42.

б) в других изданиях и материалах конференций

10. Вакуленко, С. П. Эксплуатационные аспекты моделирования транспортных систем : Учебное пособие для студентов направления бакалавриата «Технология транспортных процессов» всех профилей / С. П. Вакуленко, Н. Ю. Евреенова, Д. Ю. Роменский, К. А. Калинин. – Москва :

Российская открытая академия транспорта федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Российский университет транспорта" (МИИТ), 2021. – 129 с.

11. Калинин, К. А. Особенности построения графика движения поездов на линиях ВСЖМ / К. А. Калинин // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : Сборник трудов научно-практической конференции с международным участием, Москва, 20–21 октября 2021 года. – Москва: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта", 2022. – С. 191-200.

12. Вакуленко, С. П. О разработке качественных параметров формируемого высокоскоростного железнодорожного сообщения / С. П. Вакуленко, К. А. Калинин, М. В. Роменская // Вопросы устойчивого развития общества. – 2021. – № 8. – С. 265-276.

13. Калинин, К. А. Инфраструктурные мероприятия по обеспечению беспрепятственного пропуска пассажирских поездов на участках с интенсивным движением / К. А. Калинин, Д. Ю. Роменский, А. Д. Ершов // Вопросы устойчивого развития общества. – 2021. – № 10. – С. 600-606.

14. Калинин, К. А. Варианты ввода высокоскоростных железнодорожных магистралей в города, их влияние на работу железнодорожных узлов и развитие агломераций / К. А. Калинин, М. В. Роменская // Устойчивое развитие территорий : сборник докладов II-ой Международной научно-практической конференции, Москва, 20-21 мая 2019. — Москва: МГСУ, 2019. — С. 196-198.

Калинин Кирилл Антонович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРСКИМИ ПЕРЕВОЗКАМИ НА ПОЛИГОНАХ СО СКОРОСТНЫМ И ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

2.9.4. Управление процессами перевозок

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук

Подписано в печать «__» _____2022 г. Заказ №_____Формат 60x90/16

Объём 1,5 усл. п.л. Тираж 80 экз.

127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, дом 9, стр. 9,
Типография Юридического института РУТ (МИИТ)