

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ ИМПЕРАТОРА НИКОЛАЯ II»

На правах рукописи



**Абдуллаев Ильдар Салимович**

**ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ПРОПУСКНОЙ  
СПОСОБНОСТИ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ**

Специальность 05.22.08 - Управление процессами перевозок  
Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук

Научный руководитель  
доктор технических наук, профессор  
Пазойский Юрий Ошарович

Москва 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. Развитие пассажирских станций и научные исследования по их техническому оснащению.....	10
1.1. Обзор возникновения пассажирских станций и вокзалов.....	10
1.2. Особенности схем и технологии работы пассажирских и пассажирских технических станций зарубежных железных дорог.....	16
1.3. Анализ работ по определению путевого развития и технического оснащения пассажирских станций.....	29
Выводы по главе 1.....	44
2. Анализ проблем технического оснащения пассажирских станций и технологии их работы. Мероприятия по развитию пассажирских станций.....	46
2.1. Недостатки в техническом и технологическом развитии пассажирских станций.....	46
2.2. Предлагаемый комплекс мероприятий по развитию пассажирских станций в современных условиях.....	54
2.3. Область применения мероприятий по развитию пассажирских станций. Виды пассажирских станций России.....	61
Выводы по главе 2.....	67
3. Анализ эффективности внедрения мероприятий по развитию пассажирских станций.....	71
3.1. Общая постановка задачи.....	71
3.2. Увязка составов пассажирских поездов в общий оборот с целью сокращения потребного числа путей пассажирской станции.....	74
3.2.1. Методика увязки.....	74

3.2.2.	Пример увязки составов по станции Москва-Пассажирская-Казанская.....	82
3.3.	Технико-технологическое обоснование выбора мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций.....	92
3.3.1.	Выбор метода расчета пропускной способности пассажирской станции.....	92
3.3.1.1.	Аналитический метод.....	94
3.3.1.2.	Метод имитационного моделирования.....	97
3.3.1.3.	Практическое применение методов расчета пропускной способности при внедрении мероприятий по развитию пассажирских станций и сравнительный анализ их результатов.....	107
3.3.2.	Определение целесообразности и эффективности внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций.....	110
3.4.	Внедрение мероприятий по увеличению пропускной способности и анализ их эффективности на примере станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги.....	120
3.5.	Экономическая эффективность внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций.....	128
3.5.1.	Коммерческий эффект.....	128
3.5.2.	Региональный эффект.....	130
	Выводы по главе 3.....	136
4.	Развитие пассажирских станций в условиях их расположения вблизи городской инфраструктуры и внедрения высокоскоростного движения.....	139
4.1.	Описание проблемы и пути ее решения.....	139
4.2.	Анализ работы пассажирской станции после строительства второго уровня приемо-отправочных путей.....	146

4.3. Технико-экономическое обоснование выбора рационального варианта развития пассажирской станции.....	149
4.4. Пример технико-экономического обоснования выбора рационального варианта развития пассажирской станции.....	155
Выводы по главе 4.....	158
Заключение.....	160
Список литературы.....	162
Приложение 1. Схематический план пассажирской системы станции Челябинск-Главный.....	173
Приложение 2. Схематический план станции Москва-Пассажирская Октябрьская.....	174
Приложение 3. Схематический план станции Москва-Пассажирская-Курская.....	175
Приложение 4. Схематический план станции Москва-Пассажирская-Киевская.....	176
Приложение 5. Схематический план станции Москва-Пассажирская-Павелецкая.....	177
Приложение 6. Схематический план станции Москва-Пассажирская-Смоленская.....	178
Приложение 7. Схематический план станции Москва-Пассажирская-Казанская.....	179
Приложение 8. Схематический план станции Москва-Пассажирская-Ярославская .....	180
Приложение 9. Схематический план станции Москва-Пассажирская Октябрьская после строительства второго уровня приемо-отправочных путей.....	181

## ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование организации перевозки пассажиров в пригородном, местном и дальнем сообщении рассматривается на железнодорожном транспорте в качестве одной из приоритетных задач. Это, прежде всего, сокращение расходов, связанных с организацией перевозок, и повышение её доходной части за счёт привлечения пассажиров на железнодорожный транспорт с альтернативных видов транспорта. В условиях усиливающейся конкуренции между видами транспорта необходима реализация мероприятий, связанных с повышением качества и привлекательности перевозок железнодорожным транспортом.

Рост населения крупных городов, увеличение дальности поездки пригородных пассажиров в связи с недостатком рабочих мест непосредственно в пригородах крупных городов привёл к увеличению объёмов перевозок пассажиров в пригородном сообщении. Возросли также объёмы внутригородских и пригородно-городских пассажирских перевозок. Резкое увеличение доли автотранспорта (в том числе и личного) в крупных городах, освоение объёмов пассажирских пригородных и пригородно-городских перевозок автомобильным транспортом привело к высокой степени загрузки пропускной способности автомобильных дорог. Основную роль в обеспечении транспортного обслуживания крупных городов стал выполнять метрополитен как наиболее надёжный и скоростной вид транспорта. В черте города метрополитен и железная дорога, иногда дублируя друг друга, выполняют наибольший объём перевозок, осуществляемых рельсовыми видами транспорта; при этом большая часть этого объёма в пределах города выполняется метрополитеном [18].

Местные перевозки выполняются, в основном, железнодорожным и наземным транспортом. Цель поездки ограничена, в основном, перевозками по личным надобностям и к местам отдыха и постоянного проживания. В местных перевозках усиливается роль неценовых факторов конкуренции: удобство времени отправления и прибытия, продолжительность поездки, местонахождение начального и конечного пунктов следования, количество багажа, разрешенного к

бесплатному и платному провозу, безопасность и комфортабельность проезда. Спрос на перевозки в этом сообщении эластичен.

Дальние перевозки выполняются, в основном, железнодорожным и воздушным транспортом и небольшой долей автобусных и водных сообщений. Среди мотиваций поездок населения выделяют производственные и рекреационные (на отдых, экскурсии). На железнодорожном транспорте 35% поездок пассажиров связаны с посещением родственников и друзей, 33% с командировками и 21% — с поездками к месту отдыха. На воздушном транспорте выше доля деловых поездок — 39% и поездок к месту отдыха — 33%. Конкуренция между железнодорожным и авиатранспортом носит как ценовой, так и неценовой характер. Спрос эластичен по стоимости проезда, доходу и цене конкурента, однако сильно дифференцирован по разным группам пассажиров в зависимости от цели поездки. Каждый из видов транспорта в данном сегменте рынка характеризуется своими преимуществами и недостатками, в связи с чем, определяющее значение для потребительского выбора имеет соотношение "цена-качество" [114].

Поэтому взаимодействие железной дороги с другими видами транспорта, как конкурирующих видов с одной стороны, но выполняющих общую задачу по удовлетворению потребностей населения в перевозках с другой — актуальная проблема для железнодорожных станций.

Пассажиры являются важной частью огромного комплекса, предоставляющего пассажиру возможность осуществить поездку. Главное назначение пассажирской станции заключается в осуществлении безопасного и своевременного приёма и отправления поезда, его подготовке в рейс таким образом, чтобы в пути следования пассажир имел все необходимые удобства и комфорт.

Одной из основных целей транспорта является повышение мобильности населения. Любой гражданин становится пассажиром в тот момент, когда приобретает билет, чтобы совершить поездку. На каждом этапе, начиная от покупки билета и заканчивая выходом пассажира из транспортного средства в

пункте назначения, необходимо принимать меры по обеспечению безопасности пассажира, его комфорту и удобству. В настоящее время, согласно исследованиям Института экономики и развития транспорта (далее ИЭРТ), в нашей стране наблюдается увеличение пассажиропотока на основных направлениях. Для того, чтобы удовлетворить спрос в перевозках растущего количества пассажиров, необходимо увеличивать число поездов, их вместимость, рационализировать технологию обработки поездов на конечных станциях. А это зачастую невозможно реализовать без развития пассажирских станций как в технологическом, так и в техническом отношении.

Актуальность выбранной темы определяется необходимостью разработки теоретических положений для их практического применения при строительстве, реконструкции и развитии пассажирских станций.

**Целью** исследования диссертационной работы является разработка комплекса мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций в условиях развития городской инфраструктуры и повышения объемов работы, а также программы его внедрения в практику работы железных дорог.

**Задачи исследования:**

- анализ развития и современного состояния пассажирских станций, а также теоретических исследований в данной области;
- анализ схем и технологии работы пассажирских и пассажирских технических станций зарубежных железных дорог;
- классификация пассажирских станций России и определение области применения мероприятий по развитию пассажирских станций;
- разработка комплекса мероприятий по развитию пассажирских станций и оценка их эффективности;
- разработка имитационной модели работы пассажирской станции для расчета ее пропускной способности и анализа эффективности внедрения мероприятий по увеличению ее мощности;

– формирование метода технико-экономического обоснования выбора рационального варианта развития пассажирской станции.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач в диссертации использованы аналитический метод расчета пропускной способности пассажирских станций, метод имитационного моделирования работы пассажирских станций, методы математического программирования, экспертных оценок, а также методика «ЮНИДО» для сравнительной экономической оценки инвестиционных проектов.

Материалами для исследования явились результаты обследования существующих станций, действующие нормативные документы по проектированию станций, проекты реконструкции и развития пассажирских и пассажирских технических станций.

### **Научная новизна.**

В диссертации впервые:

- показано, что разработанный комплекс мероприятий по развитию пассажирских станций позволит получить желаемый результат;
- предложена классификация пассажирских станций, отличающаяся от известных учетом факторов, влияющих на внедрение мероприятий по развитию, а также определена область применения комплекса мероприятий;
- показана эффективность использования инфраструктуры пассажирских станций при применении методики увязки составов разных назначений в общий оборот для пассажирских поездов;
- при помощи разработанного алгоритма расчета пропускной способности пассажирской станции методом имитационного моделирования обоснована эффективность внедрения мероприятий по развитию пассажирских станций;
- показана эффективность работы пассажирской станции после строительства второго уровня перронных путей на основе сформированной имитационной модели;
- предложен метод оценки социально-экономической эффективности внедрения мероприятий по реконструкции пассажирских станций.



**Практическая ценность исследования:**

- разработан комплекс мероприятий по развитию пассажирских станций в условиях развития городской инфраструктуры;
- предложена увязка составов пассажирских поездов разных назначений в общий оборот с целью сокращения потребного числа путей на пассажирской станции;
- разработан алгоритм расчета пропускной способности пассажирской станции методом имитационного моделирования, а также на его основе имитационная модель работы пассажирской станции, позволяющая определить «узкие» места в ее работе;
- сформирована имитационная модель пассажирской станции после строительства второго уровня перронных путей.

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы проектными и научными организациями для развития пассажирских и пассажирских технических станций, а также ОАО «РЖД» в части применения мероприятий по оптимизации технологии работы пассажирских станций.

Наибольшее значение приобрели вопросы перспективы развития пассажирских станций в условиях роста городских агломераций. Крупные железнодорожные узлы мегаполисов на ключевых пассажирских направлениях с отсутствием возможности развития железнодорожной инфраструктуры являются основным объектом данного исследования.

## **1. РАЗВИТИЕ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ И НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИХ ТЕХНИЧЕСКОМУ ОСНАЩЕНИЮ**

### **1.1. Обзор возникновения пассажирских станций и вокзалов**

На первых железных дорогах России пассажирские станции, как самостоятельные, не создавались. Строились совмещённые станции для обслуживания пассажирского и грузового движения. Это связано с небольшими размерами пассажирских и грузовых перевозок того времени. Но по мере роста размеров движения, возникла необходимость разделения станций для обслуживания пассажирских и грузовых перевозок [78].

Дальнейший рост размеров пассажирского движения вызвал образование обособленных пассажирских станций.

В крупных городах, где имелось несколько входящих в город частных дорог, каждая из них стремилась иметь свою пассажирскую станцию. Примерами могут служить наличие в Москве трёх рядом расположенных станций (Москва-Пассажирская Октябрьская, Москва-Пассажирская-Ярославская, Москва-Пассажирская-Казанская), двух в Санкт-Петербурге (Санкт-Петербург-Балтийский, Санкт-Петербург-Варшавский). В результате этого в больших городах, где, как правило, начинались и заканчивались железнодорожные линии, пассажирские станции проектировались тупикового типа [38, 78].

Ярким примером «скопления» пассажирских станций тупикового типа является Московский узел, где почти все пассажирские станции являются тупиковыми. Все пассажирские станции Московского железнодорожного узла основывались в период середины XIX, начала XX веков:

- Москва-Пассажирская Октябрьская – 1849 г.
- Москва-Пассажирская-Ярославская – 1862 г.
- Москва-Пассажирская-Казанская - 1864 г.
- Москва-Пассажирская-Киевская - 1918 г.
- Москва-Пассажирская-Павелецкая – 1900 г.
- Москва-Пассажирская-Курская – 1896 г.
- Москва-Пассажирская-Смоленская – 1870 г.

- Москва-Пассажирская-Рижская – 1897 г.

-Москва-Бутырская – 1902 г.

В этот период площадь города была около 150 км<sup>2</sup>. На карте Москвы 1900 года (рисунок 1.1) изображены места возникновения крупнейших пассажирских станций (которые сейчас отнесены к внеклассным). Из неё видно, что станции строились за чертой города или на его окраинах. Тогда не возникало проблем с территорией для строительства, станции конструировали с учётом роста пассажиропотока, но на такую далёкую перспективу, чтобы станции справлялись с пассажирооборотом в XXI веке, речи не велось, т.к. это требовало колоссальных денежных затрат.

Прилегающие к станции районы стремительно заселялись и застраивались, вблизи станции появлялись торговые ряды, различные общественные заведения. К середине XX века территории, на которых располагались станции уже входили в состав города, а в начале XXI века они стали центральными районами. В результате этого, пассажирские станции оказались зажаты городской инфраструктурой. Их расширение практически невозможно [78]. Особо остро эта проблема существует в Санкт-Петербурге и в Москве. Наглядным примером могут служить станции Москва-Пассажирская Октябрьская, Москва-Пассажирская-Казанская и Москва-Пассажирская-Ярославская в Москве, станции Санкт-Петербург-Главный, Санкт-Петербург-Витебский и Санкт-Петербург-Финляндский в Санкт-Петербурге. Однако очень скоро эта тенденция коснется и других крупных городов России, население которых уже свыше миллиона жителей и продолжает стремительно расти. А в таких городах как Новосибирск, Самара, Казань в результате развития городской инфраструктуры пассажирские станции уже постепенно становятся центром города.

Рост пассажирооборота требовал не только увеличения территорий, занятых станциями, но и изменения технологии работы: выделялись отдельные парки, каждый из которых предназначался для выполнения конкретных операций по обработке и технической подготовке поездов, строились дополнительные

устройства, с помощью которых можно было повысить качество обслуживания пассажиров [71].



Рисунок 1.1 - Схема Москвы и расположения пассажирских станций в 1900 г.

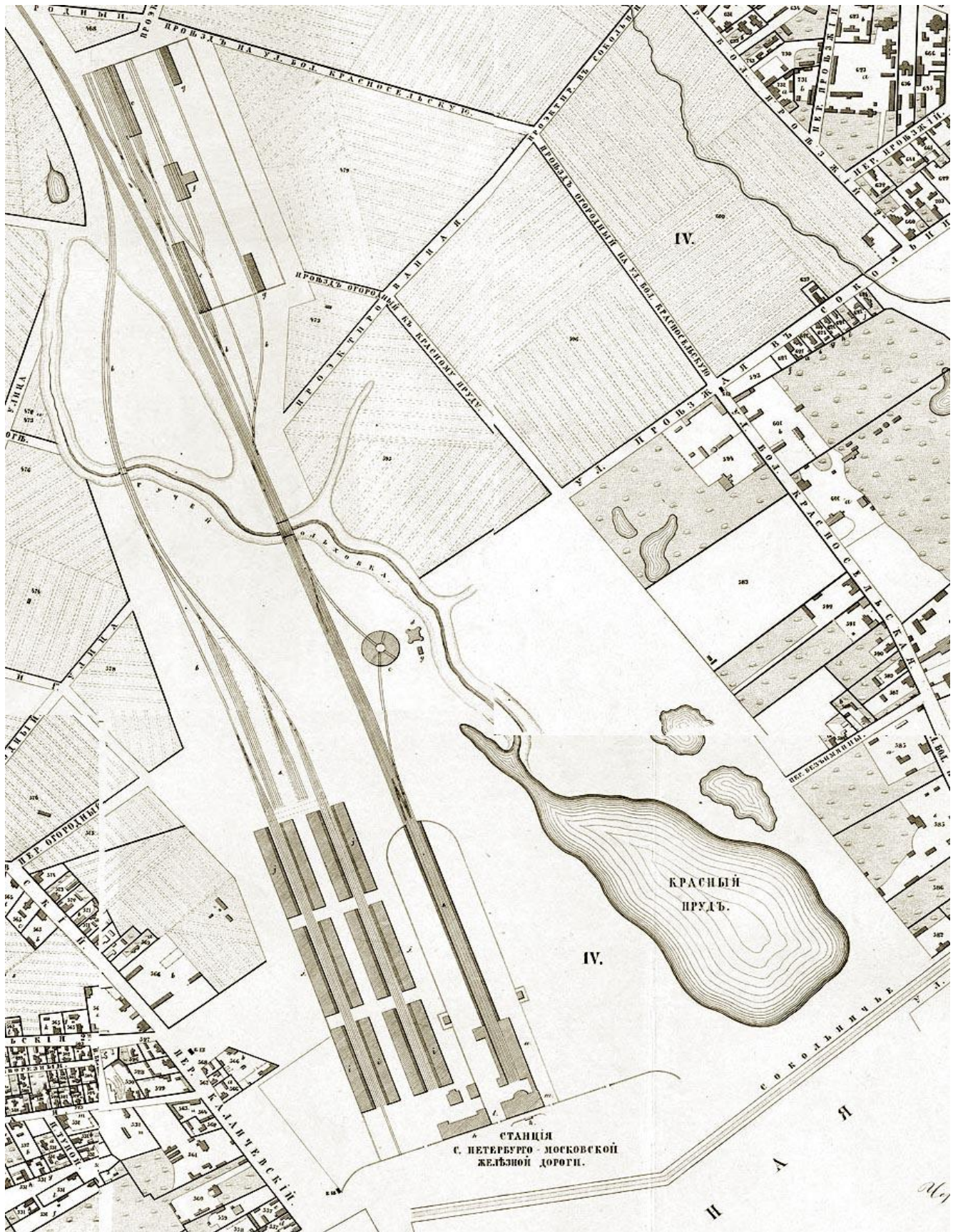


Рисунок 1.2 - Схема станции Москва-Пассажирская С.Петербургско-Московской ж.д. 1852 г. (в настоящее время Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги)

С развитием пассажирских станций развивались и железнодорожные вокзалы. Пассажирские станции и железнодорожные вокзалы до недавнего времени образования ОАО «РЖД» были единым комплексом с единой технологией работы и объединены под единое руководство. Сам термин «воксал» происходит от термина «Vauxhall» – название парка и увеселительного заведения в Лондоне, принадлежавшего в XVIII в. Джейн Вокс, которая в 1732 г. положила начало распространению общественных парков в дальнейшем по всему миру. Известно, что в России первые «вокзалы» появились в крупных столичных городах, таких как Москва и Санкт-Петербург. В Москве это Нескучный сад (ныне Парк им. М.Горького) – 1770-е гг. и «Большой Воксал» на Таганке в 1780-е (ныне Курский вокзал). В Санкт-Петербурге это были: Воксал в Нарышкинском саду, 1793; в Екатерингофе (рисунок 1.3); на даче Кулешева-Безбородко. Структурно-функциональное содержание «вокзалов» следующее: концертный зал, театр, бальный зал, рестораны, оранжереи, аттракционы, эстрадный театр. Вокзалы в Царском Селе и Павловске (рисунок 1.4) были впервые приурочены для езды по строящейся Царскосельской железной дороге, построенной в 1837 г. Таким образом, «вокзалы» становятся прототипами двух разных общественных объектов: в одном случае это культурный парк, в другом – объект транспортного назначения, где «воксал» теряет свое изначальное значение и включает теперь железнодорожную станцию, появляются «вокзалы». Общественный объект приобретает транспортную функцию, которая впоследствии становится доминирующей [9,31].



Рисунок 1.3-Воксал в Екатерингофе,1824



Рисунок 1.4 - Павловский вокзал, С.-Петербург, 1836 г.

Архитектурное решение складывается из стилистических особенностей эпохи. Московские железнодорожные вокзалы, построенные в начале XX в., представляют собой монументальные здания с выразительным архитектурно-декоративным оформлением. К примеру, Ярославский вокзал в Москве (арх. Ф. Шехтель, 1902-04 гг.) внешне подобен театральной декорации в стиле русского модерна. Железнодорожный вокзал, таким образом, унаследовал праздничность театрального здания и развлекательность «воксального» заведения, изменив функциональное значение «воксала» прошлой эпохи в декоративное предназначение в современном «вокзале». Вокзал представляет собой монументальное 3-этажное сооружение с большими световыми объемами общественных пространств вестибюлей и залов ожидания (рисунок 1.5). Интересен Варшавский вокзал в Санкт-Петербурге (1851–1853 гг., К.А. Скаржинский, Н.Л. Бенуа). При здании вокзала появлялись со временем помещения для различных железнодорожных служб, каменные дома для служащих вокзала, пакгаузы и депо с платформами для въезда экипажей пассажиров. Таким образом, комплексность была «генетической» чертой организации следующих типов вокзалов (рисунок 1.6).



Рисунок 1.5 - Ярославский вокзал, Москва



Рисунок 1.6 - Варшавский вокзал, С.-Петербург

В XX в. задачи создания максимальных удобств для пассажиров, требования технической и экономической целесообразности привели к созданию объединённых вокзалов (вокзальных комплексов) для обслуживания пассажиров,

совершающих пересадки с одного вида транспорта на другой в одном вокзальном комплексе. Вокзалы объединялись с другими типами вокзалов («авто», ж/д, «аэро»), либо с общественными комплексами (гостиницы, торговые центры, почтамты, рестораны). Вокзалы, объединенные разными типами транспорта, имели разную структуру: от взаимосвязанного размещения вокзалов рядом до их блокирования или полного объединения всех основных пассажирских помещений в одном объёме, с использованием пассажирами различных видов транспорта, общей системой широкой сферы обслуживания: операционных залов, залов ожидания, кафе, ресторанов, справочных, почты, телеграфа, камер хранения. Примером такого типа вокзала может быть Павелецкий вокзал в Москве, построенный в 1900-х гг. и реконструированный позже в пассажирский терминал со станцией метро и линиями аэроэкспрессов в аэропорт Домодедово. В 1896г. построен Курский вокзал, реконструированный в 2008-09 гг. Разные уровни вокзала отданы разным типам транспорта: наземные – пригородным, транзитным и пассажирским поездам, а также автобусам, троллейбусам; подземные – линии метро. Эти два вокзала являются новым классом организации комбинированных вокзалов. Комбинирование вокзалов обуславливает необходимость решения разведения транспортных и пассажирских коммуникаций в разных уровнях с размещением тут же всех сопутствующих сфер обслуживания. Структура вокзала начинает развиваться вертикально[9,13,30,31,66].

## **1.2. Особенности схем и технологии работы пассажирских и пассажирских технических станций зарубежных железных дорог**

Анализ технологии работы крупных пассажирских станций США и европейских стран показал, что они имеют существенные различия в части размещения основных устройств для экипировки составов и специализации парков.

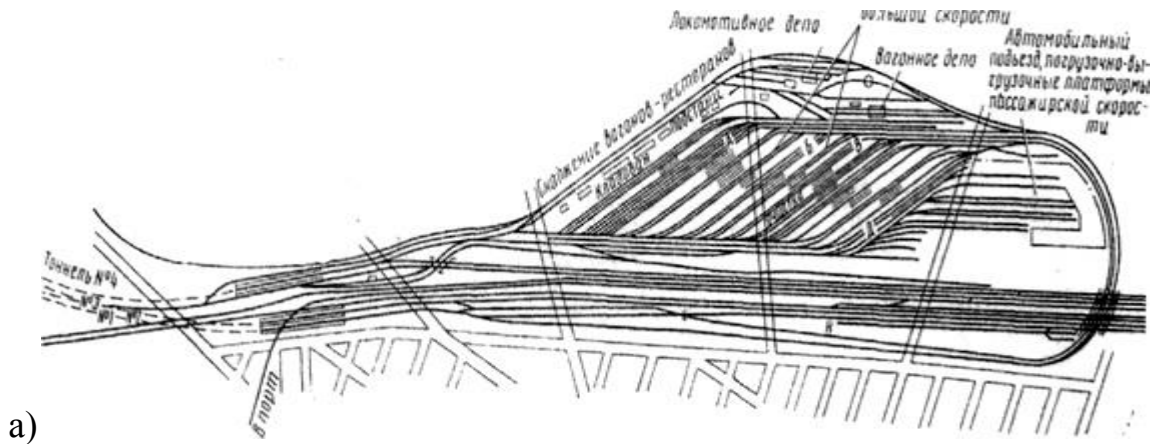


Для пассажирских технических станций США (Соннисайд, Цинцинатти, Чикаго) характерно сосредоточение всех основных операций по обработке составов в одном или двух парках. В них уложены сети водопровода, воздухопровода, энергоснабжения и канализации, между путями имеются низкие платформы или дорожки с твёрдым покрытием, по которым подвозят всё необходимое для ремонта и экипировки вагонов на автомобилях. Снаружи составы обмывают на стационарных вагонмоечных машинах [74,78].

На некоторых станциях составы, во избежание их переформирования, вызываемого переменой направления движения, поступают на ПТС по петлевому подходу. В качестве примера такой станции может служить ПТС Нью-Йоркского железнодорожного узла Соннисайд, расположенная в 7 км от пассажирской станции (рисунок 1.7) [78].

Все основные операции по обработке пассажирских составов сосредоточены в одном парке, имеющем более 60 путей. Парк разбит на отдельные группы путей, специализированные по категориям составов поездов: группа А - для экипировки и отстоя пульмановских вагонов, Б - для операций с составами, имеющими небольшую стоянку, В — для экипировки и отстоя других пассажирских составов и вагонов. Несколько путей выделено для приёма и отправления ускоренных грузовых поездов и два — для стоянки вагонов-ресторанов.

Благоприятные климатические условия позволяют обрабатывать составы на открытых путях. В связи с тем что парки оборудованы всеми необходимыми сетями, исключается перестановка составов в процессе обработки, однако требуются значительные затраты на оборудование парковых путей [67].



а)

б)



Рисунок 1.7 - Пассажирская техническая станция Соннисайд (США):

а - схема; б - внешний вид

Для многих крупных ПТС в странах Западной Европы (Англии, Франции, Германии и др.) характерно наличие нескольких парков, специализированных по операциям.

Так, например, крупная пассажирская техническая станция Урк в Парижском железнодорожном узле (рисунок 1.8) разделена на 8 парков. Парки приёма - основной и дополнительный (для составов меньшей длины) - оборудованы смотровыми канавами. В экипировочном парке (на канавах) выполняют очистку и экипировку вагонов, в том числе вагонов-ресторанов, устраняют неисправности. Во втором экипировочном парке обслуживают составы пригородных и некоторых дальних поездов [78].

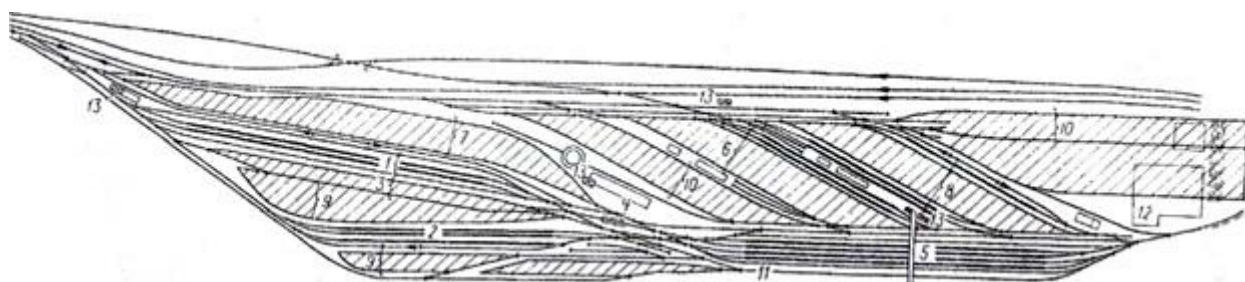


Рисунок 1.8 - Схема пассажирской технической станции Урк (Франция): 1 - парк приёма (основной); 2 - дополнительный парк приёма; 3 – парк формирования; 4 - вагономоечная машина; 5 - ремонтно-экипировочный парк (основной); 6 - дополнительный ремонтно-экипировочный парк; 7 - парк отправления; 8 – парк пригородных составов; 9 - пути стоянки резервных вагонов; 10 — пути отстоя; 11 -вытяжные пути формирования; 12 - вагонное депо; 13 - пост централизации

На железных дорогах европейских стран, с одной стороны, имеется необходимость в значительном путевом развитии станций, сооружении большого количества пассажирских обустройств, обеспечивающих экономические условия работы, с другой, — в большинстве мегаполисов отсутствует возможность для расширения пассажирских станций в связи с ограничением существующей инфраструктуры городскими зданиями, промышленной или селитебной частями города. Поэтому на некоторых железных дорогах основные устройства пассажирских станций стали переносить под землю. Примерами таких решений могут являться пассажирские станции Цюрих в Швейцарии и Монреаль в Канаде [62].

На пассажирской станции Цюрих предусматривается двухуровневое расположение путей с разграничением дальнего и пригородного потоков. При проектировании станции заложен принцип максимальной поточности и исключения враждебных маршрутов. Так как отсутствует возможность расширения привокзальной площади, предусматривается ввод автомобильной дороги, связанной с посадочными платформами, внутрь здания. Выделены специальные места для стоянок автомобильного транспорта.

В проекте реконструкции станции Цюрих все пассажирские обустройства размещены на петле, идущей вдоль центральных районов города. Чтобы создать резервы пропускной способности на каждой линии петли, организовано одностороннее движение. Значительное увеличение пропускной способности достигнуто за счет наличия на станции, кроме сквозных приемо-отправочных путей, специальных путей для обгона (два пути) и секционирования отдельных перронных путей путем разделения их специальными съездами, обеспечивающими пропуск поездов в обход занятой части пути.

Развитие станций подобным образом не следует рассматривать как типовое в связи с большой стоимостью реконструкции и необходимостью сооружения подземных устройств. Однако, в крупных мегаполисах реконструкция пассажирских станций по такому варианту во многом выгоднее, чем расширение существующих станций и снос большого количества имеющейся инфраструктуры.

Пассажирские станции реконструируются и развиваются в основном по сквозным схемам. В большинстве своем существующие тупиковые станции переустроены или переустраиваются в сквозные схемы, обеспечивающие освоение больших размеров движения, комфорт для пассажиров и лучшее взаимодействие с городским транспортом. На рисунке 1.9 изображена тупиковая пассажирская станция Цюрих, на которой 16 приемо-отправочных путей

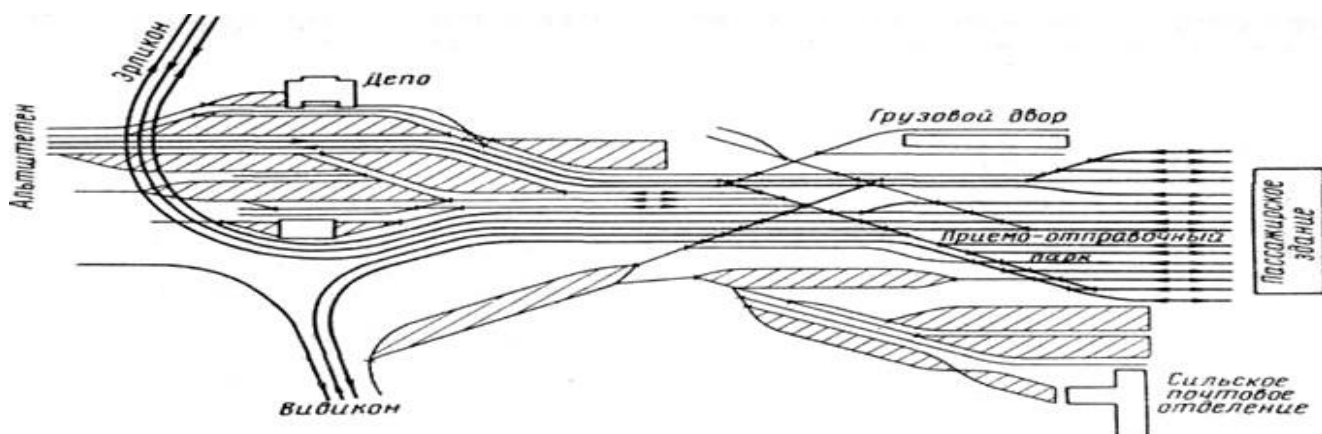


Рисунок 1.9 - Схема тупиковой станции Цюрих

длиной 300—350 м и девять посадочных платформ длиной 200 м. При рассмотрении вопроса переустройства прорабатывался вариант расширения тупиковой станции до 23 путей, удлинения пассажирских платформ до 380—420 м и увеличения пропускной способности в часы «пик» (с 6 до 8 часов утра около 120 поездов). Но даже такое путевое развитие станции недостаточно для существующего пассажиропотока (в городе проживает около 400 тыс. жителей), что вызвало необходимость переустройства станции в сквозную. Среди крупнейших пассажирских станций мира за последние годы из тупиковых в сквозные переустроены Монреаль (Канада), Гейдельберг, Брауншвейг (ФРГ), Брюссель (Бельгия) [59].

Следует также отметить, что в европейских странах, несмотря на довольно высокую стоимость земельных участков, железнодорожные компании считают необходимым и целесообразным переустраивать тупиковые станции по сквозным схемам, которые обеспечивают сокращение объема маневровых работ, упрощают и удешевляют стоимость горловин при одновременном увеличении их пропускной способности. Иностранцы считают важнейшим преимуществом сквозных схем пассажирских станций следующее: снижение массовых скоплений пассажиров при выходе на посадку, более рациональное разведение прибывающих потоков, не мешающих организации работы вокзала и привокзальных площадей. Именно по этим причинам реконструированы пассажирские станции Берн (Швейцария) и Кельн (ФРГ). На станции Берн (рисунок 1.10) новый вокзал обслуживает, кроме основного направления, узкоколейную линию Солотурн — Берн, конечная тупиковая станция которой размещается ниже уровня платформы основной станции. После реконструкции станции Кельн на некоторые пути появилась возможность одновременного приема по два поезда [70].

Большинство крупнейших железнодорожных узлов европейских стран имеют по несколько пассажирских станций, обладающих значительным запасом пропускной способности. Например, в Брюссельском

железнодорожном узле четырнадцать станций, пять из которых расположены на диаметре и обслуживают дальние, местные и пригородные поезда и девять — только пригородные. В Римском и Парижском железнодорожных узлах — десять станций, в Берлинском — семь и т. д.

Огромное внимание при реконструкции пассажирской станции уделяется созданию комфорта для пассажиров. Характерным примером могут служить пассажирские станции Брюссельского железнодорожного узла, где до реконструкции были две пассажирские станции тупикового типа — Брюссель-Северный и Брюссель-Южный (рисунок 1.11), которые не имели между собой прямой связи и находились в противоположных концах города. Для пересадки с одной станции на другую пассажиры вынуждены были пользоваться несколькими трамвайными маршрутами и западным железнодорожным полукольцом, что создавало дополнительные сложности для населения и вызывало значительное увеличение денежных затрат на транспортные средства при доставке багажа и корреспонденции. При больших внутригородских транспортных потоках и довольно узких магистралях городской транспорт не справлялся с такой перевозкой пассажиров с одного вокзала на другой.

При реконструкции были также учтены особенности взаимного расположения железной дороги и города, было принято решение о переустройстве обеих станций в сквозные и объединении их шестипутным диаметром. Количество путей на соединительных линиях было установлено по объему перспективной работы при полном разделении дальнего и пригородного движений. На соединении, которое в силу специфики города, идет на большем своем протяжении в тоннеле, дополнительно построена пассажирская станция Брюссель-Центральный, служащая остановочным пунктом для всех поездов в районе центра города. Станция Брюссель-Южный проектировалась как основная станция железнодорожного узла для обслуживания всех видов пассажирского и основной части пригородного

движения, а также для формирования местных и дальних поездов. Станция Брюссель-Северный стала нести функцию вспомогательной станции для пропуска транзитных и пригородных поездов [59].

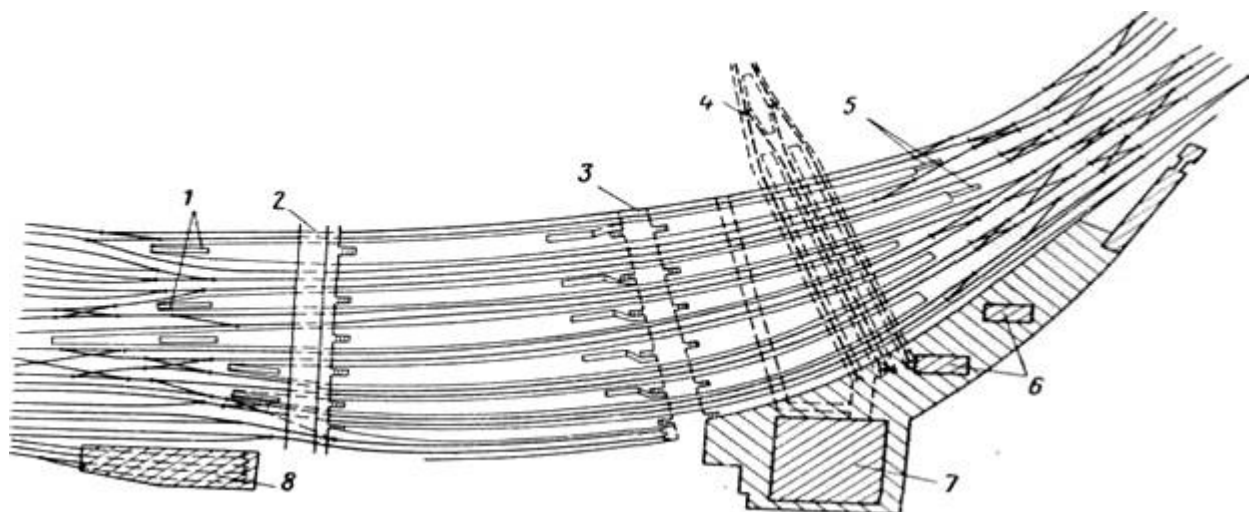


Рисунок 1.10 - Схема станции Берн:

1, 5 — пандусы багажного и почтового тоннеля; 2 — тоннель для спуска в поперечный багажный тоннель; 3 — тоннель для пассажиров; 4 — линия Солотурн-Берн; 6 — здание для багажа и экспресс-грузов; 7 — вокзал; 8 — депо почтовых вагонов

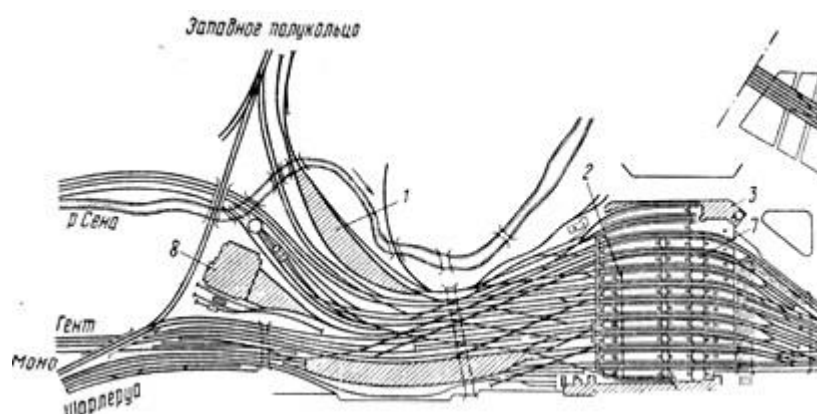


Рисунок 1.11 - Схема станции Брюссель-Южный:

1 — технический парк; 2 — тоннель для багажа; 3, 4 — главные входы; 5 — служебные здания; 6 — тоннель для приезжающих

железнодорожных пассажиров; 7 — тоннель для отъезжающих железнодорожных пассажиров; 8 — вагонное депо

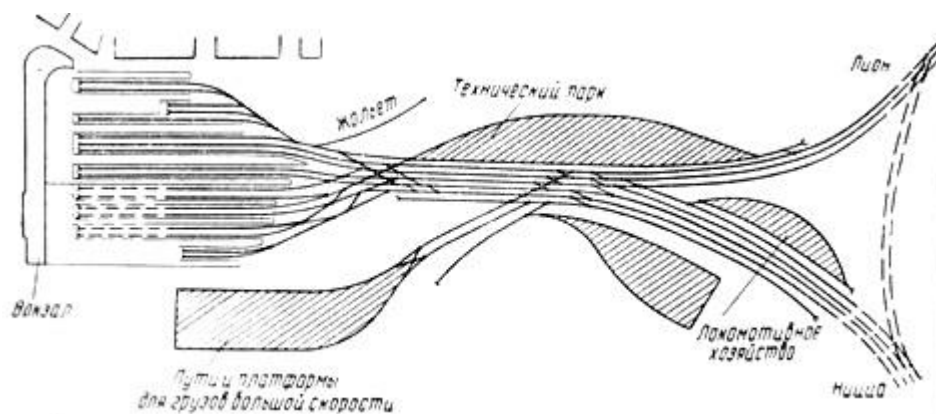


Рисунок 1.12 - Схема станции Марсель-Сен-Шарль

Некоторые станции после переустройства сохранили тупиковую схему. Например, пассажирская станция Марсель-Сен-Шарль осталась тупиковой, пропуск сквозных поездов по ней обеспечивается по специально построенному обходному пути (рисунок 1.12). Некоторые тупиковые пассажирские станции развиваются по сугубо индивидуальным не типовым схемам (станция Сан-Луи, рисунок 1.13), что объясняется высокой стоимостью земельных участков.

Схема станции вызывает значительное увеличение объема маневровой работы, связанного со сменой направления следования для большинства пассажирских поездов.

Огромный интерес представляют пассажирские станции тупикового типа Чикаго и Нью-Йорк-Центральный. На станции Чикаго тупиковые пути примыкают к станции с двух сторон. Станция Нью-Йорк-Центральный расположена под землей в разных уровнях, с разделением дальнего (верхний уровень) и пригородного движения (нижний уровень) и имеет петли, соединяющие крайние пути станции.



Оригинальное решение принято при переустройстве тупиковых пассажирских станций Вена-Южная и Вена-Восточная (рисунок 1.14), объединенных общим вокзалом, где несколько групп путей, уложенных в различных уровнях, предназначены для обслуживания поездов определенных направлений. Для формирования и экипировки составов существует объединенная пассажирская техническая станция. Станций Вена-Южная и Вена-Восточная соединены между собой специальной ветвью, которая позволяет пропускать поезда с одного направления на другое. В железнодорожном узле Новый Орлеан вместо пяти станций, входящих в мегаполис с огромным количеством взаимных пересечений улиц и обслуживающих каждая отдельное направление, спроектирована одна, которая имеет оснащенную техническую станцию. Подходы к этой новой станции расположены в разных уровнях. Такой вид реконструкции пассажирской станции железнодорожного узла объясняется резким спадом пассажиропотока на железнодорожном транспорте.

Многие пассажирские станции крупных мегаполисов имеют не совсем удачную планировку, зажатые в своем путевом развитии городской инфраструктурой. На некоторых станциях взаимное размещение технических парков произведено без учета их работы и загрузки горловин [59].

В некоторых крупных зарубежных железнодорожных узлах применяется практика специализации пассажирских станций по видам движения. В таком случае при реконструкции одна или несколько станций выделяются для дальнего и частично местного движения и одна — только для пригородного. Такое распределение поездной работы между станциями железнодорожного узла, по мнению зарубежных специалистов, позволяет более детально определять задачи, задавать размеры движения поездов для станций и иметь рациональное количество устройств, предназначенных для обслуживания пассажиров. На пригородных станциях, например, не возникает необходимости в ряде специальных помещений в зданиях вокзалов, а на станциях, обслуживающих

дальнее движение, производственные площади могут быть значительно сокращены.

Подобная специализация пассажирских станций характерна для некоторых железнодорожных узлов европейских стран. Например, после переустройства Пражского железнодорожного узла подготовка пассажирских поездов в рейс будет сосредоточена на двух станциях: Прага-Главная, обслуживающая все виды дальнего движения, и Смихов, предназначенная только для пригородного движения.

В качестве основного этапа специализации пассажирских станций на железных дорогах зарубежных стран создаются специальные районы, куда переносится пригородное движение. Для этой цели укладываются группы тупиковых путей, что практически заменяет тупиковые и сквозные схемы станций комбинированными.

При переустройстве пассажирских станций существенное внимание уделяется выбору места размещения вновь сооружаемых и реконструируемых станций. Главный принцип, закладываемый при этом, — это обеспечение города кратчайшими транспортными путями для связи железнодорожных станций с селитебной и промышленной частями города. В ряде случаев укладываются специальные железнодорожные пути в черте города. В некоторых странах такие пути прокладывают под землей.

Основной отличительной особенностью крупных пассажирских станций является наличие большого количества путей и платформ. Так, на крупнейших станциях Парижского железнодорожного узла имеется по 26—30 путей, на станции Термини (Римский железнодорожный узел) — 27 путей, Милан-Центральный — 22 пути и т. д. Средняя длина приемо-отправочных путей и посадочных платформ несколько меньше, чем на железных дорогах России. Например, на станции Брюссель-Южный полезная длина приемо-отправочных путей 400 м, а посадочных платформ — 200—300 м, на станциях Конгресс и Ля-

Шапель платформы длиной 100—200 м, что объясняется незначительным весом обращающихся поездов. Ширина пассажирских платформ различная и колеблется от 7 до 14 м [59].

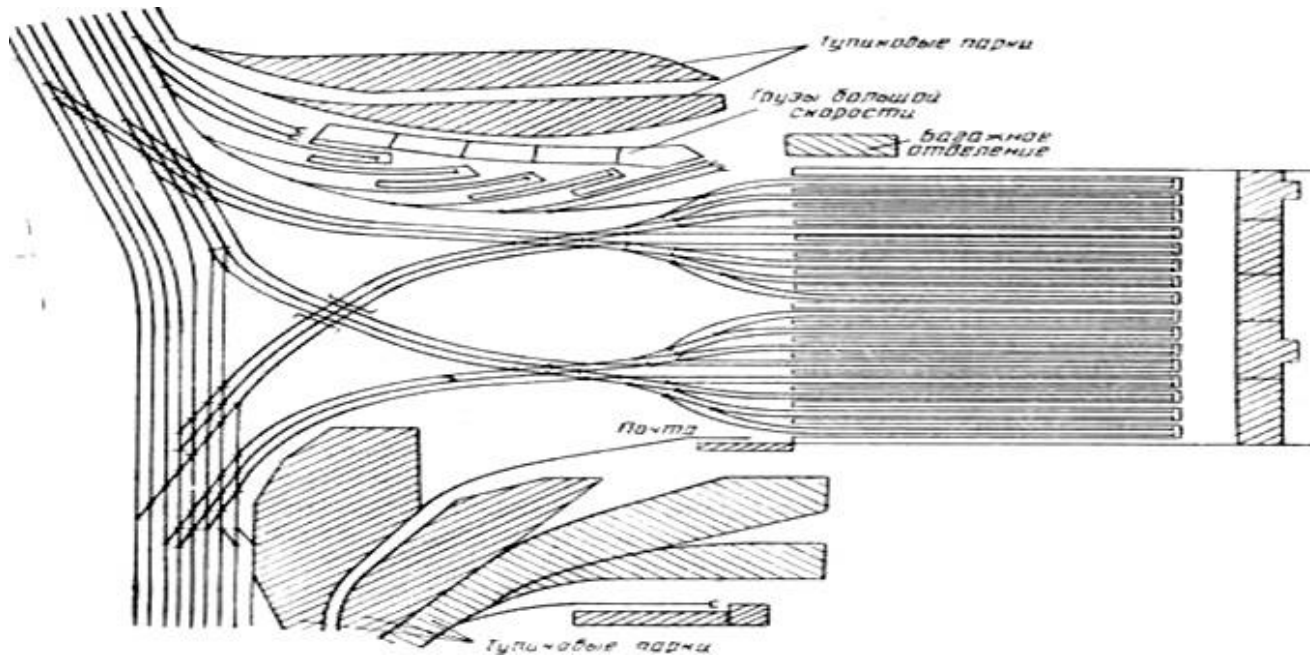


Рисунок 1.13 - Схема станции Сан-Луи

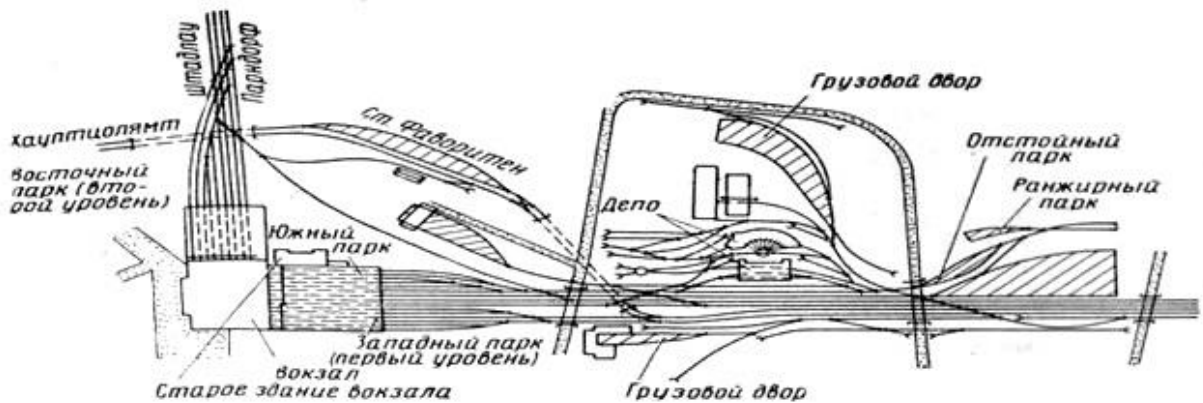


Рисунок 1.14 - Схема станций Вена-Южная и Вена-Восточная

Ремонт и экипировка вагонов производится на пассажирских технических станциях или в ранжирных парках. Крупные пассажирские технические станции имеют все необходимые пассажирские обустройства: смотровые канавы, специальные группы путей, вагономоечные машины и др. Полезная длина путей на пассажирских технических станциях различна. На станции Соннисайд (Нью-Йорк), например, она составляет 260—370 м,

на станции Цинциннати около 400 м. Междупутья на пассажирских технических станциях, как правило, бетонированы, имеют подвод сжатого воздуха, воды, пара и электричества. Ширина междупутий колеблется от 4,1 до 5,5 м.

Для пассажирских технических станций, как правило, характерны два пути их развития и реконструкции. Первый — по многопарковой схеме с сооружением крытых зданий экипировочных депо. Характерными примерами станций, переустроенными по этой схеме, являются технические станции Ланди (Франция) и Милан-Центральный (рисунок 1.15). Второй — создание технической станции, имеющей один или два парка для всех видов работ. При однопарковой схеме значительно сокращается количество маневровых передвижений. Однако для такого пути реконструкции требуются дополнительные денежные затраты на оборудование путей. По таким схемам построен ряд технических станций США (Соннисайд, Чикаго и др.) и некоторые станции Европы [78].

На некоторых железнодорожных узлах зарубежных стран пассажирские технические станции жестко специализированы. Так, в Берлинском железнодорожном узле каждая из двух пассажирских технических станций обслуживает свое направление.

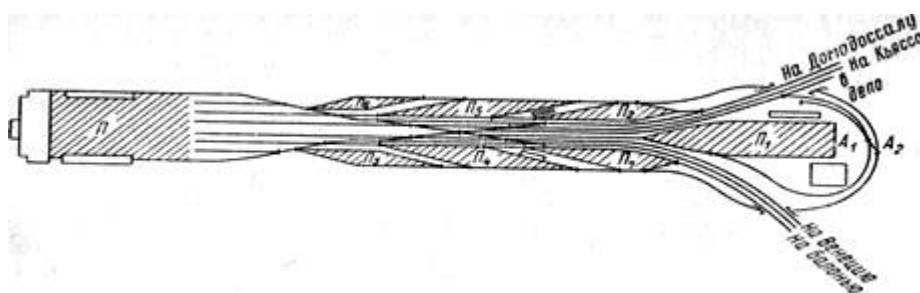


Рисунок 1.15 - Схема пассажирской станции Милан-Центральный

Большинство методологических принципов, сформулированных на основе результатов исследований размещения и развития пассажирских

устройств в России, имеют схожий характер, и их используют при решении вопросов развития транспортной системы.

### **1.3. Анализ работ по определению путевого развития и технического оснащения пассажирских станций**

Так как пассажирские поезда обращаются по «жестким» ниткам графика, то для определения количества путей на пассажирских станциях изначально рекомендовалось применять графический метод. Но, как правило, график движения поездов разрабатывается после проектирования станции, поэтому широкое применение для определения числа путей на ПТС получили аналитические методы [78].

Среди исследователей в области разработки методов расчёта числа путей на пассажирских технических станциях следует отметить П. В. Бартенева, К. Ю. Скалова, И.Е. Савченко, Л.М. Куперштоха, И.А. Елового, Н.В. Правдина, В.Т. Бушева [70,6,7,10,38,65,68,55-58]. Все формулы, предложенные ими, во многом похожи и отличаются лишь детальностью учёта отдельных факторов. Далее дана основная часть предложений вышеуказанных авторов.

Еще в 1935 г. К.Ю. Скалов [67,72] предложил общее число путей на пассажирской технической станции определять по следующей формуле:

$$m = K \cdot N, \quad (1.1)$$

где  $K$  - коэффициент потребности путей на 1 поезд, который по ТУПС-33 принимался равным 0,75-1,00 (для поездов дальнего следования);

$N$  - количество поездов в сутки.

Для многопарковых станций:

$$m = m_{np} + m_{ваг} + m_{омст}, \quad (1.2)$$

где  $m_{np}$ ,  $m_{ваг}$ ,  $m_{омст}$  - соответственно число путей в парках приёма,

экипировки (ремонта) и отстоя (отправления).

Число путей в парке приема:

$$m_{np} = \frac{(t_{np} + t_{on} + t_{выв}) \cdot N \alpha}{1440}, \quad (1.3)$$

где  $t_{np}$ ,  $t_{on}$ ,  $t_{выв}$  - среднее время занятия одного пути соответственно приёмом поезда, выполнением операций по техническому обслуживанию и переформированию и выводу состава из парка;

$\alpha$  - коэффициент запаса, учитывающий неполное использование путей (1,15 - 1,20).

Число путей в парке экипировки (ремонта):

$$m_{ваз} = \frac{N \cdot T_{ваз}}{1440} \alpha, \quad (1.4)$$

где  $T_{ваз}$  - время занятия пути парка экипировки (ремонта) с учетом ввода и вывода состава (рекомендовалось принимать равным 120-180 мин).

В интенсивный период число путей в парке приёма с учетом возникновения очереди поездов увеличится на:

$$m''_{np} = \left( \frac{r \cdot N}{T_{расч}} - n \right) T_{расч} \alpha, \quad (1.5)$$

где  $r$  - доля прибытия поездов за расчётный сгущённый период  $T_{расч}$  от суточной нормы;

$n$  - количество составов, пропускаемых через вагонный сарай за 1 ч.

Число путей обмывки, а, следовательно, и обмывочных агрегатов должно быть равно:

$$m_{обм} = \frac{T_{обм} r \cdot N}{T_{расч}} \alpha, \quad (1.6)$$

где  $T_{обм}$ - продолжительность наружной обмывки одного поезда:

$$T_{обм} = \frac{L_{сост}}{V = 2 \div 3 \text{ км/ч}}, \quad (1.7)$$

где  $L_{сост}$  - длина поезда.

Количество путей в парке отстоя:

$$m_{отст} \geq \frac{T_{отст} N}{1440} \alpha \geq KN - (m_{пр} + m_{ваз}), \quad (1.8)$$

где  $T_{отст}$  - время занятия пути отстоя с учетом ввода и вывода состава.

Формула (1.1) для определения общего количества парковых путей на пассажирской технической станции применялась до конца 40-х гг. XXв.

Коэффициент  $K$  в этой формуле обычно задавался, исходя из приблизительного среднесетевого простоя составов, и представлял собой постоянную величину, не зависящую от размеров движения. К.Ю. Скалов в 1935 г. рекомендовал  $K = 0,75-1,00$  [72]; П.В. Бартенев в 1945 г. [7] - для дальних поездов  $K_d = 0,75$ , для местных поездов  $K_m = 0,60$ , для пригородных поездов  $K_{пр} = 0,20$ .

Исследования Л.М. Куперштоха, которые легли в основу его кандидатской диссертации [39,67], показали, что общее число путей на пассажирской технической станции проще всего определять по формуле:

$$m = m_{осн} + m_{доп}, \quad (1.9)$$

где  $m_{осн} = K_{ср} N$  - количество путей в техническом парке, необходимое для всех операций с составами при однопарковой схеме без перестановки составов;

$m_{доп}$  - дополнительное количество путей, которое потребуется в связи с необходимостью производства маневровых передвижениями по перестановке составов;

$K_{ср}$  - средний коэффициент потребности путей на один поезд, определяемый по формуле:

$$K_{\text{ср}} = \frac{N_{\text{д}} K_{\text{д}} + N_{\text{м}} K_{\text{м}} + N_{\text{пр}} K_{\text{пр}}}{N}, \quad (1.10)$$

где  $N_{\text{д}}, N_{\text{м}}, N_{\text{пр}}$  - количество соответственно дальних, местных и пригородных поездов,  $N = N_{\text{д}} + N_{\text{м}} + N_{\text{пр}}$

Коэффициент потребности путей на один поезд определяется из выражения:

$$K = \frac{t_{\text{зан}}}{24}, \quad (1.11)$$

где  $t_{\text{зан}}$  - время нахождения определенной категории поезда на пассажирской технической станции, складывающееся из времени выполнения технологических операций  $t_{\text{он}}$ , времени на прием и отправление (перестановку) состава  $t_{\text{пер}}$  и времени ожидания отправления по графику  $t_{\text{ожгр}}$ .

Коэффициент потребности путей на один поезд предложено определять по формулам [26]:

$$K_{\text{д}} = K_{\text{о}}^{\text{д}} + \frac{1}{\sqrt{N}}, \quad \text{где} \quad K_{\text{о}}^{\text{д}} = \frac{t_{\text{оп}}^{\text{д}}}{1440};$$

$$K_{\text{м}} = K_{\text{о}}^{\text{м}} + \frac{0,75}{\sqrt{N}}, \quad \text{где} \quad K_{\text{о}}^{\text{м}} = \frac{t_{\text{оп}}^{\text{м}}}{1440}; \quad (1.12, 1.13)$$

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{о}}^{\text{пр}} + \frac{0,25}{\sqrt{N}}, \quad \text{где} \quad K_{\text{о}}^{\text{пр}} = \frac{t_{\text{оп}}^{\text{пр}}}{1440}; \quad (1.14)$$

Индексы "д", "м" и "пр" означают «дальних», «местных» и «пригородных». На многопарковых станциях число путей в парке приема рекомендуется определять по формуле:

$$m_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{зан}}^{\text{пр}}}{t_{\text{инт}}}, \quad (1.15)$$

где  $t_{\text{зан}}^{\text{пр}}$  - расчетное время занятия пути приема одним поездом;



$t_{инт}$  - интервал поступления составов с пассажирской станции.

В ремонтно-экипировочном парке число путей определяется следующим образом:

$$m_{эк} = \frac{N_{эк} \cdot t_{зан}^{эк}}{T_{эк}}, \quad (1.16)$$

где  $t_{зан}^{эк}$  - среднее время занятия пути ремонтом и экипировкой составов;

$T_{эк}$  - время работы экипировочного парка в сутки.

В последнем учебнике П.В. Бартенева [6,67] общее число путей в техническом парке или на пассажирской технической станции для стоянки составов дальних и местных пассажирских поездов под отдельными операциями рекомендуется определять по формуле:

$$m_{об} \geq \frac{N_d t_d + N_m t_m}{1440\alpha}, \quad (1.17)$$

где  $N_d, N_m$  - число дальних и местных поездов;

$t_d, t_m$  - средняя продолжительность нахождения по обороту на технической станции составов соответственно дальних и местных поездов, считая от момента приема состава с пассажирской станции до момента подачи этого состава под посадку после обработки.

$\alpha$  - коэффициент, учитывающий неравномерность поступления составов,  $\alpha = 0,8 - 0,9$ .

На многопарковой пассажирской технической станции общее число путей  $m_{об}$  распределяется между отдельными парками: приема (переформирования), ремонта и экипировки, стоянки готовых составов под операциями по приему их пассажирской службой и проводниками, а также в ожидании подачи под посадку на перронные пути.

При этом для ориентировочного определения числа путей в отдельных парках пассажирской технической станции автор рекомендует следующие формулы.

1. В парке приема составов:

$$m_1 = \frac{t_{го}}{t_{ин}} + 1, \quad (1.18)$$

где  $t_{го}$  - продолжительность занятия пути одним поездом, включая время на формирование и ожидание, принимаемые по технологическому процессу;

$t_{ин}$  - интервал поступления составов в парк в интенсивные часы;

+1 - ходовой путь для локомотивов.

2. В парке отстоя поездов после переформирования в ожидании подачи в ремонтно-экипировочное депо:

$$m_2 = \frac{t_{эк}}{m_3 t_{го}}, \quad (1.19)$$

где  $t_{эк}$  - продолжительность занятия ремонтно-экипировочного депо одним составом;

$m_3$  - количество путей в ремонтно-экипировочном депо и количество поездов, которые могут там одновременно находиться;

$t_{го}$  - продолжительность операций с одним составом в парке грубой очистки.

3. В ремонтно-экипировочном депо (ремонтно-экипировочные пути):

$$m_3 = \frac{N_э t_э}{T_э \alpha}, \quad (1.20)$$

где  $N_э$  - количество составов, требующих экипировки в течение суток;

$t_э$  - время занятия пути одним составом;

$T_э$  - расчетное время работы ремонтно-экипировочного депо.

4. Число путей в парке отстоя готовых составов в ожидании подачи их на перронные пути под посадку:

$$m_4 = m_{об} - (m_1 + m_2 + m_3), \quad (1.21)$$

5. Число путей в парке отстоя отдельных групп вагонов (резерв, неисправные, багажные, почтовые и др.)  $m_5$  рассчитывается ориентировочно, исходя из обеспечения стоянки на этих путях 10% приписного парка пассажирских вагонов.

6. Кроме перечисленных выше путей на технических станциях формирования поездов рекомендовано предусматривать пути для составов пассажирских поездов, поступающих в отстой при уменьшении размеров пассажирского движения в отдельные периоды.

Число таких путей может быть определено по формуле:

$$m_6 = \sum Nn, \quad (1.22)$$

где  $n$  - число пар пассажирских поездов, снимаемых с графика движения по отдельным направлениям в периоды спада пассажиропотока;

$N$  - число пассажирских составов, обслуживающих одну пару поездов, определяемое по обороту.

Из-за большой неравномерности движения поездов по времени суток путевые устройства пассажирской станции П.В. Бартенев рекомендует проверять графическим методом.

Еще один известный специалист по проектированию пассажирских станций И.Е. Савченко предлагает использовать аналитические формулы для приближенного расчета путевого развития пассажирских технических станций в несколько измененном виде [67,72].

Для небольших и средних технических станций общее число путей рекомендуется определять по формуле:

$$m_{об} = \frac{\sum N(t_{об} - t_{перр})}{1440} K_n, \quad (1.23)$$

где  $N$  - число прибывающих конечных поездов (в отдельности дальних и местных);

$t_{об}$  - среднее время оборота составов от прибытия до отправления (отдельно по категориям);

$t_{\text{перр}}$  - время нахождения состава на перронных путях по прибытии и перед отправлением (при удаленном расположении технической станции включается также время хода от пассажирской до технической станции и обратно);

$K_n$  - коэффициент неравномерности прибытия поездов.

Если пассажирская техническая станция имеет ремонтно-экипировочное депо (далее - РЭД), то число путей в нем рекомендуется определять отдельно по формуле:

$$m_{\text{ЭК}} = \frac{(t_{\text{ВВ}} + t_{\text{ЭК}} + t_{\text{ВЫВ}})N_{\text{ЭК}}}{T}, \quad (1.24)$$

где  $t_{\text{в в}}$ ,  $t_{\text{в ы в}}$  - время занятия путей депо при вводе и выводе составов;

$t_{\text{э к}}$  - время операций в РЭД;

$T$  - продолжительность работы депо в сутки в зависимости от неравномерности поступления составов;

$N_{\text{э к}}$  - число экипируемых составов в сутки.

Тогда число путей в основном парке приема-отправления составит:

$$m_{\text{по}} = m_{\text{об}} - m_{\text{ЭК}}, \quad (1.25)$$

Так же по этой формуле может определяться число путей и в случае раздельно расположенных парков приема и отправления, пути которых взаимозаменяемы.

Для крупных пассажирских станций, на которых при наличии РЭД парки приема и отправления расположены в разных местах, число путей в этих парках следует рассчитывать отдельно с учетом того, что в одни часы суток будут скапливаться составы, и потребуется большее количество путей в парке приема, а в другие - в парке отправления.

В этом случае число путей в парке приема рассчитывается по интервалу поступления поездов:

$$m_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{пр}} + t_{\text{оп}} + t_{\text{ВЫВ}}}{I_{\text{пр}}}, \quad (1.26)$$

где  $t_{\text{н п}}$  - время приема состава с пассажирской станции;

$t_{on}$  - продолжительность операций в парке приема, включая переформирование;

$t_{выв}$  - время вывода составов из парка приема в РЭД;

$I_{п}$  - интервал поступления поездов в парк приема в период их интенсивного прибытия.

Число путей в парке отправления, расположенном отдельно, определяется по интервалу вывода составов из РЭД в этот парк (этот интервал одинаков с интервалом поступления составов в РЭД):

$$m_o = \frac{t_{об} - (t_{непр} + t_{пр} + t_{он} + t_{вс} + t_{эк})}{I_{выв}} \quad (1.27)$$

Позже И.Е. Савченко в своей монографии [70] дополнил общее время занятия путей в парках временем ожидания вывода, что повысило точность получаемых результатов.

И.Е. Савченко рекомендует после проведения аналитических расчетов делать графическую проверку на основе предполагаемых размеров движения, а также графика прибытия и отправления поездов на расчетный срок.

В монографии под редакцией Н.В. Правдина [59,67] способ расчета путевого развития пассажирских технических станций аналитическим методом практически не отличается от способов, изложенных выше.

Общее число неспециализированных путей технического парка или станции при сравнительно равномерном прибытии рекомендуется определять по формуле:

$$m_{тех} = \frac{\sum n_{тех} t_{зан}^{тех}}{1440 - t_{пост}^{тех}}, \quad (1.28)$$

где  $n_{тех}$  - число составов всех категорий поездов, прибывающих на пути технического парка или станции;

$t_{зан}^{тех}$  - время нахождения составов на путях технической станции (парка) по обороту, считая от момента приема состава с пассажирской станции до момента

подачи этого состава под посадку после обработки его на путях технической станции с учетом времени на приготовление маршрутов приема и подачи;

$t_{пост}^{mex}$  - продолжительность занятия каждого пути операциями, не связанными с приемом пассажирских составов (очистка междупутий от мусора, подвоз запчастей и т.д.).

При большом объеме работы количество путей в парках пассажирской технической станции автор рекомендует определять с учетом коэффициента использования путей, который «принимается в каждом конкретном случае в зависимости от графика движения пассажирских поездов и технологии их обработки на путях станции».

Число путей в парке приема (грубой очистки) рекомендуется определять по известной формуле:

$$m_{п} = \frac{t_{зан}^{го}}{t_{ин}} + 1, \quad (1.29)$$

где  $t_{зан}^{го}$  - время занятия пути составом соответствующей категории, которое определяется как сумма времени на прием состава, выполнения технических операций и времени на переформирование и уборку состава из этого парка;

$t_{ин}$  - интервал поступления составов в парк за интенсивный час;

+1 - ходовой путь для локомотива;

Число путей в РЭД рекомендуется определять по формуле:

$$m_{э} = \frac{t_{зан}^{э} N_{э}}{T \cdot a}, \quad (1.30)$$

где  $t_{зан}^{э}$  - время нахождения состава на ремонтно-экипировочных путях с учетом времени на подачу и вывод состава;

$N_{э}$  - число составов, требующих экипировки в течение суток;

$T$  - продолжительность работы одной смены в часах;

$a$  - число рабочих смен за сутки.

Число путей в парке отстоя (отправления) можно определить как разность:

$$m_o = m_{\text{тех}} - (m_{\text{п}} + m_{\text{з}}), \quad (1.31)$$

Количество путей для отстоя составов в периоды спада размеров движения рекомендуется определять по формуле (1.22), предложенной в учебнике П.В. Бартенева.

Вышеприведенные формулы по аналитическому методу расчета путевого развития пассажирских технических станций по своему назначению и смыслу схожи, отличаются лишь наличием и способом учета неравномерности подхода составов. Обобщенный опыт расчета пропускной способности станций аналитическим методом с учетом его практического применения представлен в «Инструкции по расчету наличной пропускной способности железных дорог» [49].

Тем не менее, общие аналитические формулы по расчету пропускной способности не могут учесть все местные условия конкретной станции (взаимодействие различных систем станции, приоритет поездов в зависимости от категории, неравномерность продолжительности занятия поездами систем станции, негабаритные стыки, задание маршрутов до запрещающих светофоров, требования при пропуске высокоскоростных поездов и т.д.). В условиях развития технических средств, внедрения передовых технологий, изменения нормативно-правовой базы погрешность использования существующих методов расчета пропускной способности аналитическими формулами становится все большей. Детальный анализ вышесказанного приведен в разделе 3. Требуется принципиально новый подход для определения пропускной способности пассажирских станций.

Среди исследований, посвященных пассажирским техническим станциям, следует также отметить работы В.А. Федорова [105], выполненные во ВНИИЖТе и заложенные в основу Норм технологического проектирования пассажирских

технических станций с устройствами вагонного хозяйства для обмывки и экипировки пассажирских составов, утвержденных МПС СССР в 1967 г.

Наиболее широко и системно проблемы проектирования пассажирских и пассажирских технических станций исследованы в трудах МИИТа. В первую очередь здесь следует отметить работы И.Е. Савченко, посвященные теории проектирования пассажирских и пассажирских технических станций. Автором помимо расчетов путевого развития и разработки большого количества принципиальных схем был предложен специальный комплексный метод расчета загрузки пропускной способности горловин [68]. Исследования Ф.П. Кочнева, В.Г. Шубко, Ю.О. Пазойского и П.В.Голубева касались в основном технологических аспектов работы этих станций [18, 37,110,115, 67].

Среди работ, посвященных проектированию и этапному переустройству железнодорожных станций и узлов, следует отметить труды Числова О.Н. (РГУПС). Автором предложена новая методология рационального проектирования и размещения элементов железнодорожных промышленных транспортно-технологических систем [108].

Огромное внимание изучению проблем расчета и проектирования пассажирских технических станций уделено в исследованиях БелИИЖТа под общим руководством Н.В. Правдина [59-62]. Особо надо отметить исследования по вопросам проектирования пассажирских технических станций В.Г. Бушева [10]. Помимо метода расчета путевого развития пассажирских технических станций при удаленном расположении их от перронных путей он установил сферы целесообразности применения различных схем станций. Автором было предложено проектирование базы межсезонного отстоя пассажирских составов практически по тем же схемам, что и пассажирских технических станций и с тем же набором пассажирских обустройств, включающим РЭД, вагономоечную машину. Это предложение в современных условиях представляется невозможным, поскольку даже для обслуживания поездов ежедневного обращения соответствующих пассажирских обустройств во многих узлах нет. Кроме того, заслуживает дальнейшего продвижения и развития предложенная



В.Г. Бушевым методика размещения парка резервных пассажирских вагонов на сети железных дорог России [67].

И.Н. Шапкиным в МИИТе в начале 1980-х годов впервые был выполнен комплекс исследований по пассажирским техническим станциям на основе новых математических методов [67,109-110]. Им была разработана статистическая имитационная модель пассажирской технической станции, позволяющая анализировать ее работу с учетом схемы путевого развития. На основе теории чувствительности автором была разработана методика планирования работ по увеличению технического оснащения пассажирских станций, а также оптимизации технологического цикла и структуры работы этих станций.

Среди других исследований, посвященных проблеме развития пассажирских технических станций, особого внимания заслуживает диссертационная работа С.П. Вакуленко, посвященная оптимизации параметров этих станций [11,12,67]. В ней автором предложена методика определения степени заполнения путевого развития пассажирской технической станции вагонным парком, разработана модель процесса насыщения путей вагонами. На основе этой модели создана теория технико-экономического обоснования рациональных схем и емкости путевого развития пассажирских технических станций.

Также следует отметить исследователей ПГУПС А. В. Сугоровского и М.В. Четчуева [78, 107]. В своих работах авторами предложены методики для оптимизации этапности развития пассажирских технических станций и горловин железнодорожных станций.

Что же касается реконструкции пассажирских станций, то основные ее направления представлены Н.В. Правдиным [59]. На основе анализа схем пассажирских станций, условий их работы и изучения проектных материалов можно выделить три основных направления реконструкции станций:

- реконструкция и переустройство отдельных элементов пассажирских станций без изменения их принципиальной схемы;

- реконструкция станции с изменением схемы;
- полная реконструкция пассажирских устройств с выносом станции на новую площадку.

Реконструкция отдельных элементов станций необходима при добавлении числа путей, переустройстве горловин, сооружении или реконструкции багажных или пассажирских тоннелей, платформ, переходных мостиков, устройств багажа, почты, технических парков и может быть выполнена за счет перепланировки станционной территории (Калинин, Владимир и т. д.), использования имеющихся вблизи путей отстоя и локомотивных депо (Одесса) или расширения территории станции за счет города. При реконструкции улучшается схема пассажирской станции, сокращается число враждебных пересечений и изменяется схема пропуска грузовых поездов. К основным причинам, вызывающим частичную реконструкцию отдельных устройств, относятся увеличение количества обращающихся поездов и объема работы с багажом и почтой, введение электрической тяги, необходимость установки опор контактной сети, а также увеличение расчетной длины поездов [1,4,5,24-26].

При реконструкции пассажирской станции необходимо изменять схему в случаях, когда:

- резко увеличивается одностороннее пригородное движение;
- увеличиваются общие размеры движения поездов, а пропускная способность перронных путей и отдельных элементов станции недостаточна;
- схема станции не соответствует заданному объему работы;
- большие транзитные потоки (для тупиковых схем).

Если пассажирские устройства имеют недостаточное развитие и располагаются совместно с устройствами для грузового движения, то при реконструкции обычно пассажирскую станцию выносят на новую площадку

[28,29]. Это характерно, в основном, для объединенных станций, устройства на которых не соответствуют заданным размерам движения. После такой реконструкции создаются только проходные схемы станций.

Переустройство отдельных элементов станций, частичная и полная реконструкция с выносом станций на новую площадку и создание новых специализированных станций вместо существующих объединенных (Куйбышев, Волгоград, Свердловск, Новосибирск и др.) должно приводить к типизации схем, обеспечивающей возможность автоматизировать процессы.

Выбор решения зависит от размеров города и направления его развития застройки территории около станции зданиями и сооружениями, наличия свободной площадки для размещения новой станции при хорошей связи с промышленными и жилыми районами, уровнем подходов и привокзальных площадей, загрузки площадей и улиц.

Причина дальнейшего развития пассажирской станции – это дефицит ее пропускной способности. Строительство вторых, третьих и четвертых путей чрезвычайно сложно, а пассажиропотоки с каждым годом растут, увеличиваются размеры движения пассажирских поездов. Во многих случаях эта проблема решается повышением вместимости каждого поезда, увеличением длины пассажирского поезда. В настоящее время вместо 13—14 вагонов в поезде находятся 17—18. На особо напряженных направлениях длину поездов желательно повысить до 20—22 вагонов. Однако недостаточная длина путей на пассажирских и технических станциях также не позволяет решить этот вопрос. Целесообразно удлинять пути на целом направлении. Например, Москва — Ростов — Адлер. Чтобы дать рекомендации для существующих линий необходимы дополнительные исследования этой проблемы [61].

В крупных железнодорожных узлах большие колебания пассажиропотока в течение суток, поэтому экономически выгодно использовать в разные часы суток электропоезда с различным числом вагонов в составе. Это резко повысит

населенность поездов и, следовательно, снизит эксплуатационные расходы. Однако, при этом необходимы специальные дополнительные пути на пассажирских (технических) и зонных станциях для отстоя составов или секций в периоды спада пассажиропотоков. Этот очень важный вопрос требует специального экономического исследования и изучения технических возможностей его разрешения.

Подводя итоги выполненного анализа, можно отметить, что вопросы расчетов путевого развития и других устройств пассажирских и пассажирских технических станций аналитическим методом широко исследованы и используются при расчетах. В практике проектирования в настоящее время основное применение нашел метод имитационного моделирования работы станционных комплексов, который в отличие от аналитических методов, позволяет учитывать не только объемы выполняемой работы, но и взаимодействие отдельных элементов и устройств станции [67]. Учитывая большие трудности дальнейшего развития станций или сооружения новых станций в городах на новых площадках из-за отсутствия свободных территорий, следует смелее рассматривать варианты размещения станций под землей и на эстакадах. Такие станции максимально приближены к центральным районам города, на них легко разделяются дальние, местные и пригородные пассажиропотоки и багажные потоки.

## **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1**

1. Обзор литературных источников, посвященных возникновению, развитию и современному состоянию пассажирских станций показал, что в крупных городах, где, как правило, начинались и заканчивались железнодорожные линии, пассажирские станции проектировались тупикового типа. По мере заселения и застройки районов вблизи железнодорожных вокзалов пассажирские станции оказались зажаты городской инфраструктурой, что

вызывает трудности при необходимости увеличения пропускной способности станций.

2. Вокзалы изначально носили характер увеселительных заведений и включали в себя: театр, бальный зал, концертный зал, оранжереи, рестораны, аттракционы, эстрадный театр. По мере строительства железной дороги вокзалы потеряли свое изначальное значение и приобрели транспортную функцию, которая впоследствии стала доминирующей.

3. Анализ зарубежного опыта обработки пассажирских поездов в пунктах формирования и оборота свидетельствует о наличии двух основных подходов. Первый из них нашел применение в США и характеризуется тяготением к концентрации всех пассажирских обустройств на одних и тех же путях, что исключает перестановку составов в процессе их обработки. Второй же подход нашел применение в Европе и предусматривает создание специализированных парков для выполнения отдельных операций с составами. Этот второй подход характерен и более приемлем для железных дорог России, поскольку обеспечивает экономию средств от глобальной реконструкции пассажирских станций крупных городов с учетом их зажатости городской инфраструктурой, хотя и вызывает необходимость маневров по перестановке составов. Кроме того, зарубежный опыт показывает эффективность размещения станционных путей в разных уровнях с разделением пассажиропотоков дальнего и пригородного сообщений.

4. Анализ теоретических исследований и предложений различных авторов показал детальную проработку вопросов аналитического расчета путевого развития пассажирских и технического оснащения пассажирских технических станций. Что же касается задачи внедрения мероприятий по развитию пассажирских станций в целом, то в прямой постановке исследований по данному вопросу не встречалось. Исследования проводились только в части развития пассажирских технических станций и технических парков.

## **2. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ РАБОТЫ. МЕРОПРИЯТИЯ ПО РАЗВИТИЮ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ**

### **2.1. Недостатки в техническом и технологическом развитии пассажирских станций**

На сети железных дорог России в настоящее время насчитывается 51 пассажирская и 3 пассажирских технических станции, 15 из которых относятся к двум самым крупным железнодорожным узлам России (Московский и Санкт-Петербургский) и выполняют около 40% всего объема работы. Кроме того, ряд грузовых, участковых и сортировочных станций со значительным объемом пассажирской работы имеют отдельные системы, выполняющие функции пассажирских станций, которые можно условно рассматривать как самостоятельные пассажирские станции (Челябинск, Ульяновск). Для выявления общих недостатков в развитии, характерных для всех пассажирских станций России, целесообразно рассмотреть наиболее крупные и проблемные из них: станции Московского и Санкт-Петербургского узлов. В качестве примера сортировочной станции, которая имеет отдельную пассажирскую систему, обслуживающую крупный мегаполис, рассмотрим станцию Челябинск-Главный.

К числу основных параметров пассажирских станций относятся:

- путевое развитие, необходимое для обеспечения беспрепятственного приёма и отправления поездов, их технического осмотра и формирования, обмывки вагонов, проведения ремонтно-экипировочных операций и отстоя вагонов;

- техническое оснащение станций.

Подробный анализ исследования оснащения технических парков пассажирских станций Санкт-Петербургского железнодорожного узла представлен в работе Сугоровского А.В. [78]. Общим недостатком для всех пассажирских станций является необходимость большого числа маневровых передвижений по перестановке составов, так как лишь 40% станций имеют полный комплекс устройств для подготовки составов в рейс.

Станция Челябинск-Главный (приложение 1) является сортировочной станцией, имеющей в своем составе пассажирскую систему, которая является пунктом обработки, приписки и оборота пассажирских и пригородных поездов.

Пассажирская система станции представляет собой систему парков и путей. В её комплекс входят:

- пассажирский приемо-отправочный парк «П»;
- старый технический парк (СТП);
- новый технический парк (НТП);
- парк отстоя пассажирских составов «Т»;
- парк «К» – свалочные пути для выгрузки снега и мусора.

На станции Челябинск-Главный прием и отправление пассажирских поездов осуществляется в приемо-отправочном парке «П». В парке производится прием и отправление поездов, смена локомотивов и локомотивных бригад, заправка составов пассажирских поездов водой и углем, посадка и высадка пассажиров, производство маневровой работы по прицепке и отцепке вагонов беспересадочного сообщения к транзитным поездам и поездам своего формирования. Формирование поездов своего формирования производится в технических парках, дальних в Новом техническом парке, местных в Старом техническом парке. Составы поездов не требующие операций по их переформированию и экипировке простаивают на путях парка отстоя «Т». Пригородные поезда, простаивающие в ожидании оборота, убираются в парк отстоя «О». Прицепные вагоны беспересадочного сообщения приписки ЛВЧД-1 ЮУЖД подготавливаются в рейс на путях Нового технического парка. Прицепные вагоны беспересадочного сообщения приписки дирекций других дорог, следующие по станции Челябинск-Главный с пассажирами после отцепки от поезда в ожидании прицепки к поезду, простаивают на приемо-отправочных путях парка «П» (при незначительном времени простоя) или убираются на пути Старого технического парка.

К основным недостаткам работы станции Челябинск-Главный в части технологической линии обработки пассажирских поездов можно отнести:

- невозможность производства маневровой работы с транзитными поездами по отцепке и прицепке служебно-технических и беспересадочных вагонов поездным электровозом в связи с отсутствием электрификации в технических парках «НТП» и «СТП»;
- отсутствие электрической централизации стрелочных переводов в технических парках «НТП» и «СТП»;
- расплывённость однородной работы по нескольким паркам, их растянутость, наличие пересечений маршрутов приёма поездов.

Среди основных достоинств путевого развития станции Челябинск-Главный следует отметить наличие специализированного парка «К», состоящего из 2-х тупиковых путей, предназначенных для подачи вагонов и путевой техники под выгрузку из них мусора и снега. Такого нет ни на одной пассажирской станции Московского и Санкт-Петербургского железнодорожных узлов.

Наиболее крупным железнодорожным узлом России является Московский, в котором формируется и оборачивается около одной трети всех пассажирских поездов дальнего следования [62]. Он наиболее сложный с точки зрения стесненности городской инфраструктурой, а также испытывает все те трудности технического и технологического плана, которые характерны для остальных железнодорожных узлов России, поэтому представляет наибольший интерес для исследования.

Далее приведён обзор проблем технического оснащения каждой пассажирской станции Московского железнодорожного узла.

1. На станции Москва-Пассажирская Октябрьская (приложение 2) основными проблемами являются [80,88,92,100]:

- недостаточная длина путей в технических парках и приемо-отправочных путей (кроме путей №№7,9);



- отсутствие отдельной вытяжки для перестановки составов в РЭД и пропуска через вагономоечную машину (далее – ВММ) (на схеме – путь №47);
- всего 5 из 19 путей в технических парках электрифицированы;
- отсутствие пассажирских обустройств в 5-ом парке (парк отстоя вагонов резерва);
- отсутствие колонок для опробования тормозов в 4-ом парке;
- отсутствие подзарядных колонок во всех технических парках;
- необходимость «угловых» заездов при пропуске составов через ВММ и перестановке в РЭД;
- необходимость вывоза части составов для отстоя на другие станции;
- отсутствие единого технологического процесса работы станций Москва-Пассажирская и Москва-Товарная;
- отсутствие мест выгрузки снега;
- отсутствие пунктов технического обслуживания локомотивов (далее – ПТОЛ) на станции для производства ТО-2 маневровых локомотивов;
- отсутствие необходимых пассажирских обустройств на станции Ховрино;
- отсутствие выхода со всех приемо-отправочных путей на все главные.

2. На станции Москва-Пассажирская-Курская (приложение 3) основными проблемами являются [79,83,91,95]:

- нехватка существующих путей для максимального объёма поездов;
- нехватка тупиковых путей для смены локомотивов;
- недостаточное количество параллельных маршрутов в южной горловине;
- недостаточное количество маршрутных светофоров;
- отсутствие выхода со всех приемо-отправочных путей на все главные.

3. На станции Москва-Пассажирская-Киевская (приложение 4) основными проблемами являются [82,94]:

- недостаточная длина путей в техническом парке;
- нехватка существующих путей для максимального объёма поездов;

- часть стрелок являются ручными;
- отсутствие водоналивных колонок на ряде путей в технических парках;
- отсутствие выхода из локомотивного депо на приемо-отправочные пути.

4. На станции Москва-Пассажирская-Павелецкая (приложение 5) основными проблемами являются [84,96]:

- нехватка длины приемо-отправочных путей;
- отсутствие повторительных светофоров;
- недостаточное число электрифицированных путей в парке;
- отсутствие возможности приёма и отправления со всех главных путей на все приёмо-отправочные;
- отсутствие ВММ;
- недостаточное количество параллельных маршрутов в технических парках.

5. На станции Москва-Пассажирская-Смоленская (приложение 6) основными проблемами являются [86,98]:

- нехватка главных путей;
- односторонняя автоблокировка;
- враждебность приема и отправления пригородных и дальних поездов;
- отсутствие единого технологического процесса работы станций Москва-Пассажирская-Смоленская и Москва-Товарная-Смоленская;
- необходимость производства маневровой работы через главные или приёмо-отправочные пути;
- отсутствие ВММ;
- отсутствие РЭД.

6. На станции Москва-Пассажирская-Казанская (приложение 7) основными проблемами являются [81,89,93,101]:

- нехватка приёмо-отправочных путей при назначении всех дополнительных поездов;

- перестановка составов со всех приемо-отправочных путей в Красносельский парк только «угловыми» заездами;

- отсутствие выхода из локомотивного депо на приемо-отправочные пути;

- недостаточное количество параллельных маршрутов в горловине.

7. На станции Москва-Пассажирская-Ярославская (приложение 8) основными проблемами являются [87,99]:

- расположение платформ № 8,9,10 в кривых участках пути;

- отсутствие выхода со всех приемо-отправочных путей на все главные;

- отсутствие мест выгрузки снега;

- отсутствие возможности прямого выезда из ВММ в парк «Москва-3»;

- большое число стрелочных переводов с ручным управлением.

Далее приведена сравнительная характеристика технических (таблица 2.1) и технологических (таблица 2.2) параметров всех пассажирских станций Московского железнодорожного узла.

Таблица 2.1

## Сравнительная характеристика технического оснащения пассажирских станций Московского узла

Станция	Тип	Класс	Наличие автоблокировки	Наличие централизации стрелок	Наличие локомотивного депо	Наличие вагонного депо	Наличие почтовых багажных устройств	Наличие вагонной вагонной машины	Наличие РЭД	Количество приемо-отправочных путей		Количество главных путей	Количество путей с автоподъездом	Количество путей отстоя	Количество путей со смотровой канавой
										Дальних	Пригородных				
Москва-Пассажирская Октябрьская	Пассажирская	Внеклассная	+	+	+	+	+	+	3	5	5	4	5	19	1
Москва-Пассажирская Казанская	Пассажирская	Внеклассная	+	+	+	+	+	-	-	8	9	5	-	8	-
Москва-Пассажирская Курская	Пассажирская	Внеклассная	+	+	+	-	+	-	-	10	6	5	-	7	-
Москва-Пассажирская Киевская	Пассажирская	Внеклассная	+	+	+	+	+	+	+	8	6	4	1	17	3
Москва-Пассажирская Ярославская	Пассажирская	Внеклассная	+	+	+	+	+	+	+	11	10	4	3	16	-
Москва-Пассажирская Павелецкая	Пассажирская	Внеклассная	+	+	-	+	+	-	-	5	6	3	1	9	-
Москва-Пассажирская Смоленская	Пассажирская	Внеклассная	+	+	+	+	+	-	-	6	4	4	1	17	1
Каланчевская	Пассажирская Техническая	Внеклассная	+	+	+	-	-	+	-	17	3	2	-	16	-
Николаевка	Пассажирская Техническая	Внеклассная	+	+	-	+	-	+	+	33	-	1	8	33	6

## Сравнительная характеристика технологических параметров пассажирских станций Московского железнодорожного узла

Станция	Ежесуточное количество отправляемых поездов			Максимальное ежесуточное количество отправляемых поездов			Количество составов на линию для отстоя	Длина путей в парках в вагонах	Длина пассажирских поездов в вагонах	Средняя длина пассажирского поезда	Максимальная загрузка горловины, %	Количество маневровых локомотивов	Количество вывозных локомотивов	Норма содержания резервных вагонов	Количество постов электрической централизации	Штаб станции
	Своего формирования	Формирования других депо	Пригородных	Своего формирования	Формирования других депо	Пригородных										
Москва-Пассажирская Октябрьская	11	17	80	23	29	82	5	13-20	12-18	16	86	5	3	80	2	87
Москва-Пассажирская Казанская	3	66	125	3	75	148	61	16-22	12-22	17,5	90	2	10	-	1	75
Москва-Пассажирская Курская	4	25	191	14	48	216	19	19-24	8-22	15	92	1	2	-	3	45
Москва-Пассажирская Киевская	6	25	101	14	25	101	5	10-24	3-24	11	64	4	2	60	3	73
Москва-Пассажирская Ярославская	8	30	240	10	35	250	4	11-24	6-23	19	90	6	4	100	1	95
Москва-Пассажирская Павелецкая	-	22	98	-	31	103	-	15-23	15-22	16	57	3	-	-	1	48
Москва-Пассажирская Смоленская	6	16	97	12	21	97	1	16-19	6-22	17	54	2-3	1	50	1	56
Каланчевская	4	15	50	14	27	50	2	14-26	8-22	16	52	1	2	46	1	54
Николаевка	9	52	-	9	52	-	-	14-27	12-22	17,5	80	2	10	45	2	42

Анализируя данные таблиц 2.1 и 2.2, можно сделать вывод, что на станциях Московского железнодорожного узла имеются общие недостатки в техническом развитии. Это, прежде всего:

- недостаточное путевое развитие станций;
- недостаточная электрификация технических парков;
- недостаточное количество пассажирских обустройств (высоковольтных колонок, колонок для подзарядки аккумуляторных батарей, водоразборных колонок и т.д.) в технических парках;
- отсутствие вагономоечных машин на ряде станций;
- отсутствие или недостаточное развитие ремонтно-экипировочных депо.

Перечисленные выше недостатки пассажирских станций препятствуют увеличению размеров движения поездов. Эта проблема является особенно актуальной в настоящее время, когда пассажирооборот в центральном регионе страны стремительно растёт. Устранение данных недостатков положительно скажется на технологии работы станций, изменение которой позволит увеличить размеры движения.

## **2.2. Предлагаемый комплекс мероприятий по развитию пассажирских станций в современных условиях**

Мероприятия по развитию пассажирских станций целесообразно разделить на три составляющих:

- мероприятия по усовершенствованию технологии работы станции;
- мероприятия, связанные с внедрением новых технических средств и путевого развития;
- мероприятия, связанные с развитием инфраструктуры пассажирских станций за счет использования путей грузовых и сортировочных станций.

Перечисленные мероприятия указаны в той последовательности, в которой они должны проводиться. Первоначально необходимо усовершенствовать технологию работы станций, т.к. финансовые затраты на изменение технологии минимальны. Далее, при наступлении того момента, когда технология станции

будет усовершенствована, необходим переход к следующему комплексу мероприятий, связанному с внедрением новых технических средств и изменением путевого развития.

Как показывает опыт, в современных условиях изменение путевого развития пассажирских станций является сложным и требует больших капитальных вложений. Прежде всего, это связано с тем, что все пассажирские станции (не только в Москве, но и в других городах с большой численностью населения) находятся в районах с плотной городской застройкой. Поэтому применение таких эффективных мер по увеличению пропускной способности станций, как строительство дополнительных приемо-отправочных путей влечёт увеличение площадей, занимаемых станциями, что не всегда представляется возможным. Из этого следует, что данные мероприятия не всегда применимы и достаточно быстро исчерпают себя.

Следующим шагом в развитии пассажирских станций является использование инфраструктуры грузовых и сортировочных станций. Он является наиболее эффективным с точки зрения освоения заданного поездопотока, т.к. позволяет высвободить пути технических парков пассажирских станций. Здесь предлагается включить новейшее для нашей страны мероприятие – строительство приемо-отправочных путей в двух уровнях. Данное мероприятие является актуальным, потому что увеличение площади, занимаемой станцией, реализовать весьма сложно, а строительство второго уровня позволит увеличить количество путей на станции без увеличения занимаемой площади. Это мероприятие относится к комплексу мероприятий с использованием инфраструктуры грузовых и сортировочных станций потому, что строительство второго уровня планируется на территории, занимаемой в настоящее время грузовыми станциями.

В таблице 2.3 приведены предлагаемые мероприятия по развитию пассажирских станций. Анализ исследования технического оснащения пассажирских станций Санкт-Петербургского, Московского и Челябинского железнодорожных узлов показывает во многом их универсальность и актуальность внедрения на всех пассажирских станциях России.

### Мероприятия по развитию пассажирских станций

Мероприятие	Положительный эффект	Отрицательные стороны
<b>Совершенствование технологии работы пассажирских станций (1 группа)</b>		
<p>Перестановка составов из технического парка вагонами вперед на приемо-отправочный путь и уборка состава вагонами вперед с приемо-отправочного пути в технический парк поездными локомотивами.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- на приемо-отправочном пути производится сокращенное опробование тормозов;</li> <li>- сокращение времени занятия приемо-отправочного пути поездом;</li> <li>- снижение загрузки маневрового локомотива;</li> <li>- снижение загрузки горловины за счёт сокращения числа маневровых передвижений.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- необходимость оборудования локомотивов маневровой радиосвязью;</li> <li>- увеличение накладного времени работы машинистов поездных локомотивов;</li> <li>- электрификация дополнительных путей в технических парках.</li> </ul>
<p>Выдача бланков предупреждений на поезда через работников локомотивного депо (в настоящее время выдача предупреждений происходит следующим образом: после выезда локомотивов на приемо-отправочный путь помощник машиниста идёт к дежурному по парку (по станции) и получает предупреждение).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- сокращение времени занятия приемо-отправочного пути;</li> <li>- снижение загруженности дежурных по парку;</li> <li>- снижение риска возникновения производственного травматизма.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- передача несвойственных обязанностей дежурному по депо.</li> </ul>
<p>Использование путей грузовых и сортировочных станций</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- снижение загрузки технических</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- дополнительные</li> </ul>



для отстоя вагонов.	парков станции.	затраты на вывоз поездов на грузовые и сортировочные станции.
Создание единой технологии работы с прилегающими грузовыми станциями.	- рациональное использование путей грузовой и пассажирской станций.	- удаленность оперативных постов от административного здания.
Увязка составов пассажирских поездов в общий оборот	- сокращение потребного числа путей в техническом парке.	- отсутствие привязки поездной бригады к определенному составу.
<b>Внедрение новых технических средств и реконструкция пассажирских станций (2 группа)</b>		
Укладка дополнительных съездов. Замена имеющихся одиночных стрелочных переводов перекрестными.	- параллельность маневровых передвижений; - увеличение пропускной способности горловины; - выход со всех главных путей на все приемо-отправочные.	- возможное уменьшение длины приемо-отправочных путей.
Увеличение количества и длины приемо-отправочных путей и путей в технических парках.	- увеличение количества и составности пассажирских поездов.	- большой объём затрат.
Строительство ремонтно-экипировочного депо (РЭД) или дополнительных путей в существующем РЭД.	- повышение качества обслуживания пассажиров; - повышение уровня безопасности движения поездов; - сохранность вагонного парка.	- большая занимаемая площадь; - большой объём затрат.

Строительство вагономоечной машины (ВММ).	- повышение качества подготовки пассажирских поездов.	-большой объём затрат.
Обеспечение подъезда автомобилей к путям в технических парках.	- сокращение числа маневровых передвижений в парках отстоя вагонов, вызванных перестановкой составов на пути, где обеспечивается подъезд автомобилей для экипировки.	- возможное уменьшение числа путей в технических парках для уширения междупутий.
Оборудование путей в парке отстоя составов колонками УЗОТ-П (для опробования автотормозов), колонками для зарядки аккумуляторных батарей.	- сокращение числа маневровых передвижений; - сокращение минимального времени оборота поезда; - снижение загрузки маневровых локомотивов.	- возможное увеличение ширины междупутий потребует дополнительных площадей.

Оборудование путей в технических парках смотровыми канавами для осмотра ходовых частей вагонов.	- сокращение количества и времени маневровых передвижений; -повышение уровня безопасности движения поездов; - сокращение времени нахождения вагонов в ремонтно-экипировочном депо.	- рост затрат на содержание путей и стрелочных переводов.
Электрификация путей в технических парках.		
Включение ручных стрелочных переводов в электрическую централизацию.		
<b>Переустройство инфраструктуры грузовых и сортировочных станций для пассажирской работы (3 группа)</b>		
Переустройство грузовых станций для обслуживания составов пассажирских поездов после выноса грузовой работы на сортировочные станции, обусловленного развитием города.	- совершенствование работы пассажирских станций; - увеличение числа поездов; - повышение качества подготовки пассажирских составов.	-капитальные затраты на переустройство; - увеличение расстояния маневровых передвижений.
Строительство дополнительных перронных путей на прилегающей грузовой станции или второго уровня над существующими перронными путями.	- резкое увеличение пропускной способности пассажирской станции; - эффективное использование территории города.	- капитальные затраты на переустройство.

Без развития пассажирских и пассажирских технических станций невозможно говорить о стратегическом развитии скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта, которое предусмотрено Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года, прогнозом долгосрочного социально-экономического развития страны [76]. Данный прогноз включает в себя 4 основных проекта высокоскоростных магистралей (далее - ВСМ):

- Москва – Казань;
- Москва – Адлер;
- Москва – Санкт-Петербург;
- Казань – Самара.

Необходимо отметить, что реализация указанных проектов ВСМ приведет к переориентации 18-25 млн. пассажиров с традиционных дальних пассажирских перевозок и отмене части традиционных пассажирских поездов, курсирующих между городами, соединяемыми ВСМ. Вместе с тем строительство ВСМ обеспечит индуцированный спрос на перевозки между станциями ВСМ и близлежащими крупными городами и будет способствовать росту спроса на скоростные межрегиональные перевозки, в том числе за счет привлечения пассажиров с альтернативных видов транспорта [76].

Реализация вышеперечисленных проектов потребует детального пересмотра технологии работы крупнейших железнодорожных узлов и пассажирских станций России. С появлением ВСМ изменятся требования по эксплуатации подвижного состава (марка стрелочного перевода, максимальная скорость проследования), по организации движения высокоскоростных поездов (норматив на приготовление маршрута, специализация путей, враждебность маршрутов), по безопасности движения поездов (запрет на скрещение с негабаритными и сыпучими грузами, запрет на производство маневров по неизолированным маршрутам), по охране труда (нормативное время прекращения работ, безопасное расстояние для работников на время прохода поезда, оповещение по громкоговорящей связи) и т.д. Все это вызовет дополнительные инфраструктурные и технологические

ограничения и, как следствие, необходимость внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских и пассажирских технических станций.

### **2.3. Область применения мероприятий по развитию пассажирских станций. Виды пассажирских станций России**

Несмотря на универсальность мероприятий по развитию пассажирских станций, приведенных в таблице 2.3, возможность и актуальность их внедрения зависит от многих местных факторов, из-за чего каждую станцию необходимо рассматривать индивидуально. Однако, характер предлагаемых мероприятий показывает, что наибольшее влияние на принятие решения о внедрении того или иного этапа развития пассажирских станций будут иметь следующие факторы:

- характеристика населенного пункта;
- тип пассажирской станции по расположению путей и вокзала;
- наличие на станции пассажирского вагонного депо или участка;
- наличие на станции локомотивного депо, ПТОЛ или пункта смены локомотивных бригад.

Рассмотрим влияние каждого из вышеприведенных факторов более детально.

1. Вопрос развития пассажирских станций наиболее остро стоит в крупных населенных пунктах с развитой инфраструктурой города и сети метрополитена, с постоянно возрастающими потребностями в пассажирских перевозках и отсутствием возможности беспрепятственного развития станции. Именно на такие случаи и направлена основная часть мероприятий, приведенных в таблице 2.3.

К крупным населенным пунктам можно отнести все города России с населением более миллиона человек. Назовем их условно «мегаполисами». Таких городов 15:7 из них имеет подземную сеть метрополитена, что сильно осложняет возможность развития пассажирских станций в подземном уровне (Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Екатеринбург, Нижний Новгород, Казань,

Самара), еще в 4 городах уже ведется строительство метрополитена (Челябинск, Омск, Уфа, Красноярск), в Волгограде действует метротрам (система подземного скоростного трамвая) [34]. К мегаполисам (с населением свыше миллиона человек) следует отнести также Ростов, Пермь и Воронеж. Как правило, чем крупнее город, тем больше загружены приемо-отправочные пути, горловины и технические парки пассажирских станций.

2. По расположению путей и вокзала пассажирские станции могут быть со сквозными или тупиковыми приёмо-отправочными путями, а также комбинированного типа. Это влияет на загрузку горловин и приемо-отправочных путей станций. Так как наибольшее влияние на загрузку горловин и приемо-отправочных путей оказывает технология работы с пассажирскими поездами, то будем рассматривать 2 типа станций (тупиковые и сквозные) в зависимости от расположения приемо-отправочных путей для работы с пассажирскими поездами и вокзала.

3. Признаком того, что пассажирская станция является пунктом формирования или оборота, является наличие на станции пассажирского вагонного депо (участка). Это влияет, в первую очередь, на загрузку путей технических парков станций в связи с оборудованием их пассажирскими обустройствами.

4. Наличие на станции локомотивного депо, ПТОЛ, пункта смены локомотивных бригад говорит о том, что станция является (может являться) пунктом смены локомотива (локомотивной бригады) и выдачи предупреждения. Это существенно влияет на загрузку приемо-отправочных путей и горловин станций.

В России в зависимости от характера выполняемой работы выделены 51 пассажирская станция и 3 пассажирских технических станций (на основании данных программы АС ТРА). В таблице 2.4 приведены характеристики этих станций в соответствии с вышеперечисленными факторами.

Характеристика пассажирских станций России

	Станция	Расположение в мегаполисе	Тип	Наличие вагонного депо	Наличие локомотив- ного депо
1	Москва- Пассажирская	+	Тупиковая	+	+
2	Санкт- Петербург- Балтийский	+	Тупиковая	+	+
3	Санкт- Петербург- Витебский	+	Тупиковая	+	+
4	Дача Долгорукова	+	Сквозная	+	+
5	Санкт- Петербург- Главный	+	Тупиковая	+	+
6	Санкт- Петербург- Финляндский	+	Тупиковая	+	+
7	Калининград- Пассажирский	+	Сквозная	+	+
8	Москва- Пассажирская -Курская	+	Сквозная	+	+
9	Москва- Пассажирская -Ярославская	+	Тупиковая	+	+
10	Москва- Пассажирская -Киевская	+	Тупиковая	+	+
11	Москва- Пассажирская -Смоленская	+	Тупиковая	+	+
12	Москва- Рижская	+	Тупиковая	+	+
13	Смоленск	-	Сквозная	+	+
14	Брянск- Орловский	-	Сквозная	-	-
15	Москва- Пассажирская -Казанская	+	Тупиковая	+	+

16	Москва- Пассажирская -Павелецкая	+	Тупиковая	+	+
17	Нижний Новгород- Московский	+	Сквозная	+	+
18	Киров	-	Сквозная	+	+
19	Казань	+	Сквозная	+	+
20	Котлас- Южный	-	Сквозная	-	-
21	Ростов- Главный	+	Сквозная	+	+
22	Анапа	-	Тупиковая	+	+
23	Краснодар I	-	Сквозная	-	-
24	Ессентуки	-	Сквозная	-	-
25	Кисловодск	-	Тупиковая	+	+
26	Пятигорск	-	Сквозная	-	-
27	Адлер	-	Сквозная	+	+
28	Сочи	-	Сквозная	-	-
29	Воронеж I	+	Сквозная	+	+
30	Мичуринск- Уральский	-	Тупиковая	+	+
31	Астрахань I	-	Сквозная	+	+
32	Волгоград I	+	Сквозная	+	+
33	Саратов I- Пассажирский	-	Сквозная	+	+
34	Пенза I	-	Сквозная	+	+
35	Самара	+	Сквозная	+	+
36	Уфа	+	Сквозная	+	+
37	Пермь II	+	Сквозная	+	+
38	Екатеринбург - Пассажирский	+	Сквозная	+	+
39	Тюмень	-	Сквозная	+	+
40	Нижний Тагил	-	Сквозная	+	+
41	Серов	-	Сквозная	-	-
42	Магнитогорск- Пассажирский	-	Сквозная	+	+
43	Омск- Пассажирский	+	Сквозная	+	+
44	Новосибирск- Главный	+	Сквозная	+	+



45	Новокузнецк	-	Сквозная	+	+
46	Красноярск	+	Сквозная	+	+
47	Ангарск	-	Сквозная	-	-
48	Иркутск- Пассажирский	-	Сквозная	+	+
49	Чита II	-	Сквозная	+	+
50	Хабаровск I	-	Сквозная	+	+
51	Нерюнгри- Пассажирская	-	Сквозная	+	+
52	Москва- Каланчевская	+	Сквозная	+	+
53	Николаевка	+	Сквозная	+	+
54	Имеретински й Курорт	-	Сквозная	+	+

Анализ данных таблицы 2.4 показывает, что все пассажирские станции России можно классифицировать на 5 видов:

- 1) тупиковые станции, расположенные в мегаполисах, являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов (11 станций);
- 2) тупиковые станции, являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов (3 станции);
- 3) сквозные станции, расположенные в мегаполисах, являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов (16 станций);
- 4) сквозные станции, являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов (16 станций);
- 5) сквозные станции, не являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов (8 станций).

Что же касается пассажирских систем крупных сортировочных, грузовых и участковых станций, то их можно рассматривать как самостоятельные пассажирские станции и отнести к одному из вышеперечисленных видов.

Рассмотрим область применения мероприятий, предложенных в таблице 2.3, в соответствии с приведенной классификацией (5 видов) пассажирских станций России с разбивкой на 2 группы: рекомендуемую область применения (те виды станций, на которых мероприятия следует реализовывать в первую очередь) и возможную область применения.

Таблица 2.5

### Область применения мероприятий по развитию пассажирских станций

Мероприятие	Рекомендуемая область применения	Возможная область применения
<b>Совершенствование технологии работы пассажирских станций</b>		
Перестановка составов из технического парка на приемо-отправочный путь и уборка состава с приемо-отправочного пути в технический парк поездными локомотивами.	1,2	3,4
Выдача бланков предупреждений на поезда через работников локомотивного депо.	1,3	2,4
Использование путей грузовых и сортировочных станций для отстоя пассажирских вагонов.	1,3	2,4
Создание единой технологии работы с прилегающими грузовыми станциями.	1,3	2,4
Увязка составов пассажирских поездов в общий оборот	1,2,3,4	
<b>Внедрение новых технических средств и реконструкция пассажирских станций</b>		
Укладка дополнительных съездов. Замена имеющихся одиночных стрелочных переводов перекрестными.	1,3	2,4,5
Увеличение количества и длины приемо-отправочных путей и путей в технических парках.	1	2,3,4,5

Строительство ремонтно-экипировочного депо (РЭД) или дополнительных путей в существующем РЭД.	1,3	2,4
Строительство вагономоечной машины (ВММ).	1,3	2,4
Обеспечение подъезда автомобилей к путям в технических парках.	1,3	2,4
Оборудование путей в парке отстоя составов колонками УЗОТ-П (для опробования тормозов), колонками для зарядки аккумуляторных батарей.	1,3	2,4
Оборудование путей в технических парках смотровыми канавами для осмотра ходовых частей вагонов.	1,3	2,4
Электрификация путей в технических парках.	1,2	3,4
Включение ручных стрелочных переводов в электрическую централизацию.	1,2,3,4,5	
<b>Переустройство инфраструктуры грузовых и сортировочных станций для пассажирской работы</b>		
Переустройство грузовых станций под обслуживание составов пассажирских поездов после выноса грузовой работы на сортировочные станции, обусловленного развитием города.	1,3	2,4
Строительство дополнительных перронных путей на прилегающей грузовой станции или второго уровня над существующими перронными путями.	1,3	2,4

## ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

1. Анализ технического оснащения пассажирских станций и технологий их работы показал, что основные проблемы, препятствующие увеличению размеров движения, характерны для всех станций. Это, прежде всего:

- недостаточное путевое развитие станций;
- недостаточная электрификация путей в технических парках;

- недостаточное количество пассажирских обустройств (высоковольтных колонок, колонок для подзарядки аккумуляторных батарей, водоразборных колонок и т.д.) в технических парках;
- недостаточное количество параллельных маршрутов в горловинах;
- отсутствие вагономоечных машин;
- отсутствие ремонтно-экипировочных депо;
- отсутствие электрической централизации стрелочных переводов.

2. Мероприятия по развитию пассажирских станций целесообразно разделить на 3 основных группы.

1) Мероприятия по совершенствованию технологии работы станции (не требующие финансовых вложений). Например:

- перестановка составов из технического парка на приемо-отправочный путь и уборка состава с приемо-отправочного пути в технический парк поездными электровозами;
- выдача бланков предупреждений на поезда через работников локомотивного депо;
- использование путей грузовых и сортировочных станций для отстоя пассажирских вагонов;
- создание единого технологического процесса пассажирских станций с прилегающими грузовыми станциями;
- увязка составов пассажирских поездов в общий оборот.

2) Мероприятия по внедрению новых технических средств и реконструкции станции (с вложением денежных средств, но без изменения принципиальной схемы станции). Например:

- укладка дополнительных съездов;
- замена имеющихся одиночных стрелочных переводов перекрестными;
- увеличение количества и длины приемо-отправочных путей и путей в технических парках;
- строительство ремонтно-экипировочного депо (РЭД) или дополнительных путей в РЭД;

- строительство вагономоечной машины (ВММ);
- обеспечение подъезда автомобилей к путям в технических парках;
- оборудование путей в парке отстоя вагонов колонками для опробования автотормозов, колонками для зарядки аккумуляторных батарей;
- оборудование путей в технических парках смотровыми канавами для осмотра ходовых частей вагонов;
- электрификация путей в технических парках;
- включение ручных стрелочных переводов в электрическую централизацию.

3) Мероприятия, связанные с развитием инфраструктуры пассажирских станций за счет реконструкции с изменением принципиальной схемы станции (требующие значительных капиталовложений). Например:

- переустройство грузовых станций для обслуживания составов пассажирских поездов после выноса грузовой работы на сортировочные станции, обусловленного развитием города;
- строительство дополнительных перронных путей на прилегающей грузовой станции или второго уровня над существующими перронными путями.

3. Все пассажирские станции России в зависимости от факторов, влияющих на внедрение мероприятий по их развитию, можно разделить на 5 видов:

1) тупиковые станции, расположенные в мегаполисах, являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов;

2) тупиковые станции, являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов;

3) сквозные станции, расположенные в мегаполисах, являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов;

4) сквозные станции, являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов;

5) сквозные станции, не являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов.

4. Анализ показал, что в первую очередь увеличения мощности требуют тупиковые станции, расположенные в мегаполисах, являющиеся пунктом смены локомотивов (локомотивных бригад) и пунктом формирования (оборота) пассажирских поездов.

### **3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РАЗВИТИЮ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ**

#### **3.1. Общая постановка задачи**

В п.2.2 рассматривались все возможные мероприятия по развитию пассажирских станций с разделением их на 3 группы:

- 1) связанные с изменением технологии работы станций (в том числе объединение пассажирских и грузовых станций) – не требуют значительных финансовых вложений;
- 2) связанные с внедрением новых технических средств и совершенствованием путевого развития – требуют финансовых вложений на переустройство станции;
- 3) связанные с глобальной реконструкцией с использованием инфраструктуры грузовых и сортировочных станций – требуют значительных капитальных затрат.

Мероприятия 1-й группы рекомендуется внедрять систематически, при этом постоянно анализируя технологию работы станции и проводя работу по ее рационализации, так как это не требует значительных финансовых затрат. В качестве примера внедрения мероприятия 1-й группы рассмотрим увязку составов пассажирских поездов разных назначений в общий оборот с целью сокращения необходимого числа путей на пассажирской станции (раздел 3.2).

После внедрения комплекса мероприятий по рационализации технологии работы станции через определенный промежуток времени (это зависит от многих факторов: регион, первоначальное техническое состояние станции, результативность внедренных мероприятий 1-й группы, маркетинговые исследования изменения пассажиропотока, политика перевозочной компании и т.д.) возникнет необходимость внедрения новых технических средств и совершенствования путевого развития станции. Мероприятия 2-й группы для каждой конкретной станции будут свои, но анализ работы крупных железнодорожных узлов показывает, что для всех пассажирских станций крупных мегаполисов комплекс этих мероприятий сводится к одному набору (таблица 2.3).

Здесь встает вопрос целесообразности внедрения мероприятий, разработанных для конкретной станции, а также эффективности реализации этих мероприятий с технологической и экономической точки зрения. Очевидно, что ответ на данный вопрос будет зависеть от выполнения двух основных условий:

1) максимальная прибыль, которая напрямую зависит от освоения требуемого поездопотока (т.е. соответствие пропускной способности станции запросам перевозочных компаний);

2) минимум затрат на внедрение того или иного мероприятия (капитальные вложения и эксплуатационные расходы).

Кроме того, учитывая социальную значимость железнодорожных пассажирских перевозок, необходимо учитывать, что критерием эффективности пассажирских перевозок является не только прибыль, но и социальный фактор, который проявляется в качестве обслуживания пассажиров, гарантированной безопасности и возможности выбора у пассажира вида перевозки.

Для решения задачи определения очередности внедрения мероприятий по развитию пассажирской станции целесообразно рассматривать её как единую транспортную систему.

Транспортной системой называется комплекс постоянных инженерных сооружений и технических устройств с определённой технологией работы и системой управления, предназначенной для выполнения операций, связанных с перевозкой, в данном случае, пассажиров. На рисунке 3.1 представлена схема компонентов транспортной системы применительно к пассажирской станции [8].

Количество каких-либо объектов, предназначенных для перемещения в транспортной системе называют **транспортной массой**, которая не является физической величиной и не имеет определённой размерности. Применительно к пассажирской станции, транспортной массой являются вагоны отправляющихся и прибывающих пассажирских поездов. Период времени от прибытия вагона в составе поезда до его отправления является временем его нахождения в данной транспортной системе (пассажирской станции). Перемещающиеся транспортные массы в транспортной системе создают транспортные потоки.



Транспортные системы, у которых весь транспортный поток является не распределяемым, т.е. имеет определённую величину и маршрут следования называются **линейными**. На пассажирской станции порядок приёма, отправления поездов, обработки, ремонта, экипировки, обмывки и включения вагонов в составы пассажирских поездов регламентируется технологическим процессом работы станции, т. е. транспортная масса в данной транспортной системе имеет определённую величину и маршрут следования, поэтому пассажирскую станцию можно рассматривать, как линейную транспортную систему.

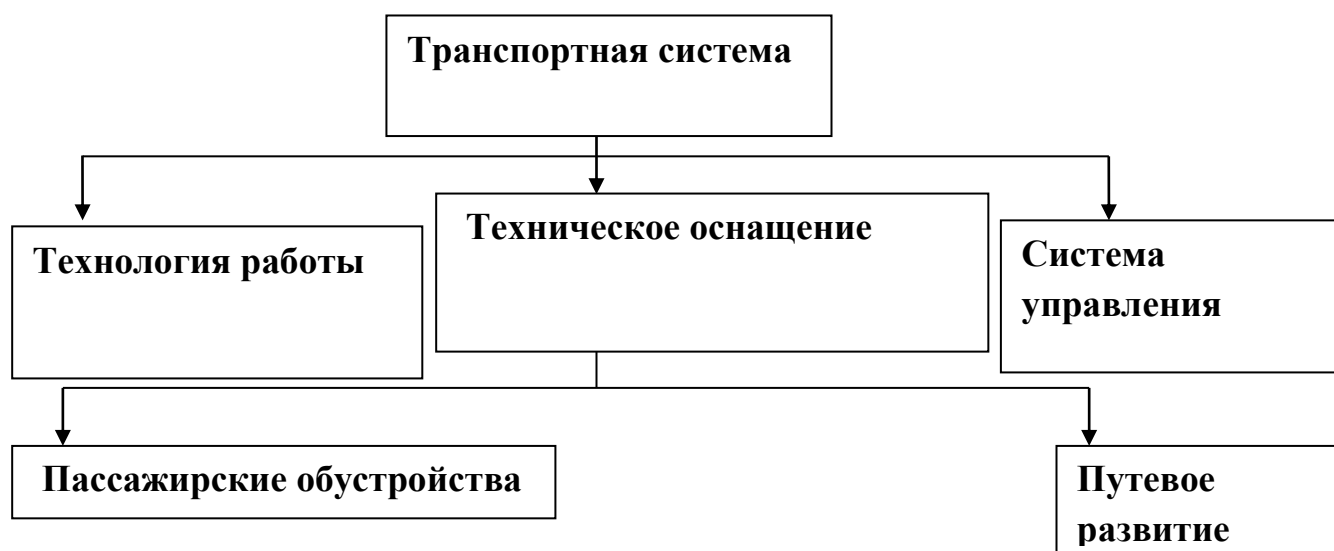


Рисунок 3.1 - Компоненты транспортной системы

Пассажирская станция, как линейная транспортная система, является динамичной, так как техническое оснащение, управление и технология работы со временем изменяются. Это изменение является развитием транспортной системы и обуславливается увеличением интенсивности потока, улучшением качества перевозочного процесса, влиянием научно-технического прогресса на технику, технологию работы и управление. Развитие транспортной системы происходит поэтапно. Характеристику этому процессу можно дать с помощью понятия вектора состояния и этапа развития линейной транспортной системы.

Таким образом, под рациональным вариантом развития пассажирских станций понимается такая последовательность мероприятий по увеличению их

путевого развития и технического оснащения, которые в совокупности с обоснованной технологией работы и максимального выполнения спроса на пассажирские перевозки обеспечивают минимум экономических затрат на внедрение этих мероприятий (капитальные вложения и эксплуатационные расходы) [8].

### **3.2. Увязка составов пассажирских поездов в общий оборот с целью сокращения потребного числа путей пассажирской станции**

#### **3.2.1. Методика увязки**

Задача увязки составов пассажирских поездов в оборот состоит в увязке «ниток» графика движения в замкнутый контур маршрутов с минимальным количеством потребного числа путей на пассажирской станции [56]. При этом необходимо учитывать типовые нормативы времени на подготовку пассажирских составов своего формирования и по обороту, схемы поездов (композиции составов), статус поезда (как правило, «брендовые» поезда не увязывают в оборот с другими поездами), принадлежность состава (составы разных собственников не увязываются в единый оборот). В общий оборот могут увязываться только составы идентичных или близких по композиции схем.

Количество и длина путей в технических парках пассажирских станций обусловлено необходимостью обработки пассажирских поездов на станциях оборота. Таким образом, оптимизируя за счет пересмотра оборота пассажирских поездов общее число составов, простаивающих на станциях оборота, мы решим задачу сокращения потребного числа путей на пассажирских станциях. Как правило, график движения пассажирских поездов на станциях оборота крупных населенных пунктов, предусматривает прибытие поездов в утренние часы, а отправление – в вечерние и ночные. Это связано с предпочтениями пассажиров и потребностями перевозочных компаний. В дневное же время составы простаивают на станциях оборота, где с ними совершаются операции по переформированию, ремонту и экипировке. Как следствие, вывод одного состава

пассажирского поезда из общего оборота примерно равен сокращению одного потребного пути в техническом парке станции, что, в свою очередь, позволит повысить пропускную способность технического парка станции в целом.

Выразим суммарное потребное количество путей на пассажирской станции через количество поездов, простаивающее на пассажирской станции, и через поездо-часы простоя:

$$L = M = \sum M_{\Pi} = \frac{\sum Nt_{\Pi}}{24}, \quad (3.1)$$

где

$\sum Nt_{\Pi}$  – суммарные вагоно-часы простоя поездов на станции оборота.

Количество составов, простаивающих на пассажирской станции оборота, определяется вариантом увязки расписаний прибытия с расписаниями отправления поездов. Так как «нитки» графика движения жёстко заданы, то минимизация потребного числа путей будет определяться увязкой расписаний прибытия и отправления составов поездов на станции [46].

Математическая модель представляет собой задачу об оптимальных назначениях, заключающуюся в минимизации суммарных составо-часов простоя поездов на пассажирской станции.

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ij}^{k\alpha\epsilon} x_{ij}^{k\alpha\epsilon} \rightarrow \min \quad (3.2)$$

при следующих ограничениях:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n x_{ij}^{k\alpha\epsilon} &= 1, \quad \forall i = \overline{1, n} \\ \sum_{j=1}^n x_{ij}^{k\alpha\epsilon} &= 1, \quad \forall j = \overline{1, n}, \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

$$\text{где булевские переменные } x_{ij}^{k\text{э}} = \begin{cases} 1, & \text{если } t_i^k + t_{06}^k \text{ увязано с } T_j^{\text{э}} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (3.4)$$

Время простоя составов на станции

$$T_{ij}^{k\text{э}} = \begin{cases} T_j^{\text{э}} - t_i^k, & \text{если } T_j^{\text{э}} \geq t_i^k + t_{06}^k \\ 24 - (t_i^k - T_j^{\text{э}}), & \text{если } T_j^{\text{э}} < t_i^k + t_{06}^k, \end{cases} \quad (3.5)$$

где

$t_i^k, T_j^{\text{э}}$  – расписания прибытия и отправления поездов  $k$  и  $\text{э}$  назначений на пассажирскую станцию;

$t_{06}^k$  – технологическая норма оборота составов  $k$ -го назначения.

Специальный вид матрицы системы ограничений (3.3) позволяет сделать вывод о том, что минимум суммарного простоя составов пассажирских поездов на пассажирской станции достигается при минимуме числа составов, находящихся на станции в момент разреза графика движения.

Рассмотрим пример. На пассажирскую станцию за сутки прибывает 5 пар поездов, входящих в один класс, то есть с унифицированной схемой состава (композицией состава) (рисунок 3.2). Следовательно, данные поезда могут быть объединены в общий оборот с увязкой на пассажирской станции.

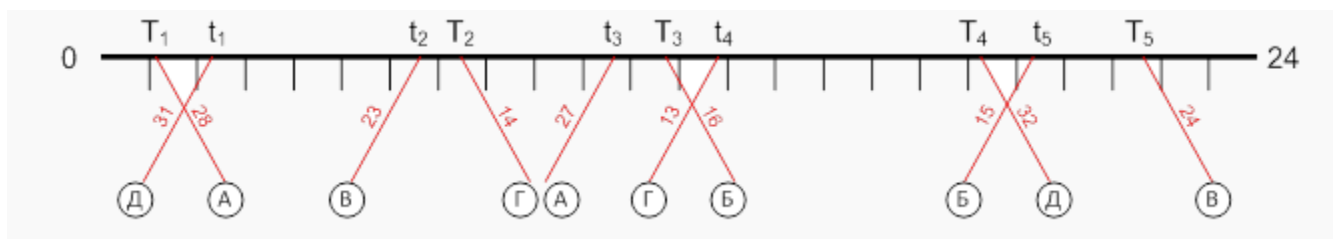


Рисунок 3.2 - Фрагмент графика прибытия и отправления поездов на пассажирскую станцию

В настоящее время на железных дорогах Российской Федерации преимущественно используется увязка составов пассажирских поездов одного назначения в пары, то есть поезд, прибывающий на станцию оборота, возвращается обратно на станцию формирования. Пример такой увязки составов поездов в оборот по пассажирской станции, построенный по действующей методике при парном движении поездов, представлен на рисунке 3.3.

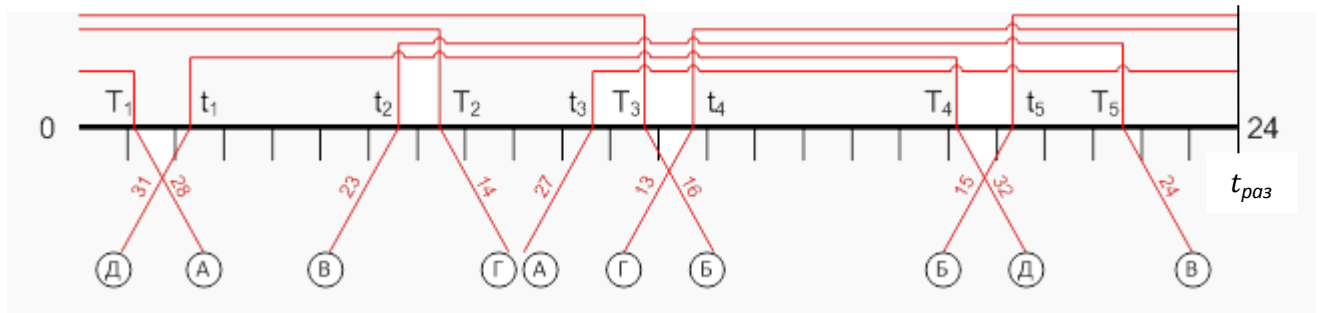


Рисунок 3.3 - Увязка пассажирских поездов одного назначения в оборот по пассажирской станции

Из данного графика видно, что количество составов, простаивающих на станции на момент разреза графика ( $t_{раз}$ ), равно трем. Максимальное же потребное число путей в техническом парке для данного графика равно максимальному количеству составов, одновременно простаивающих на станции. В рассматриваемом примере потребное число путей равно четырем.

Расписание прибытия с учетом нормы времени оборота ( $t_i + T_{об}^i$ ) и расписание отправления ( $T_j$ ) поездов делят временную ось, соответствующую данной станции оборота на сетке графика движения, на временные отрезки [46].

Произведём увязку составов в оборот, не соблюдая ограничение по парности движения. При этом можно увязывать между собой поезда разных назначений. Алгоритм увязки расписаний состоит из следующих операций:

**Шаг 1.** Увязывается расписание прибытия с расписанием отправления.

Необходимо прибавить ко времени прибытия составов на пассажирскую станцию оборота  $M(t_i)$  норму времени на подготовку состава в рейс ( $T_{об}^i$ ) по

данной станции. Норма времени зависит от того, является ли пассажирская станция для данного состава станцией формирования или станцией оборота, а также от времени следования состава по полигону и от расстояния от пассажирской станции до пассажирской технической станции или до пункта отстоя поездов. Типовые нормативы времени на подготовку пассажирских составов своего формирования и по обороту представлены в таблице 3.1 [46].

Таблица 3.1

Типовые нормативы времени на подготовку пассажирских составов своего формирования и по обороту, мин

Время в пути, сутки	Количество вагонов в составе																		
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Станция формирования																		
менее 1	284	296	308	318	332	345	360	371	385	397	409	420	434	448	463	475	488	501	515
1-3	332	347	361	374	389	405	420	435	452	464	481	494	511	527	545	558	574	589	606
более 3	376	393	409	425	442	460	480	494	514	528	547	562	582	600	617	632	651	668	687
	Станций оборота																		
менее 1	180	190	199	210	220	230	240	249	264	274	284	293	305	316	330	339	350	361	373
1-3	233	244	255	266	278	290	300	313	328	339	350	365	373	385	401	411	423	435	448
более 3	272	287	301	314	329	345	360	375	392	404	421	434	451	467	485	498	514	529	546

Фрагмент графика движения поездов на перегоне, примыкающем к пассажирской станции, с учетом нормы оборота представлен на рисунке 3.4.

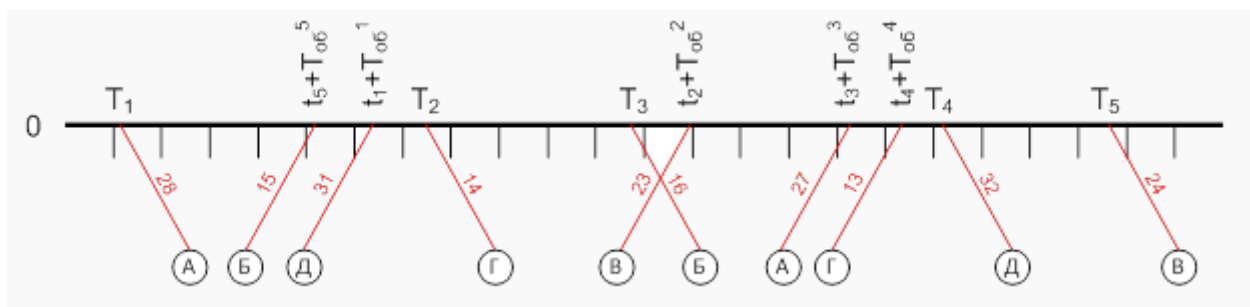


Рисунок 3.4 - Фрагмент графика движения поездов по пассажирской станции с учетом нормы оборота

**Шаг 2.** Число составов, простаивающих на станции, внутри линии увязки уменьшается на единицу.

Обозначим число составов, простаивающих на пассажирской станции на начало суток, переменной  $k$ . После каждого прибытия поезда с учётом времени оборота число составов, находящихся на станции увеличивается на единицу, а после каждого отправления уменьшается на единицу. Этим определяется количество простаивающих на станции составов для каждого временного отрезка. Временной отрезок, в течение которого на станции отсутствует простой составов, называется нулевым отрезком. Определим наименьшее число составов, простаивающих на станции. Это число должно быть равно 0, так как в противном случае это приведёт к необоснованному увеличению потребного числа составов, обращающихся на полигоне.

В данном примере минимальное число составов на станции равно  $k-1$ . Следовательно,  $k-1=0$ , отсюда  $k=1$ . Если  $k-1=1$ ,  $k=2$ , тогда появится один состав, который будет простаивать на пассажирской станции в течение суток [46,56].

На рисунке 3.5 представлен фрагмент графика движения поездов по пассажирской станции с учетом нормы оборота и определёнными количествами простаивающих составов в каждый момент времени.



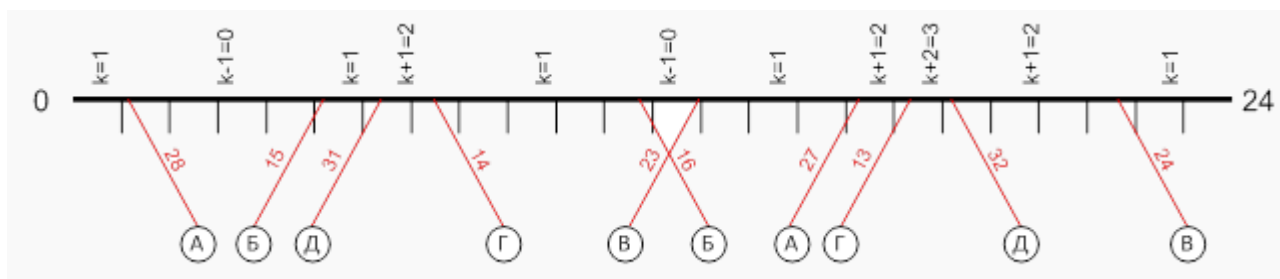


Рисунок 3.5 - Фрагмент графика движения поездов по пассажирской станции с определенным количеством простаивающих составов на станции

### Шаг 3. Производится увязка составов в общий оборот.

Расписание прибытия поезда (с учётом нормы оборота) на станцию оборота может быть увязано с расписанием отправления только в том случае, когда линия увязки этих расписаний не проходит через нулевой отрезок. В противном случае увязка соответствующих расписаний приведёт к необоснованному увеличению необходимого числа составов. Увяжем составы поездов одного назначения, если это возможно. Это обеспечивает лучшие условия для работы поездных бригад и сравнительно простую технологию работы с пассажирскими поездами. После этого увяжем в оборот остальные составы пассажирских поездов разных назначений.

Полученный график увязки поездов в общий оборот на пассажирской станции полигона представлен на рисунке 3.6.

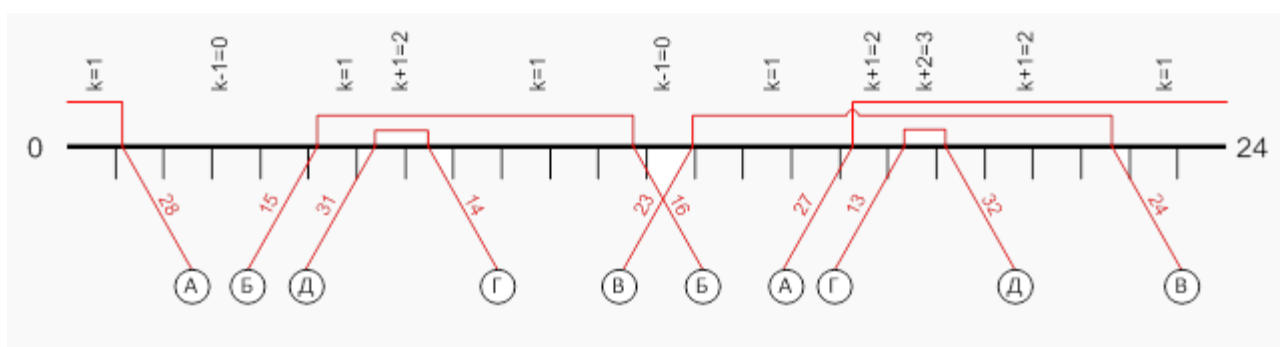


Рисунок 3.6 - График увязки пассажирских поездов в общий оборот на пассажирской станции полигона

Из графика видно, что пары поездов 13/14 и 31/32 увязаны между собой в общий оборот. При этом состав поезда №31 следует от станции Д до пассажирской станции полигона, затем следует по маршруту поезда №14 до станции Г, а затем по обороту от станции Г по маршруту поезда №13 до пассажирской станции, а далее с поездом №32 до станции его назначения Д.

Данный вариант увязки составов поездов в общий оборот сокращает количество составов, простаивающих на пассажирской станции в момент разреза графика, с трёх до одного. Максимальное же потребное число путей в техническом парке для данного графика равно максимальному количеству составов, одновременно простаивающих на станции. В данном случае потребное число путей равно трем. Таким образом, увязка поездов 13/14 и 31/32 между собой в общий оборот дает высвобождение одного пути в техническом парке пассажирской станции.

### **3.2.2. Пример увязки составов по станции Москва-Пассажирская-Казанская**

Описанный метод увязки составов в общий оборот используем для станции Москва-Пассажирская-Казанская. Расписания прибытия и отправления пассажирских поездов на указанную станцию приведены в таблицах 3.2 и 3.3 соответственно. В зависимости от схем поездов (композиций составов), их длины, фирменности и принадлежности вагонов все поезда распределены на 3 класса (таблица 3.4).

Расписание прибытия пассажирских поездов на станцию Москва-Пассажирская-Казанская

№	№ поезда	Маршрут следования	Время прибытия	Формирование	Время в пути (сут)	Протяжённость маршрута (км)	Схема состава				Длина состава
							СВ	Купе	Плацкарт	Общий	
1	081И	Улан-Удэ — Москва	4:41	В-СИБ	18:00	5488	0	5	6	0	11
2	121Й	Самара — Москва	4:52	КБШ	17:30	1044	0	6	10	0	16
3	202С	Адлер — Москва	4:57	МСК	12:00	1865	0	1	13	0	14
4	063Й	Димитровград — Москва	5:15	КБШ	17:48	969	0	6	9	0	15
5	112Й	Круглое Поле — Москва	5:28	МСК	21:43	1226	1	8	8	0	17
6	095Н	Барнаул — Москва	5:38	З-СИБ	11:00	3433	0	6	7	0	13
7	055Й	Самара — Москва	5:46	МСК	17:31	1044	0	7	4	0	11
8	093Й	Пенза — Москва	5:55	КБШ	12:43	710	1	8	7	0	16
9	049Г	Казань — Москва	6:11	МСК	12:28	793	1	6	4	0	11
10	067Й	Самара — Москва	9:08	КБШ	17:02	1044	0	6	7	0	13
11	131У	Орск — Москва	9:38	Ю-УР	13:00	1853	0	4	7	0	11
12	066Э	Тольятти — Москва	10:24	КБШ	18:00	1041	1	8	7	0	16
13	097Г	Казань — Москва	10:35	ГОР	12:28	793	1	7	9	0	17
14	141Г	Чебоксары — Москва	11:15	МСК	13:40	768	0	3	9	0	12
15	271Г	Казань — Москва	11:25	ГОР	12:28	793	0	5	8	0	13
16	256Й	Пенза — Москва	11:35	КБШ	12:43	710	0	7	10	0	17
17	217Г	Чебоксары — Москва	12:35	ГОР	13:40	768	0	6	10	0	16
18	209Ж	Ульяновск — Москва	13:00	КБШ	16:48	873	0	8	3	0	11
19	205Э	Казань — Москва	13:10	МСК	12:28	793	0	7	9	0	16
20	011Э	Анапа — Москва	14:00	С-КВ	0:57	1633	2	8	5	0	15
21	045В	Воронеж — Москва	14:17	МСК	7:12	588	2	8	1	0	11
22	155С	Анапа — Москва	15:10	МСК	0:57	1649	0	1	13	0	14
23	143С	Кисловодск — Москва	15:38	С-КВ	6:00	1798	1	6	5	0	12
24	126С	Новороссийск — Москва	19:37	С-КВ	6:00	1606	0	8	8	0	16
25	151С	Анапа — Москва	21:05	МСК	0:57	1636	0	6	10	0	16

Расписание отправления пассажирских поездов со станции Москва-Пассажирская-Казанская

№	№ поезда	Маршрут следования	Отправление	Формирование	Время в пути (сут)	Протяжённость маршрута (км)	Схема состава				Длина состава
							СВ	Купе	Плацкарт	Общий	
1	082И	Москва — Улан-Удэ	13:10	В-СИБ	18:00	5488	0	5	6	0	11
2	122В	Москва — Самара	17:08	КБШ	17:30	1044	0	6	10	0	16
3	202М	Москва — Адлер	23:50	МСК	12:00	1865	0	1	13	0	14
4	064Й	Москва — Димитровград	14:28	КБШ	17:48	969	0	6	9	0	15
5	112М	Москва — Круглое Поле	22:16	МСК	21:43	1226	1	8	8	0	17
6	096Н	Москва — Барнаул	19:39	З-СИБ	11:00	3433	0	6	7	0	13
7	056М	Москва — Самара	14:08	МСК	17:31	1044	0	7	4	0	11
8	094Й	Москва — Пенза	16:20	КБШ	12:43	710	1	8	7	0	16
9	050М	Москва — Казань	19:20	МСК	12:28	793	1	6	4	0	11
10	068Й	Москва — Самара	18:10	КБШ	17:02	1044	0	6	7	0	13
11	132У	Москва — Орск	15:35	Ю-УР	13:00	1853	0	4	7	0	11
12	066Й	Москва — Тольятти	16:10	КБШ	18:00	1041	1	8	7	0	16
13	098Х	Москва — Казань	0:15	ГОР	12:28	793	1	7	9	0	17
14	142Г	Москва — Чебоксары	23:38	МСК	13:40	768	0	3	9	0	12
15	272Х	Москва — Казань	17:48	ГОР	12:28	793	0	5	8	0	13
16	256Х	Москва — Пенза	23:28	КБШ	12:43	710	0	7	10	0	17
17	218М	Москва — Чебоксары	2:20	ГОР	13:40	768	0	6	10	0	16
18	210М	Москва — Ульяновск	0:50	КБШ	16:48	873	0	8	3	0	11
19	206Х	Москва — Казань	23:18	МСК	12:28	793	0	7	9	0	16
20	012М	Москва — Анапа	10:20	С-КВ	0:57	1633	2	8	5	0	15
21	046В	Москва — Воронеж	15:50	МСК	7:12	588	2	8	1	0	11
22	156М	Москва — Анапа	22:28	МСК	0:57	1649	0	1	13	0	14
23	144Ч	Москва — Кисловодск	14:18	С-КВ	6:00	1798	1	6	5	0	12
24	126Э	Москва — Новороссийск	0:25	С-КВ	6:00	1606	0	8	8	0	16
25	152М	Москва — Анапа	8:40	МСК	0:57	1636	0	6	10	0	16

Увязку поездов в общий оборот производим отдельно по каждому классу поездов.

1. Рассмотрим поезда «первого» класса. Унифицированная схема состава поезда «первого» класса будет выглядеть следующим образом:  $1(\text{СВ})+7(\text{Купе})+4(\text{Плацкарта})+0(\text{Общих})=11$  вагонов. На головной станции оборачиваются 5 пар таких поездов за сутки.

Для сравнения приведём два варианта увязки составов в оборот: по действующей методике увязки составов с сохранением парности и по предлагаемой в данной работе методике увязки. Для удобства расчёта добавим ко времени прибытия норму времени оборота (таблица 3.1). Полученный график приведён на рисунке 3.7.

Произведём увязку действующим методом с сохранением парности движения (рисунок 3.8). По рисунку видим, что в данном варианте в начале разреза графика простаивает 3 состава, а максимальное количество составов, одновременно простаивающее на головной станции (потребное количество путей на станции), равно 4.

Произведём увязку составов в оборот, не соблюдая ограничение по парности движения. При этом можно увязывать между собой поезда разных назначений. Для этого произведём шаги 1–3, описанные в разделе 3.2. Полученный график увязки поездов в общий оборот на головной станции полигона представлен на рисунке 3.9.

По рисунку 3.9 видим, что требуемое количество составов поездов сократилось на один состав, максимальное количество составов, одновременно простаивающих на станции (потребное количество путей на станции), равно 3. Также сократилось время простоя составов на станции. Результаты вычисления простоев сведены в таблицу 3.4.

2. Рассмотрим поезда «второго» класса. Унифицированная схема состава поезда «второго» класса будет выглядеть следующим образом:

$0(\text{СВ})+6(\text{Купе})+9(\text{Плацкартов})+0(\text{Общих})=15$  вагонов. На головной станции за сутки оборачивается 17 пар таких поездов. График прибытия и отправления представлен на рисунке 3.10 (для удобства отображения «ниток» поездов на рисунке, масштаб времени не соблюдается).

График увязки поездов в оборот с сохранением парности движения представлен на рисунке 3.11. По нему видно, что количество составов, простаивающее в начале разреза графика, равно 3, а максимальное количество одновременно простаивающих составов (потребное количество путей на станции) равно 9.

На рисунке 3.12 представлен альтернативный вариант увязки поездов «второго» класса в общий оборот без сохранения парности движения. Из рисунка 3.12 видно, что в альтернативном варианте количество поездов, простаивающих в начале разреза графика, уменьшилось до 2, а максимальное количество одновременно простаивающих поездов (потребное количество путей на станции) осталось прежним. Результаты вычисления простоев сведены в таблицу 3.4.

3. Рассмотрим поезда «третьего» класса. Унифицированная схема состава поезда «третьего» класса будет выглядеть следующим образом:  $0(\text{СВ})+2(\text{Купе})+11(\text{Плацкартов})+0(\text{Общих})=13$  вагонов. На головной станции за сутки оборачивается 3 пары поездов данного класса. График прибытия и отправления представлен на рисунке 3.13.

Нитки поездов данного класса можно увязать без прохождения их через нулевой отрезок ( $k=0$ ), поэтому альтернативный вариант увязки поездов без сохранения парности движения исключается. График увязки поездов «третьего» класса в общий оборот представлен на рисунке 3.14. Данный вариант не даёт экономии.



Рисунок 3.7 - График прибытия и отправления поездов «первого» класса с учетом нормы времени оборота

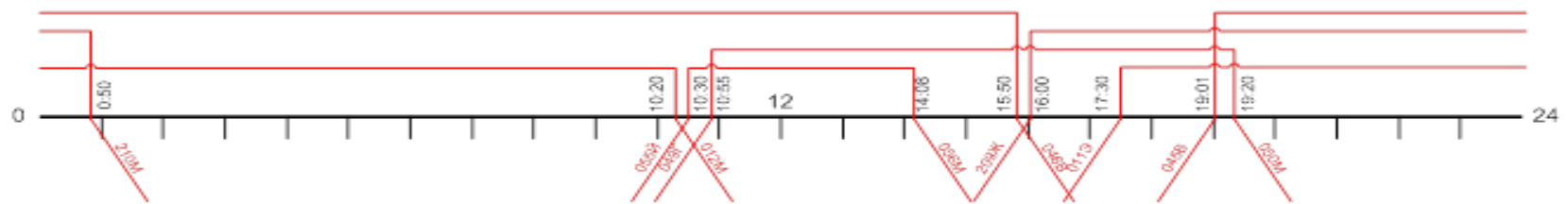


Рисунок 3.8 - График увязки пассажирских поездов «первого» класса в общий оборот



Рисунок 3.9 - График увязки пассажирских поездов «первого» класса в общий оборот без сохранения парности

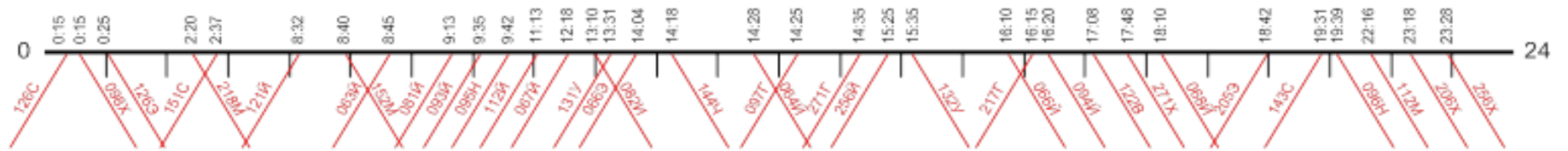


Рисунок 3.10 - График прибытия и отправления поездов «второго» класса с учетом нормы времени оборота

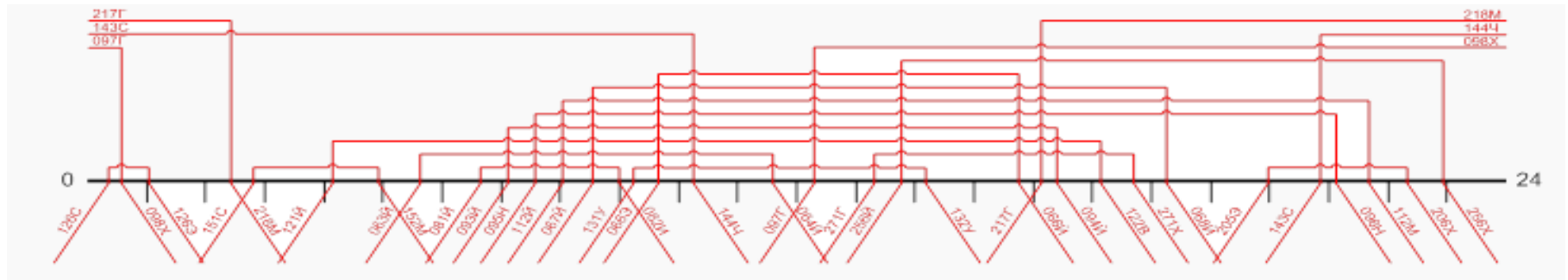


Рисунок 3.11 - График увязки пассажирских поездов «второго» класса в общий оборот

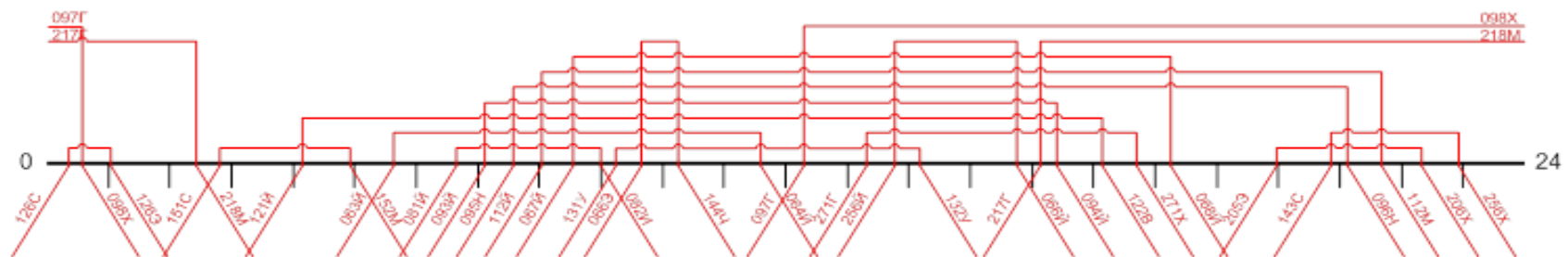


Рисунок 3.12 - График увязки пассажирских поездов «второго» класса в общий оборот без сохранения парности





Рисунок 3.13 - График прибытия и отправления поездов «третьего» класса с учетом нормы времени оборота

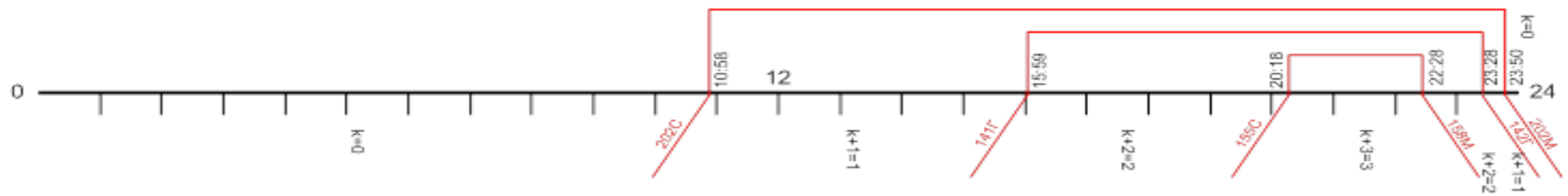


Рисунок 3.14 - График увязки пассажирских поездов «третьего» класса в общий оборот

Увязка составов в общий оборот и подсчёт времени простоя поездов на головной станции

№	№ поезда	Прибытие на М-Пасс-Каз.	№ поезда	Отправление с М-Пасс-Каз.	Формирование	Время в пути (сут)	Длина состава	Класс	Норма оборота (мин)	Смещённое время прибытия	Прежний вариант		Новый вариант		Экономия времени $\Delta N t_{\text{п}}$ (час)	Экономия (вагоно-час)
											Увязка с поездом	Время простоя (час:мин)	Увязка с поездом	Время простоя (час:мин)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
<b>"Первый" класс</b>																
1	055Й	5:46	056М	14:08	МСК	0,73	12	1	284	10:30	056М	3:38	056М	3:38	0,00	0
2	049Г	6:11	050М	19:20	МСК	0,52	12	1	284	10:55	050М	8:25	046В	4:55	3,50	38,5
3	209Ж	13:00	210М	0:50	КБШ	0,70	12	1	180	16:00	210М	8:50	210М	8:50	0,00	0
4	011Э	14:00	012М	10:20	С-КВ	1,04	12	1	210	17:30	012М	16:50	012М	16:50	0,00	0
5	045В	14:17	046В	15:50	МСК	0,30	12	1	284	19:01	046В	20:49	050М	0:19	20,50	225,5
<b>Итого</b>															<b>24,00</b>	<b>264,0</b>
<b>"Второй" класс</b>																
1	081И	4:41	082И	13:10	В-СИБ	3,75	15	2	272	9:13	082И	3:57	082И	3:57	0,00	0
2	121Й	4:52	122В	17:08	КБШ	0,73	15	2	220	8:32	122В	8:36	122В	8:36	0,00	0
3	063Й	5:15	064Й	14:28	КБШ	0,74	15	2	210	8:45	064Й	5:43	064Й	5:43	0,00	0
4	112Й	5:28	112М	22:16	МСК	0,91	15	2	345	11:13	112М	11:03	112М	11:03	0,00	0
5	095Н	5:38	096Н	19:39	З-СИБ	2,46	15	2	244	9:42	096Н	9:57	096Н	9:57	0,00	0
6	093Й	5:55	094Й	16:20	КБШ	0,53	15	2	220	9:35	094Й	6:45	094Й	6:45	0,00	0
7	067Й	9:08	068Й	18:10	КБШ	0,71	15	2	190	12:18	068Й	5:52	068Й	5:52	0,00	0
8	131У	9:38	132У	15:35	Ю-УР	1,54	15	2	233	13:31	132У	2:04	132У	2:04	0,00	0
9	066Э	10:24	066Й	16:10	КБШ	0,75	15	2	220	14:04	066Й	2:06	144Ч	0:14	1,87	29,92
10	097Г	10:35	098Х	0:15	ГОР	0,52	15	2	230	14:25	098Х	9:50	098Х	9:50	0,00	0

Продолжение таблицы 3.4

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
11	271Г	11:25	272X	17:48	ГОР	0,52	15	2	190	14:35	272X	3:13	272X	3:13	0,00	0
12	256Й	11:35	256X	23:28	КБШ	0,53	15	2	230	15:25	256X	8:03	068Й	0:45	7,30	124,1
13	217Г	12:35	218М	2:20	ГОР	0,57	15	2	220	16:15	218М	10:05	218М	10:05	0,00	0
14	205Э	13:10	206X	23:18	МСК	0,52	15	2	332	18:42	206X	4:36	206X	4:36	0,00	0
15	143С	15:38	144Ч	14:18	С-КВ	1,25	15	2	233	19:31	144Ч	18:47	256X	3:57	14,83	177,96
16	126С	19:37	126Э	0:25	С-КВ	1,25	15	2	278	0:15	126Э	0:10	126Э	0:10	0,00	0
17	151С	21:05	152М	8:40	МСК	1,04	15	2	332	2:37	152М	6:03	152М	6:03	0,00	0
<b>Итого</b>															<b>24,00</b>	<b>332,0</b>
<b>"Третий" класс</b>																
1	202С	4:57	202М	23:50	МСК	1,50	13	3	361	10:58	202М	12:52	202М	12:52	0,00	0
2	141Г	11:15	142Г	23:38	МСК	0,57	13	3	284	15:59	142Г	7:39	142Г	7:39	0,00	0
3	155С	15:10	156М	22:28	МСК	1,04	13	3	308	20:18	156М	2:10	156М	2:10	0,00	0
<b>Итого</b>															<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Всего</b>															<b>48,00</b>	<b>596,0</b>

Определим экономию требуемого количества путей на пассажирской станции через суммарные поездо-часы простоя:

$$\text{для поездов «первого» класса: } L = \frac{\Delta \sum N t_{\text{п}}}{24} = \frac{24}{24} = 1 \text{ путь;}$$

$$\text{для поездов «второго» класса: } L = \frac{\Delta \sum N t_{\text{п}}}{24} = \frac{24}{24} = 1 \text{ путь.}$$

Таким образом, при увязке поездов в общий оборот без соблюдения ограничения по парности, мы получили высвобождение двух путей на пассажирской станции.

### 3.3. Техничко-технологическое обоснование выбора мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций

#### 3.3.1. Выбор метода расчета пропускной способности пассажирской станции

Для решения задачи определения сроков внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирской станции необходимо проанализировать зависимость наличной и требуемой пропускной способности станции от времени.

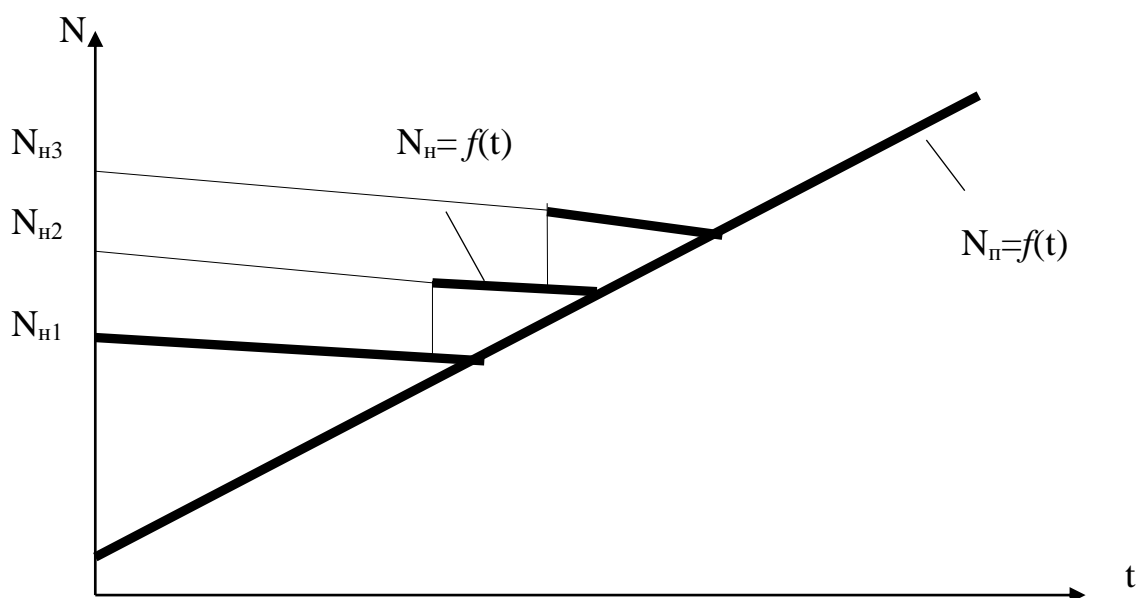


Рисунок 3.15 - Характер изменения требуемой и наличной пропускной способности элементов станции

На рисунке 3.15 видно, что потребная пропускная способность ( $N_n$ ) будет расти во времени. Это связано, в первую очередь, с повышением спроса на пассажирские и пригородные перевозки в крупных мегаполисах, вызванного постоянным притоком населения, а также проблемами, связанными с альтернативными видами транспорта (дорожные заторы, высокая стоимость перевозки, необходимость пересадки и т. д.). В то же время наличная пропускная способность  $N_n$  имеет вид прямой, расположенной под наклоном к оси времени, что говорит о ее постепенном снижении из-за «морального» старения технического оснащения (увеличение коэффициента отказов устройств СЦБ, ограничения скорости по техническому состоянию пути и т.п.).

Внедрение мероприятий по увеличению пропускной способности должно происходить раньше срока её исчерпания для создания необходимого резерва мощности всех элементов станции.

Возникает вопрос: какие из мероприятий 2-й группы внедрять на конкретной станции и в какой период? У любой пассажирской станции ограничение пропускной способности находится в одном из трех ее элементов (далее – система):

- 1) приемо-отправочные пути;
- 2) горловины станции;
- 3) технические парки.

Все мероприятия 2-й группы можно условно разбить на 3 подгруппы в соответствии с 3-мя системами станции:

- 1) относящиеся к повышению пропускной способности приемо-отправочных путей;
- 2) относящиеся к повышению пропускной способности горловин;
- 3) относящиеся к повышению пропускной способности технических парков.

Соответственно, при наступлении времени внедрения очередного мероприятия (группы мероприятий) по увеличению пропускной способности станции необходимо выявить «узкое» место станции имеющимися методами

расчета пропускной способности. Затем, после сравнения между собой коэффициентов загрузки систем, выбрать те или иные мероприятия по их снижению.

При выборе мероприятий по увеличению пропускной способности «узкого» места необходимо руководствоваться расчетами максимальной технологической эффективности (максимальной пропускной способности станции) проводимого мероприятия. Для этого возможно применение аналитического метода расчета пропускной способности станции или метода имитационного моделирования работы пассажирской станции. Проведем анализ изменения пропускной способности станции вышеуказанными способами при внедрении одних и тех же мероприятий: строительство дополнительного приемо-отправочного пути и укладка дополнительного съезда.

### 3.3.1.1. Аналитический метод

1) пропускная способность приемо-отправочных путей равна [49]:

$$N_{\text{п/о путей}} = \frac{(T_p - T_{\text{пост}}^{\text{п/о путей}}) \times m}{t_{\text{зан}}^{\text{п/о путей}} \times (1 + \rho)} \quad (3.6)$$

где:  $T_p$  - расчетный период, за который определяется пропускная способность, примем равным 1440 минут;

$m$  - число приемо-отправочных путей;

$T_{\text{пост}}^{\text{п/о путей}}$  - суммарное время занятия приемо-отправочных путей в течение расчетного периода операциями, связанными с приемом и отправлением поездов и различными маневровыми передвижениями;

$t_{\text{зан}}^{\text{п/о путей}}$  - средняя продолжительность занятия приемо-отправочного пути поездами, электровозами и др. маневровыми передвижениями;

$\rho$  - коэффициент, учитывающий отказы устройств СЦБ ( $\rho = 0,2$ ).

Из формулы 3.6 видно, что  $T_p, \rho, T_{\text{пост}}^{\text{п/о путей}}$  - это величины, которые можно принять за условно-постоянные, которые не будут иметь большого значения при внедрении мероприятий по повышению пропускной способности.

Таким образом, увеличить пропускную способность  $N_{\text{п/о путей}}$  можно либо за счет строительства дополнительных приемо-отправочных путей  $m$ , либо за счет уменьшения знаменателя  $t_{\text{зан}}^{\text{п/о путей}}$  при проведении мероприятий 1-й группы (см. таблицу 2.3).

Посмотрим, на какую величину  $X$  изменится пропускная способность при строительстве дополнительного приемо-отправочного пути:

$$N = \frac{(T_p - T_{\text{пост}}^{\text{п/о путей}}) \times m}{t_{\text{зан}}^{\text{п/о путей}} \times (1 + \rho)} \longrightarrow$$

$$N + X = \frac{(T_p - T_{\text{пост}}^{\text{п/о путей}}) \times (m + 1)}{t_{\text{зан}}^{\text{п/о путей}} \times (1 + \rho)} \longrightarrow$$

Тогда

$$X = \frac{1440 * m + 1440 - T_{\text{пост}}^{\text{п/о путей}} * m - T_{\text{пост}}^{\text{п/о путей}} - 1440 * m + T_{\text{пост}}^{\text{п/о путей}} * m}{t_{\text{зан}}^{\text{п/о путей}} * 1,2} =$$

$$= \frac{1200 - 0,83 * T_{\text{пост}}^{\text{п/о путей}}}{t_{\text{зан}}^{\text{п/о путей}}} \quad (3.7)$$

Формула 3.7 более наглядно показывает прямую зависимость пропускной способности от количества перронных путей и обратную от времени занятия пути одним поездом. Например, если среднее время нахождения поезда на приемо-отправочном пути снизить с 45 до 30 минут за счет перестановки составов из технического парка под посадку вагонами вперед поездными электровозами, то это позволит увеличить пропускную способность приемо-отправочных путей на 33%.

Увеличение же длины приемо-отправочных путей не повлияет на пропускную способность станции, зато позволит перевезти большее число пассажиров за счет увеличения длины поезда.

2) пропускная способность горловины равна [49]:

$$N = \frac{1440 - \sum t_{\text{пост}}^r}{\sum t_{\text{зан}}^r + \varphi t_{\text{вр}}^r} \quad (3.8)$$

где  $\sum t_{\text{пост}}^r$  — время занятия расчетного элемента (группы стрелочных переводов) в течение суток выполнением постоянных операций (подача вагонов к почтово-багажным помещениям и др.);

$\sum t_{\text{зан}}^r$  — время занятия расчетного элемента выполнением комплекса поездных и маневровых передвижений, связанных с пропуском поездов, приходящееся на один прибывающий (или отправляемый) поезд или пару поездов;

$t_{\text{вр}}^r$  — время возможных перерывов в использовании расчетного элемента из-за враждебных передвижений по другим элементам, приходящееся на один поезд;

$\varphi$  — поправочный коэффициент, учитывающий возможность совмещения невраждебных передвижений по горловинам с тремя и более элементами.

Из формулы 3.8 видно, что увеличить пропускную способность горловины можно только путем снижения времени возможных перерывов по наиболее загруженному элементу из-за враждебности передвижений по другим элементам за счет строительства дополнительных съездов и замены одиночных стрелочных переводов на перекрестные.

Причем лимитирующих элементов может быть несколько. В таком случае увеличение одного из них может ничего не дать: реконструктивные меры требуются сразу на все лимитирующие элементы. Если же такое «узкое» место одно, то прокладка параллельного маршрута следования может дать эффект по увеличению пропускной способности всей горловины до 50%.



Но надо учитывать также, что, несмотря на то, что загрузка всей станции равна загрузке «узкого» места, увеличение пропускной способности этого места в  $n$  раз не обязательно даст увеличение пропускной способности всей станции в  $n$  раз, так как после внедрения мероприятий может появиться «узкое» место в другой системе.

### **3.3.1.2. Метод имитационного моделирования**

Для определения пропускной способности станции методом имитационного моделирования составим алгоритм расчета, универсальный для всех типов станций. В качестве типового примера возьмем тупиковую станцию А, как наиболее сложный вариант, включающий в себя особенности всех типов станций, так как в данном случае происходит двойное занятие горловины каждым поездом, более длительное занятие приемо-отправочных путей поездами всех категорий, наибольшее число враждебных маршрутов, постоянный анализ приоритета приема перед отправлением или отправления перед приемом. Для отработки алгоритма ограничимся упрощенным вариантом схемы станции А, состоящим из двух главных путей, двух приемо-отправочных путей и двух диспетчерских съездов. Возможные маршруты следования поезда по станции А представлены на рисунке 3.16:

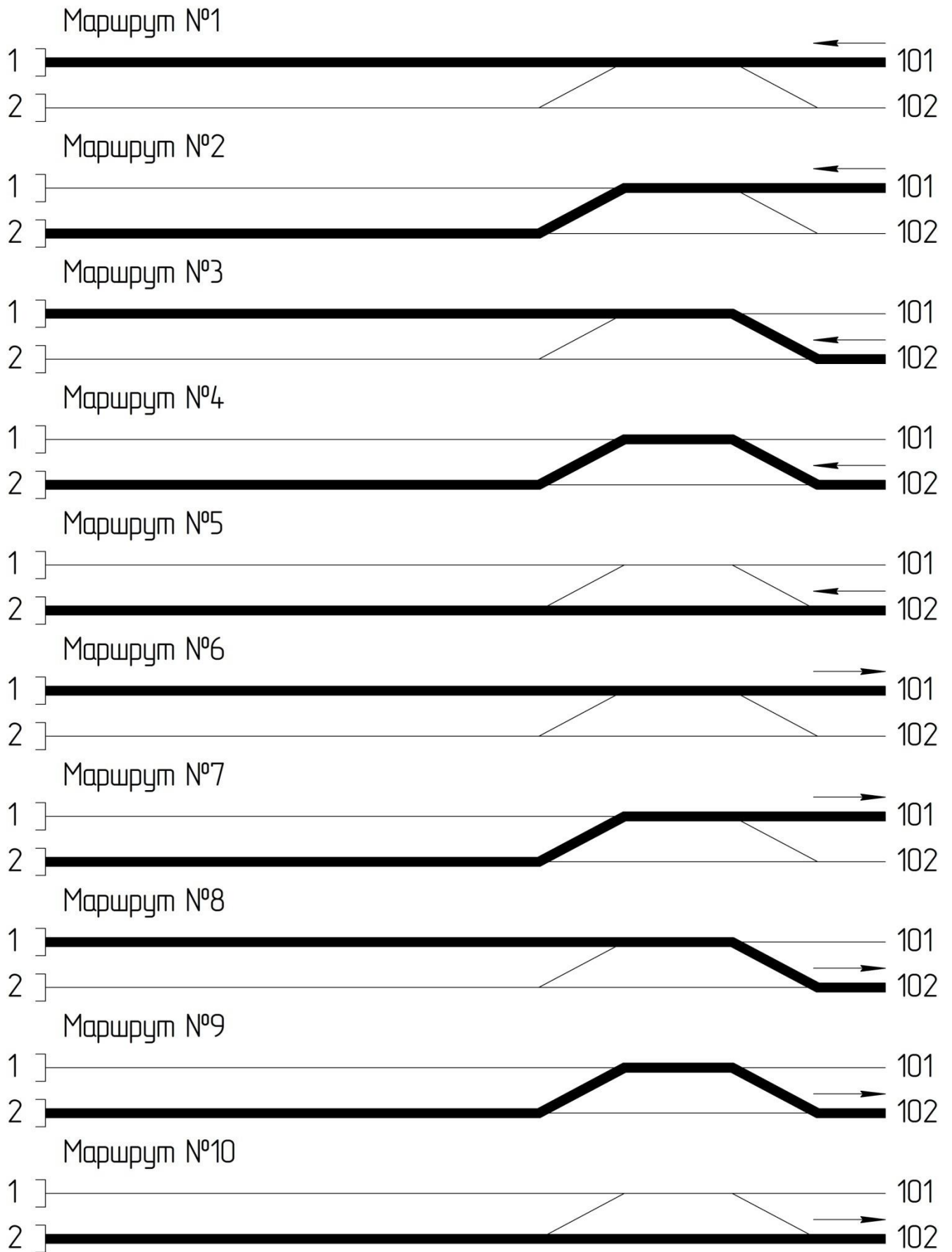


Рисунок 3.16 - Возможные маршруты следования поезда по упрощенной схеме станции А

Для решения задачи определения пропускной способности станции А на выходе требуется получить следующие данные:

- максимальное количество поездов по прибытию;
- максимальное количество поездов по отправлению;
- расписание движения поездов;
- время стоянки каждого поезда на станции.

Алгоритм расчета пропускной способности будет выглядеть следующим образом (рисунок 3.17):

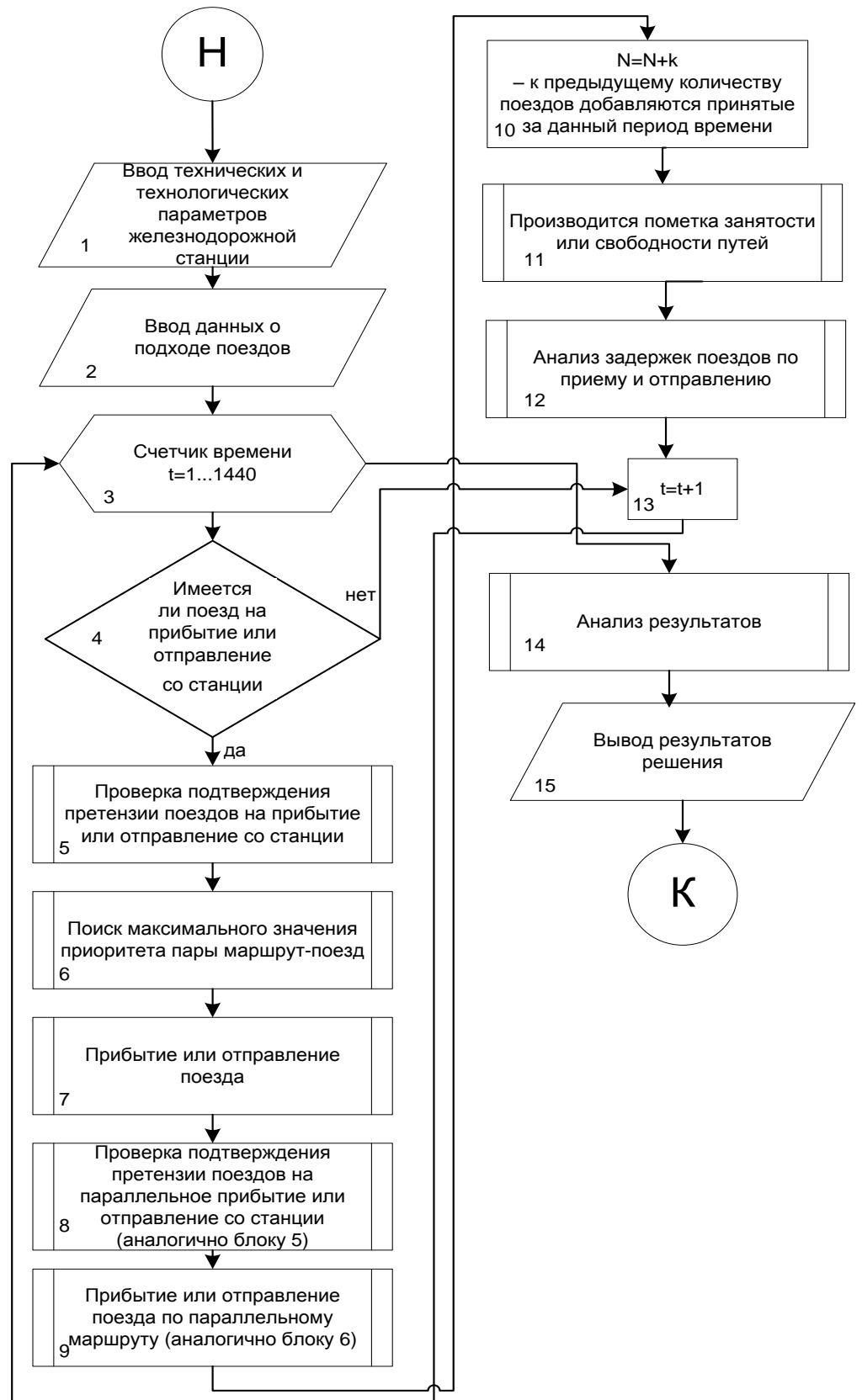


Рисунок 3.17 - Алгоритм расчета пропускной способности станции методом имитационного моделирования

Входными данными для расчета пропускной способности станции по данному алгоритму будут являться:

- количество главных путей на станции;
- количество приемо-отправочных путей на станции;
- максимальное количество возможных параллельных маршрутов приема или маршрутов отправления;
- возможные категории поездов, обращающихся на станции;
- минимальное время стоянки (задается для каждой категории поезда);
- минимальный интервал времени между отправлением и прибытием;
- таблица враждебности маршрутов;
- таблица всех маршрутов, где содержится информация по каждому маршруту (направление, время, приоритет);
- очередность подхода поездов различных категорий к станции.

Это тот минимальный перечень, который должен быть задан пользователем вручную. Для упрощения задачи опустим ряд нюансов, которые влияют на точность расчета: посекционная разделка, маневровая работа по перестановке в парк, перегонка локомотивов и т.д.

Приоритет пары «маршрут-поезд» складывается из следующих составляющих:

- приоритет поезда (производится исходя из категорий поездов);
- приоритет маршрута (чем больше враждебностей вызывает маршрут по отношению к другим маршрутам, тем меньше его приоритет);
- приоритет прибытия перед отправлением;

- приоритет очередности прибытия (необходим, когда имеется несколько категорий поездов).

Горловина кодируется в виде таблицы враждебности маршрутов (таблица 3.5). В таблице представляются все возможные маршруты в горловине. Маршрут включается в себя путь, с которого отправляется поезд, участки, занимаемые поездом в горловине станции, и путь, на который прибывает поезд.

В блоке 1 производится ввод параметров горловины и путей железнодорожной станции. Сюда относятся:

- схема горловины станции, которая представлена таблицей враждебности маршрутов;

- перечень всех возможных маршрутов приема и отправления;

- специализация станционных и перегонных путей;

- перечень изолированных участков, входящих в маршруты приема и отправления;

- время занятия каждого изолированного участка и маршрута в целом поездами всех категорий.

В блоке 2 производится ввод исходных данных по расписанию прибытия и отправлению поездов со станции, времени минимальной стоянки, значениям приоритетов поездов и маршрутов приема и отправления.

В блоке 3 начинается цикл по времени расчета на сутки.

В блоке 4 производится проверка претензии поезда на маршрут приема или отправления со станции. Сверяется текущий момент времени со временем прибытия или отправления поезда по расписанию. Проверяется свобода станционного пути (при приеме) или блок-участков приближения (при отправлении). Данные проверки выполняются для всех возможных маршрутов, ведущих с конкретного перегонного пути на конкретный станционный путь. Для

прибывающего поезда формируется матрица признаков претензии на все существующие маршруты (1 – претензия есть, 0- претензии нет).

В блоке 5 проверяется подтверждение претензии поезда на маршрут. Заполняется матрица подтверждений претензий для каждой пары «маршрут-поезд»: если путь, на который ведет маршрут, свободен, если признак претензии поезда на маршрут равен единице, то в ячейку заносится значение приоритета «маршрут-поезд». В противном случае – заносится ноль.

В блоке 6 производится поиск максимального значения приоритета пары «маршрут-поезд» в матрице подтвержденных приоритетов прибытия или отправления поезда (блок 5).

В блоке 7 производится прием или отправление поезда со станции с максимальным приоритетом, найденным в блоке 6.

Если одновременно необходимо принять или отправить два и более поезда, то производится проверка возможности параллельного приема и (или) отправления поезда, если позволяет конструкция горловины.

Блок 8. Производится проверка, аналогичная той, что описана в блоке 5. Дополнительно производится проверка враждебности рассматриваемого маршрута и маршрута, занятого приемом или отправлением поезда в блоке 7. Далее происходит поиск максимального приоритета пары «маршрут-поезд», аналогичный тому, что описан в блоке 6. Блок 8 выполняется столько раз, сколько максимально параллельных маршрутов в горловине минус единица.

Блок 9. Производится прием или отправление поезда со станции по параллельному маршруту с максимальным приоритетом.

Блок 10.  $N=N+1$ . Расчет числа поездов, пропущенных горловиной за расчетный период. К количеству принятых поездов в предыдущие моменты времени прибавляется число принятых поездов за текущий момент времени.

Блок 11. После приема или отправления поезда для матрицы свободы путей производится пометка освобождения или занятия поездом станционного пути и блок-участков приближения. При начале занятия блок-участков и маршрутов начинает отсчитываться счетчик времени занятия блок-участков и маршрутов.

Блок 12. Производится анализ фактически принятых и отправленных поездов в рассматриваемый момент времени. Если какой-либо поезд не был принят или отправлен из-за враждебностей маршрутов, то он отодвигается на следующий период времени и к его предполагаемому моменту прибытия прибавляется единица. Также увеличивается продолжительность стоянки поезда (при не отправке поезда).

Блок 13. Окончание рассматривания текущего момента времени и переход к следующему.

Блок 14. Производится анализ результатов работы имитационной модели и, при необходимости, производится обучение имитационной модели. Обучение производится путем корректировки приоритетов поездов, маршрутов.

Блок 15. Вывод результатов решения. Выводятся фактические времена прибытия и отправления поездов, фактические времена стоянок на станции. Выводится результат расчета пропускной способности горловины станции.

**Пример.** Требуется рассчитать пропускную способность упрощенной схемы станции А (рисунок 3.16).

Примем для станции А следующие исходные данные:

- количество категорий поездов – 3: высокоскоростные (минимальное время стоянки на станции – 15 минут), пассажирские (минимальное время стоянки на станции – 30 минут) и пригородные (минимальное время стоянки на станции – 15 минут);



- очередность подхода поездов различных категорий к станции: 1 высокоскоростной, 3 пассажирских, 1 высокоскоростной и 1 пригородный и т.д.;
- минимальный интервал времени между отправлением и прибытием – 10 минут;
- таблица враждебности маршрутов (таблица 3.5);
- таблица информации о маршрутах (направление, приоритет, время) (таблица 3.6).

Таблица 3.5

Таблица враждебности маршрутов для упрощенной схемы станции А

Номер маршрута	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
6	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1

Примечание к таблице 3.5. В данной таблице закодировано взаимное расположение всех маршрутов следования по упрощенной схеме станции А (5 маршрутов, представленных на рисунок 3.16 в направлении прибытия и отправления). При враждебном расположении маршрутов в таблице проставлена «1», при параллельном – «0». На примере рисунка 3.16 параллельность маршрутов обеспечивается только при поездных или маневровых передвижениях без отклонений по стрелочным переводам. В случае приема или отправления

любого поезда с отклонением по стрелочному переводу возникает враждебность – задержка второго поезда по прибытию или отправлению до тех пор, пока первый поезд не освободит стрелочные переводы. Значения по диагонали равны «1», так как сам себе любой маршрут всегда враждебен.

Таблица 3.6

Таблица информации о маршрутах для упрощенной схемы станции А

Номер маршрута	Начало маршрута	Конец маршрута	Приоритет	Время, сек
1	101	1	7	250
2	101	2	4	255
3	102	1	3	255
4	102	2	1	260
5	102	2	8	250
6	1	101	10	250
7	2	101	5	255
8	1	102	6	255
9	2	102	2	260
10	2	102	9	250

Примечание к таблице 3.6. В данной таблице информация о маршрутах представлена в следующем виде:

- первое число – начало маршрута (номер главного или приемо-отправочного пути);
- второе число – конец маршрута (номер главного или приемо-отправочного пути);
- третье число – приоритет маршрута в зависимости от степени и характера враждебности (чем меньше число, тем выше приоритет);
- четвертое число – время проследования маршрута поездом в секундах.

Результаты расчетов, полученные методом имитационного моделирования при помощи кода языка программирования Pascal по алгоритму, приведенному на рисунке 3.17, показывают, что при вышеприведенных исходных данных упрощенная станция А за сутки способна переработать 108 поездов по прибытию и 106 поездов по отправлению.

### **3.3.1.3. Практическое применение методов расчета пропускной способности при внедрении мероприятий по развитию пассажирских станций и сравнительный анализ их результатов**

Для оценки технологической эффективности внедрения мероприятий по развитию станций рассчитаем пропускную способность станции Москва-Пассажирская Октябрьская за сутки методом имитационного моделирования и аналитическим путем, проанализируем ее изменение после укладки дополнительного съезда и после укладки дополнительного приемо-отправочного пути обоими способами, а затем сравним полученные данные.

Для упрощения расчетов рассмотрим лишь горловину и приемо-отправочные пути для обращения поездов дальнего следования, исключив пригородную систему, технические парки, локомотивное депо, вагонное депо и багажный двор. Полученная схема путевого развития представлена на рисунке 3.18. Она состоит из 2-х главных и 5-ти приемо-отправочных путей, съездов для обеспечения выхода со всех приемо-отправочных на все главные пути, а также диспетчерского съезда между главными путями и дополнительного съезда на приемо-отправочный путь №1 для обеспечения попарной параллельности поездных и маневровых передвижений (параллельность обеспечивается между приемо-отправочными путями №№1,3 или 5, 7 или 9). Схема путевого развития станции после укладки дополнительных съездов представлена на рисунке 3.19. Добавленные съезды обеспечивают параллельность поездных и маневровых передвижений дополнительно между приемо-отправочными путями №№7 и 9. Схема путевого развития станции после укладки дополнительного пути №2 представлена на рисунке 3.20. На данной схеме имеется возможность попарных

параллельных поездных или маневровых передвижений со всех приемо-отправочных путей, за исключением путей №№3 и 5.

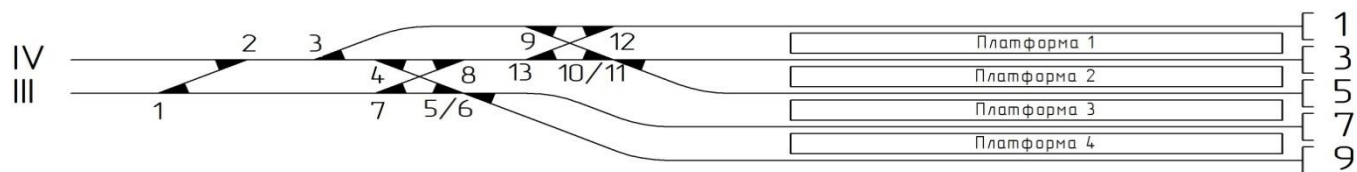


Рисунок 3.18 - Упрощенная схема части станции Москва-Пассажирская Октябрьская

Полученные результаты расчетов сведем в общую таблицу 3.7. При выполнении расчетов и подведении итогов следует обратить внимание на ряд нюансов:

- 1) метод имитационного моделирования, в отличие от аналитического метода, дает расчет пропускной способности всей станции, а не отдельных ее систем;
- 2) аналитический метод, в отличие от метода имитационного моделирования, не учитывает взаимодействие систем станции;
- 3) метод имитационного моделирования, в отличие от аналитического метода, не учитывает коэффициент отказа технических средств;
- 4) аналитический метод не дает достаточной точности при изменении конструкции горловины, так как учитывает не конкретный маршрут прохождения поезда, а лишь поправочный коэффициент возможности совмещения враждебных передвижений;
- 5) в таблице 3.3 анализ изменения пропускной способности станции приведен по отношению к предыдущей схеме, а не к первоначальной.

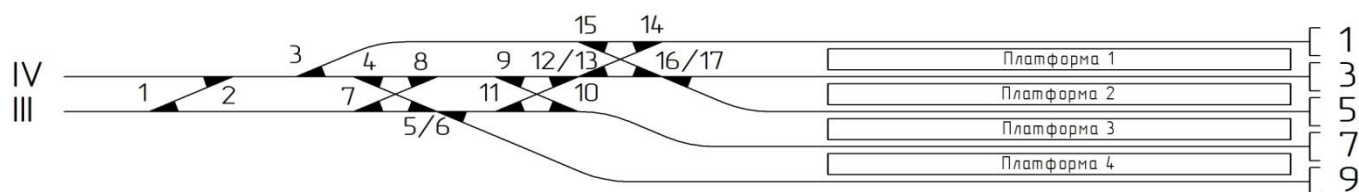


Рисунок 3.19 - Упрощенная схема части станции Москва-Пассажирская Октябрьская после укладки дополнительных съездов

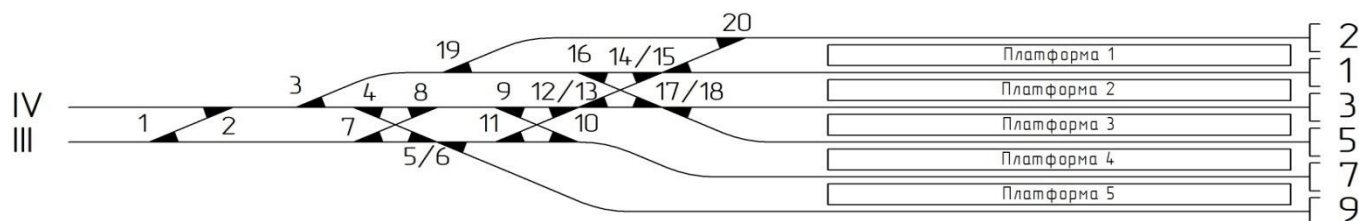


Рисунок 3.20 - Упрощенная схема части станции Москва-Пассажирская Октябрьская после укладки дополнительного пути

Таблица 3.7

Сравнительный анализ результатов расчета изменения пропускной способности после внедрения мероприятий на станции Москва-Пассажирская Октябрьская

№ п/ п	Метод	Пропускная способность станции, пар поездов			Пропускная способность после укладки дополнительных съездов, пар поездов				Пропускная способность после укладки дополнительного пути, пар поездов			
		поп	горл	$\Sigma$	поп	горл	$\Sigma$	%	поп	горл	$\Sigma$	%
1	Имитационный	-	-	182	-	-	185	1,6	-	-	197	6,4
2	Аналитический	300	141	141	300	144	144	2,1	320	144	144	-

Таким образом, метод имитационного моделирования более точен, но намного более трудоемок. Для детального анализа варианта целесообразней использовать метод имитационного моделирования.

### **3.3.2. Определение технологической эффективности внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций**

После выбора метода расчета пропускной способности пассажирской станции следует определить ожидаемый эффект от реализации мероприятий с технологической точки зрения.

Анализируя входные данные для расчета пропускной способности методом имитационного моделирования (п.3.3.1.2), можно сделать вывод, что основные параметры, характеризующие станцию (количество главных путей, количество приемо-отправочных путей, интервал попутного следования, интервал скрещения), задают данные таблицы информации о маршрутах (приоритет маршрута, время проследования маршрута). Эти данные, в свою очередь, напрямую влияют на таблицу враждебности маршрутов. Таблица враждебности маршрутов показывает, какое максимальное количество параллельных маршрутов возможно задать на станции. Увеличить это количество можно за счет внедрения технических мероприятий (строительства дополнительных приемо-отправочных путей, строительства дополнительных главных путей, укладки дополнительных съездов и т.д.), что позволит исключить враждебность и, следовательно, даст возможность раньше отправить поезд со станции. Увеличение пропускной способности технических парков также дает возможность более оперативного освобождения приемо-отправочных путей и последующего приема поезда. Таким образом, основная часть мероприятий по развитию пассажирских станций направлена на минимизацию времени нахождения поездов на приемо-отправочных путях.

Проанализируем зависимость пропускной способности пассажирской станции от времени стоянки поезда на приемо-отправочном пути. Для исключения случайных значений примем одну категорию поезда, которую будем пытаться принять на станцию с минимальным интервалом. Расчеты произведем с помощью алгоритма расчета пропускной способности пассажирской станции (рисунок 3.17) методом имитационного моделирования для трех различных фрагментов схемы произвольной пассажирской станции (рисунок 3.21 – 3.23),

изменяя только время стоянки. Для получения наиболее точных значений пропускной способности для расчета возьмем 32 значения времени стоянки поезда на приемо-отправочном пути от 1 минуты до трех часов. Время стоянки поезда обусловлено технологическими операциями на приемо-отправочных путях пассажирской станции (посадка-высадка пассажиров, отцепка почтово-багажных вагонов и т.д.) и враждебностью маршрутов при отправлении или перестановке поезда из-за занятости горловины. Практика показывает, что на выполнение технологических операций на тупиковых станциях минимум затрачивается 25 минут, на сквозных станциях – 1 минута. Дальнейшее сокращение времени стоянки поезда может привести к ухудшению качества обслуживания пассажиров. Среднее время обработки состава пассажирского поезда по отправлению на тупиковых станциях, согласно пооперационного графика (рисунок 3.25), составляет 45 минут. Однако, на тупиковых пассажирских станциях, имеющих большой объем работы по формированию поездов в технических парках, где отсутствует технологическая возможность вывоза составов на близлежащие станции, приемо-отправочные пути зачастую используются для отстоя составов пассажирских поездов. Как правило, время отстоя составов на приемо-отправочных путях не превышает трех часов. В качестве расчетного периода предлагается взять сутки, не учитывая потребности перевозочных компаний и внутрисуточную неравномерность, так как это даст объективную картину максимальной производственной мощности пассажирской станции.

Полученные данные сведем в таблицу 3.8 и построим по ним зависимости.

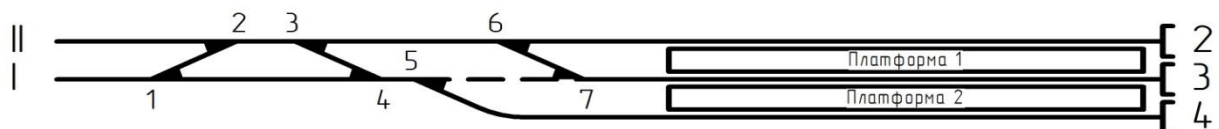


Рисунок 3.21 - Фрагмент схемы произвольной пассажирской станции с 3-мя перронными путями (схема №1)

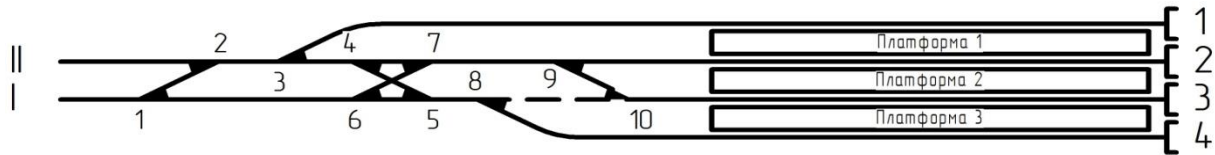


Рисунок 3.22 - Фрагмент схемы произвольной пассажирской станции с 4-мя перронными путями (схема №2)

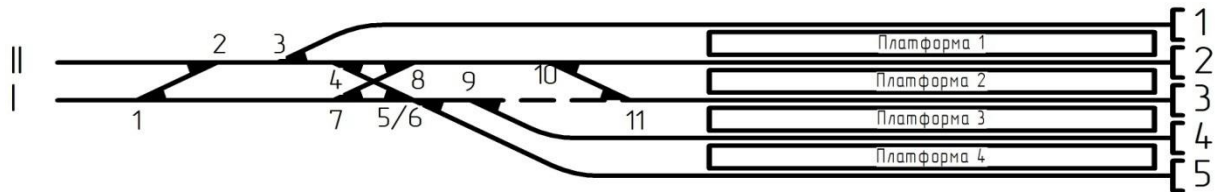


Рисунок 3.23 - Фрагмент схемы произвольной пассажирской станции с 5-ю перронными путями (схема №3)

Таблица 3.8

Зависимость пропускной способности пассажирской станции от времени стоянки поезда на приемо-отправочных путях

№п/п	Минимальный интервал стоянки, мин	Пропускная способность схемы №1 , пар поездов	Пропускная способность схемы №2 , пар поездов	Пропускная способность схемы №3 , пар поездов
1	0,5	201	191	174
2	1	201	191	174
3	5	201	191	186
4	10	201	191	184
5	11	201	188	182
6	12	200	186	180
7	13	200	184	178
8	14	188	176	182
9	15	188	176	181
10	16	187	176	181
11	17	187	176	181
12	18	187	176	180
13	19	199	175	179
14	20	199	175	172



15	21	199	175	166
16	22	198	175	159
17	23	198	175	154
18	24	190	175	148
19	25	190	175	144
20	26	190	175	138
21	27	190	175	134
22	28	189	173	130
23	29	189	168	126
24	30	188	163	123
25	45	141	113	85
26	60	108	87	66
27	75	84	70	53
28	90	74	59	45
29	100	65	52	39
30	120	55	44	33
31	150	45	36	27
32	180	35	28	21

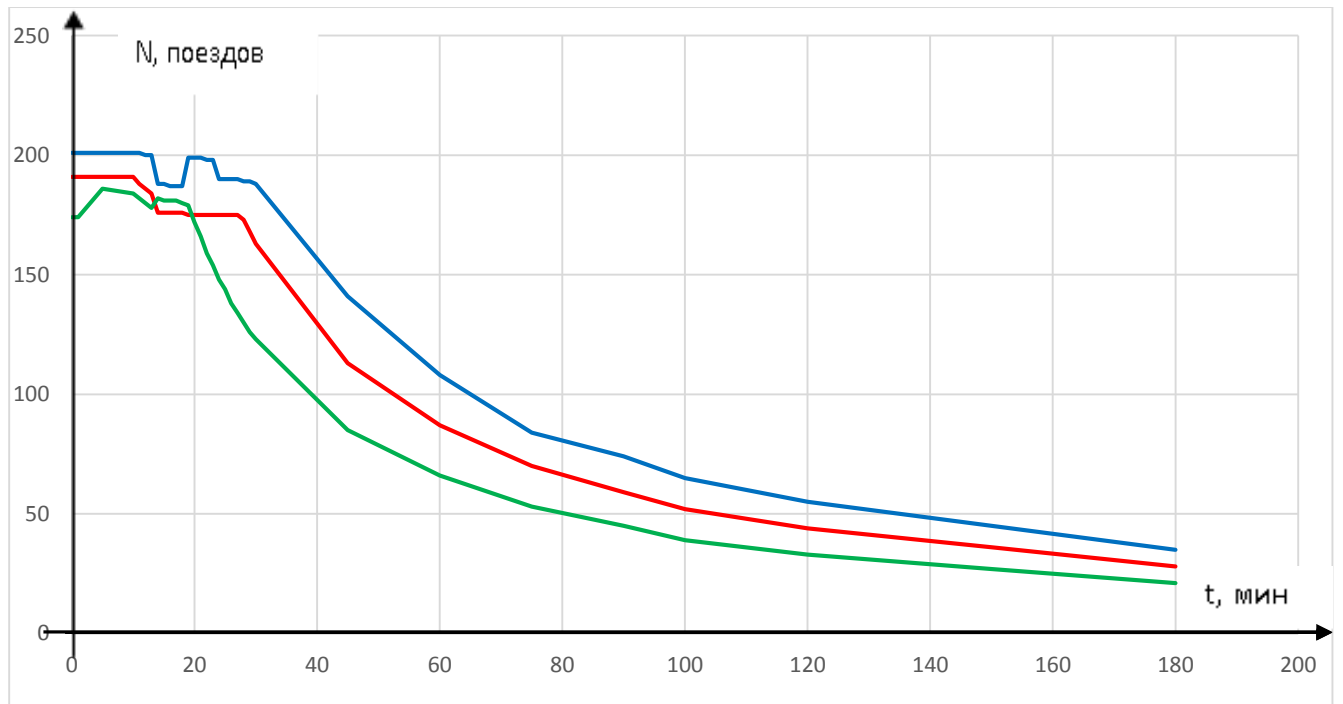


Рисунок 3.24 - Зависимость пропускной способности пассажирской станции от времени стоянки поезда на приемо-отправочном пути

Из полученной зависимости (рисунок 3.24) видно, что сокращение времени стоянки на приемо-отправочном пути дает желаемый результат (повышение пропускной способности пассажирской станции) лишь до определенного предела «А» (27 минута на рисунке 3.24). При дальнейшем сокращении времени стоянки пропускная способность станции не увеличивается. Это говорит о том, что лимитирующим элементом станции является теперь горловина: задержка поезда по отправлению вызвана занятостью горловины из-за приема поезда враждебным маршрутом. После 75-й минуты графики зависимостей всех трех схем имеют более пологий вид (рисунок 3.24), интенсивность роста пропускной способности пассажирской станции от уменьшения времени стоянки поезда незначительная, что также говорит о незначительной эффективности возможных результатов при сокращении времени стоянки до 75-й минуты (предел «В»). Следовательно, наибольшим эффектом будут обладать те мероприятия по развитию пассажирских станций, которые позволят снизить время стоянки поезда в диапазоне А-В.

Ожидаемый эффект от реализации мероприятий 1-й группы можно оценить по графику зависимости пропускной способности от времени стоянки поезда на приемо-отправочном пути, предварительно рассчитав сокращение времени стоянки от внедряемого мероприятия. Для расчета эффекта от реализации мероприятий 2-й и 3-й групп нужно частично или полностью (в случае глобальной реконструкции станции) изменять исходные данные алгоритма расчета пропускной способности станции методом имитационного моделирования (рисунок 3.17) и полученные результаты сравнивать с первоначальным состоянием. В качестве примера расчета ожидаемого эффекта от внедрения мероприятий рассмотрим несколько пунктов из таблицы 2.3 применительно к условным схемам (рисунок 3.21 – 3.23). Полученные результаты сведем в таблицу 3.9 с комментариями ниже.

Ожидаемый эффект от внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности перронных путей и горловин пассажирских станций с применением алгоритма расчета методом имитационного моделирования

№ п/п	Мероприятие	Сокращение минимального интервала стоянки, мин	Схема №3			Схема №2			Схема №1			Повышение пропускной способности, %
			Пропускная способность до внедрения мероприятия, пар поездов	Пропускная способность после внедрения мероприятия, пар поездов	Ожидаемый эффект, %	Пропускная способность до внедрения мероприятия, пар поездов	Пропускная способность после внедрения мероприятия, пар поездов	Ожидаемый эффект, %	Пропускная способность до внедрения мероприятия, пар поездов	Пропускная способность после внедрения мероприятия, пар поездов	Ожидаемый эффект, %	
1	Выдача предупреждений через работников локомотивного депо	15	141	188	33	113	163	44	85	123	45	33-45
2	Подача составов на перрон поездными локомотивами	15	141	188	33	113	163	44	85	123	45	33-45
3	Совместная реализация мероприятий №1 и №2	25	141	199	41	113	175	55	85	172	102	41-102
4	Использование путей прилегающих грузовых станций	25	141	199	41	113	175	55	85	172	102	41-102
5	Строительство дополнительных перронных путей	-	141	-	25	113	-	33	85	-	-	25-33
6	Укладка дополнительного съезда (на рис. 3.21 - 3.23 - пунктиром)	-	141	159	13	113	129	14	85	97	14	13-14

Комментарии к таблице 3.9:

1) Время сокращения интервала стоянки поезда взято исходя из анализа работы пассажирских станций Московского и Санкт-Петербургского железнодорожных узлов. В силу идентичности технологии работы станций по приему и отправлению поездов можно составить примерные графики обработки поездов на приемо-отправочных путях (рисунок 3.25 – 3.28), возможные к применению с поправкой на местные условия, которыми можно пренебречь при расчете условных схем на рисунок 3.21 – 3.23.

2) Пропускная способность во всех графах таблицы 3.9 рассчитана за сутки. Расчет ожидаемого эффекта рассчитан аналогично за сутки из условия только одной категории поезда, обрабатываемого по одной технологии до внедрения мероприятия и после.

3) Использование путей прилегающих грузовых станций дает возможность перестановки всех прибывающих поездов через технический парк маневровым локомотивом, исключая тем самым полное опробование автотормозов на приемо-отправочных путях от вывозного локомотива для отправления на станцию отстоя. Сокращение интервала стоянки составит 25 минут (45 минут интервал стоянки до внедрения мероприятия и 20 минут после).

4) Подача составов на перронный путь поездными электровозами дает возможность исключить полное опробование автотормозов на приемо-отправочных путях перед отправлением, так как оно уже было произведено в техническом парке. Сокращение интервала стоянки составит 15 минут (45 минут интервал стоянки до внедрения мероприятия и 30 минут после).

5) Выдача предупреждения через работника локомотивного депо дает возможность исключить время, затрачиваемое на проход помощником машиниста на пост выдачи предупреждения. Совместить это время с временем опробования автотормозов полностью не представляется возможным в виду участия помощника машиниста в обоих процессах. Как

правило, пункт выдачи предупреждения на всех пассажирских станциях расположен рядом с приемо-отправочными путями, и время прохода к нему занимает в среднем 7 минут. Исходя из этого время сокращения интервала стоянки принято 15 минут (45 минут интервал стоянки до внедрения мероприятия и 30 минут после).

6) Ожидаемый эффект рассчитан, исходя из внедрения каждого мероприятия отдельно. Совмещение их возможно, ожидаемый синергетический эффект в данном случае надо анализировать отдельно. Например, при подаче составов на перрон поездными электровозами (сокращение интервала стоянки 15 минут) и выдаче предупреждений через работника локомотивного депо (сокращение интервала стоянки 15 минут) суммарное время сокращения интервала стоянки составит 25 минут с учетом времени перестановки состава из парка на приемо-отправочный путь (рисунок 3.28).

7) При строительстве дополнительных перронных путей и съездов для расчета взят интервал стоянки 45 минут.

8) При строительстве дополнительного перронного пути при схеме №1, получим схему №2, при схеме №2 – схему №3.

№ № п/п	Операции	Время , мин	Время обработки состава , мин							Исполнители
			0	10	20	30	40	50	60	
1.	Перестановка состава из технического парка на перронный путь	5	■							Локомотивная бригада, ДСП, составитель
2.	Посадка пассажиров в вагоны	15		■						Проводники вагонов
3.	Заход и прицепка поездного локомотива к составу	4		■						Локомотивная бригада, ПЭМ
4.	Опробование тормозов поезда	21		■						Локомотивная бригада, осмотрщик вагонов
6.	Получение бланка предупреждения и натурального листа на поезд	15				■				Помощник машиниста, дежурный по парку
7.	Отправление поезда (освобождение пути)	3						■		Локомотивная бригада
8.	Общее время	45	■	■	■	■	■	■		

Рисунок 3.25 - График обработки состава пассажирского поезда по отправлению до внедрения мероприятий

№ № п/п	Операции	Время , мин	Время обработки состава , мин							Исполнители
			0	10	20	30	40	50	60	
1.	Перестановка состава из технического парка на перронный путь	5	■							Локомотивная бригада, ДСП, составитель
2.	Посадка пассажиров в вагоны	15		■						Проводники вагонов
3.	Заход и прицепка поездного локомотива к составу	4		■						Локомотивная бригада, ПЭМ
4.	Опробование тормозов поезда	21		■						Локомотивная бригада, осмотрщик вагонов
6.	Получение бланка предупреждения и натурального листа на поезд	0				■				Дежурный по депо
7.	Отправление поезда (освобождение пути)	3						■		Локомотивная бригада
8.	Общее время	30	■	■	■	■	■	■		

Рисунок 3.26 - График обработки состава пассажирского поезда по отправлению при выдаче предупреждения через дежурного работника локомотивного депо

№ № п/п	Операции	Время , мин	Время обработки состава , мин							Исполнители
			0	10	20	30	40	50 60		
1.	Перестановка состава из технического парка на перронный путь	5	■							Локомотивная бригада, ДСП, составитель
2.	Посадка пассажиров в вагоны	15		■						Проводники вагонов
3.	Заход и прицепка поездного локомотива к составу	0								Локомотивная бригада, ПЭМ
4.	Опробование тормозов поезда	10		■						Локомотивная бригада, осмотрщик вагонов
6.	Получение бланка предупреждения и натурального листа на поезд	15			■					Помощник машиниста, дежурный по парку
7.	Отправление поезда (освобождение пути)	3							■	Локомотивная бригада
8.	Общее время	30	■	■	■					

Рисунок 3.27 - График обработки состава пассажирского поезда по отправлению при подаче состава на перронный путь поездным электровозом

№ № п/п	Операции	Время , мин	Время обработки состава , мин							Исполнители
			0	10	20	30	40	50 60		
1.	Перестановка состава из технического парка на перронный путь	5	■							Локомотивная бригада, ДСП, составитель
2.	Посадка пассажиров в вагоны	15		■						Проводники вагонов
3.	Заход и прицепка поездного локомотива к составу	4			■					Локомотивная бригада, ПЭМ
4.	Опробование тормозов поезда	10		■						Локомотивная бригада, осмотрщик вагонов
6.	Получение бланка предупреждения и натурального листа на поезд	0								Дежурный по депо
7.	Отправление поезда (освобождение пути)	3							■	Локомотивная бригада
8.	Общее время	20	■	■	■					

Рисунок 3.28 - График обработки состава пассажирского поезда по отправлению при подаче состава на перронный путь поездным электровозом и выдаче предупреждения через депо

### **3.4. Внедрение мероприятий по увеличению пропускной способности и анализ их эффективности на примере станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги**

Проверим работоспособность алгоритма расчета пропускной способности пассажирской станции методом имитационного моделирования (рисунок 3.17) на примере станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги. Кроме того, произведем расчет пропускной способности станции в поездах различной категории после внедрения технических мероприятий, оценим технико-технологическую эффективность их реализации.

На станции Москва-Пассажирская обращаются следующие категории поездов:

1. Электропоезда «Ласточка». Согласно технологического процесса работы и технико-распорядительного акта станции, принимаются с I, III и IV главных путей, отправляются по II, III и IV главным путям. Посадка и высадка пассажиров производится на приемо-отправочных путях №№2, 4 и 6. Минимальный интервал стоянки составляет 15 минут.

2. Пригородные электропоезда. Согласно технологического процесса работы и технико-распорядительного акта станции, принимаются с I главного пути, отправляются по II главному пути. Посадка и высадка пассажиров производится на приемо-отправочных путях №№6,8 и 10. При необходимости в отсутствие электропоездов «Ласточка» могут выставляться на приемо-отправочные пути №№2,4. Минимальный интервал стоянки составляет 15 минут.

3. Высокоскоростные поезда «Сапсан». Согласно технологического процесса и технико-распорядительного акта станции, принимаются с III и IV главных путей, отправляются по III и IV главным путям. Посадка и высадка пассажиров производится на приемо-отправочных путях №№3,5,7 и 9. При необходимости может быть задействован приемо-отправочный путь №1 с созданием досмотровой зоны со стороны Ленинградского вокзала. Минимальный интервал стоянки составляет 30 минут.



4. Поезда дальнего следования. Согласно технологического процесса и технико-распорядительного акта станции, принимаются с III и IV главных путей, отправляются по III и IV главным путям. Посадка и высадка пассажиров производится на приемо-отправочных путях №№1,3,5,7 и 9. Минимальный интервал стоянки составляет 30 минут.

Учитывая абсолютно идентичную технологию обработки поездов дальнего следования и высокоскоростных поездов «Сапсан» в части маршрутов приема и отправления, приемо-отправочных путей для посадки и высадки пассажиров, а также минимального времени стоянки поезда, при расчете можно учитывать их как одну категорию. Очередность подхода поездов, враждебность маршрутов, минимальный интервал времени между отправлением и прибытием и приоритет маршрутов зададим, исходя из схемы станции и действующей технологии работы станции.

При расчете действующей схемы станции (рисунок 3.29) пропускная способность составила 420 пар поездов в сутки: 112 пар электропоездов «Ласточка», 163 пары электропоездов и 145 поездов дальнего следования.

В качестве технических мероприятий по изменению пропускной способности станции Москва-Пассажирская выбраны следующие:

1) Строительство двух дополнительных приемо-отправочных путей №№12,14 для приема и отправления пригородных поездов (рисунок 3.30) с одновременной укладкой стрелочных переводов для обеспечения «прямого» выхода с приемо-отправочных путей №№8,10 на III и IV главные пути. Данное мероприятие обусловлено дефицитом приемо-отправочных путей для организации пригородного движения в утренние и вечерние «часы пик».

2) Укладка прямого участка пути от стрелочного перевода №28 на приемо-отправочный путь №5 (рисунок 3.31). Данное мероприятие обусловлено отсутствием возможности параллельного приема и отправления поездов с приемо-отправочных путей №№3,5 ввиду их примыкания друг к другу стрелочным переводом №25/27.

3) Демонтаж малодеятельных стрелочных переводов и участков пути 13-34 и 35-36 (рисунок 3.32). Данное мероприятие обусловлено необходимостью вложения денежных средств на текущее содержание, отвлечения эксплуатационного штата работников дирекции инфраструктуры на обслуживание и обкатки вышеуказанных стрелочных переводов и участков пути маневровым тепловозом станции.

Полученные результаты сведем в таблицу 3.10.

Таблица 3.10

Технико-технологическая эффективность внедрения мероприятий по изменению пропускной способности станции Москва-Пассажирская

Мероприятие	Общая пропускная способность в парах поездов в сутки	Максимальное количество пар пригородных поездов	Максимальное количество пар поездов «Ласточка»	Максимальное количество пар поездов дальнего следования	Изменение пропускной способности после внедрения мероприятия
Исходная схема	420	163	112	145	-
Укладка приемо-отправочных путей №№12,14	422	172	112	137	+0,5%
Укладка участка пути с III главного на приемо-отправочный путь №5	439	174	116	149	+4,5%
Демонтаж малодеятельных участков	402	162	107	133	-4,3%

Выводы по таблице 3.10:

1. Укладка приемо-отправочных путей №12,14 позволит увеличить число пригородных электропоездов в утренние и вечерние «часы пик». Однако даст прямо противоположный эффект в отношении поездов дальнего следования, так как электропоезда «Ласточка» будут больше влиять на загрузку горловины для поездов дальнего следования. В условиях роста городской агломерации Москвы укладку приемо-отправочных путей №12,14 считаю целесообразным и эффективным мероприятием.

2. Укладка участка пути с III главного на приемо-отправочный путь №5 обеспечит возможность параллельного приема и отправления поездов с приемо-отправочных путей №№3,5, что снизит загрузку горловины и существенно увеличит пропускную способность станции. В условиях развития высокоскоростного движения данное мероприятие считаю целесообразным и эффективным.

3. Демонтаж малодейственных стрелочных переводов и участков пути 13-34 и 35-36 существенно снизит пропускную способность станции в период назначения дополнительных поездов, ограничит маневренность горловины в случаях отказов устройств СЦБ и возникновения нештатных ситуаций. В условиях перспективы роста пассажиропотока демонтаж вышеуказанных стрелочных переводов и участков пути считаю нецелесообразным.



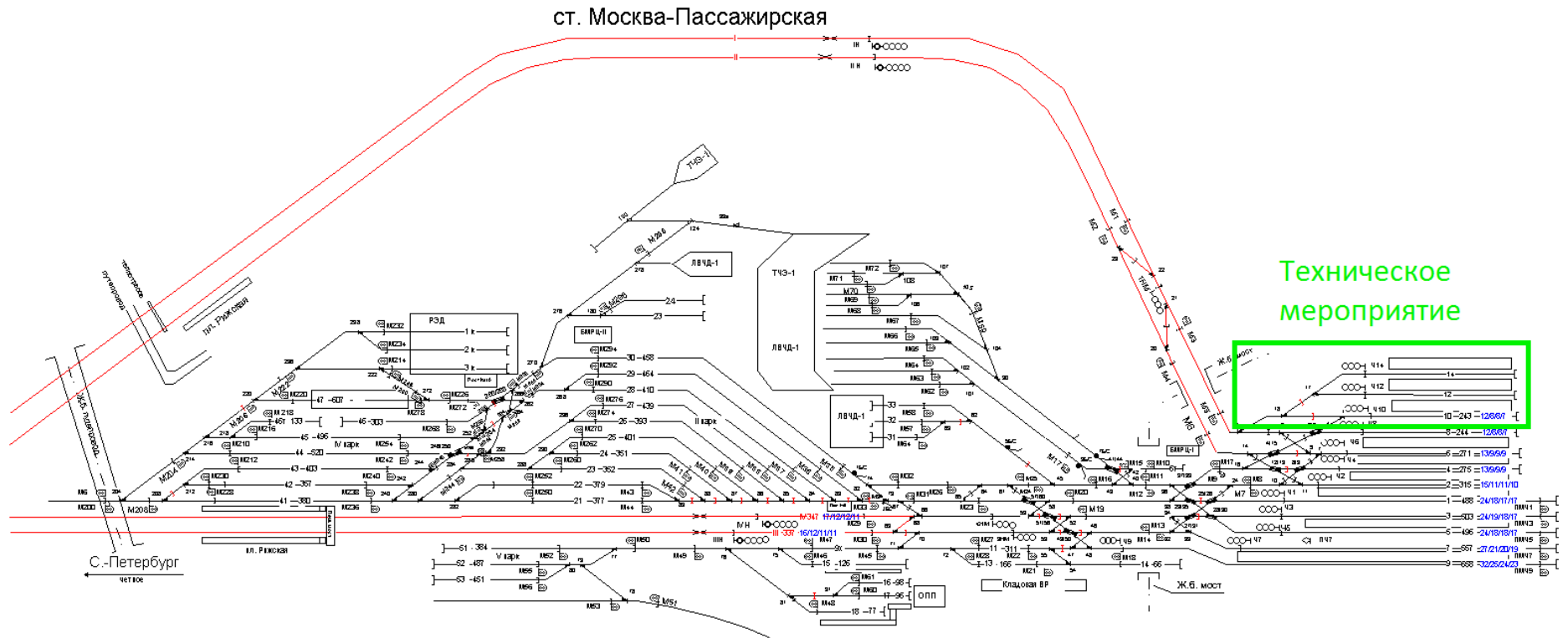


Рисунок 3.30 - Схема станции Москва-Пассажирская Октябрьская после строительства двух дополнительных приемо-отправочных путей №№12,14

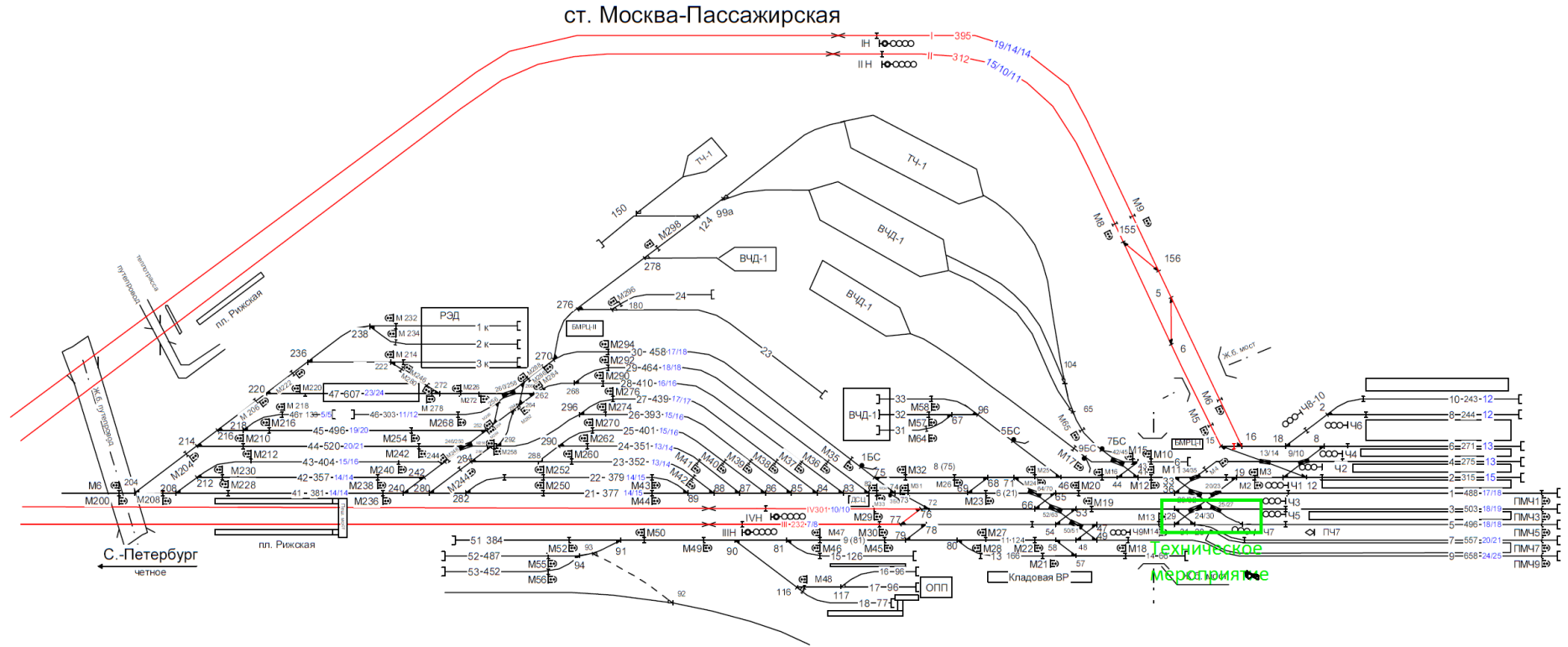


Рисунок 3.31 - Схема станции Москва-Пассажирская Октябрьская после укладки прямого участка пути от стрелочного перевода №28 на прямо-отправочный путь №5

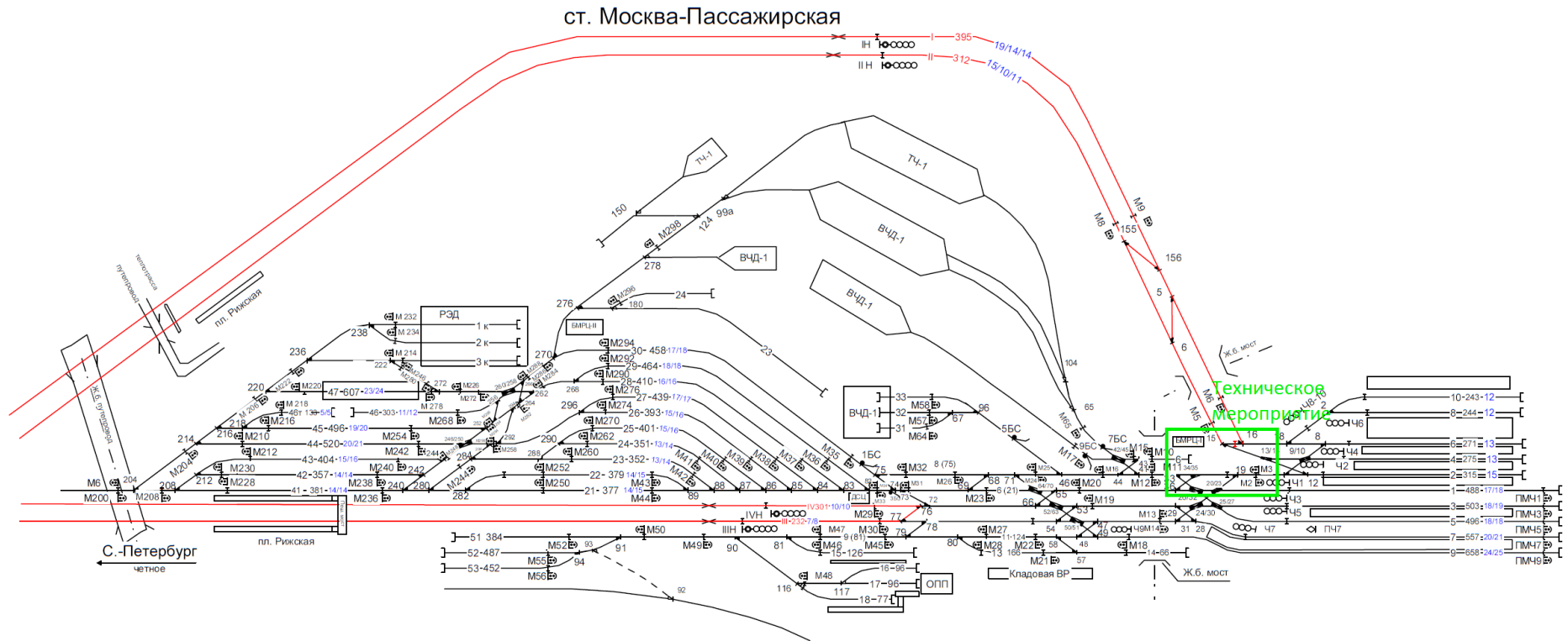


Рисунок 3.32 - Схема станции Москва-Пассажирская Октябрьская после демонтажа малодеятельных стрелочных переводов и участков пути 13-34 и 35-36

### **3.5. Экономическая эффективность внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций**

Технико-экономическое обоснование целесообразности внедрения мероприятий по развитию пассажирских станций базируется на оценке увеличения пропускной способности станций. При анализе социально-экономического эффекта рассматриваются две его составляющие: микроэкономический эффект на уровне компании ОАО «РЖД» (далее - коммерческий эффект) и макроэкономический на уровне региона страны (далее – региональный эффект). Социально-экономический эффект имеет место в силу увеличения числа перевозимых пассажиров и повышения комфортности перевозки, которая снижает транспортную усталость пассажиров и потерю производительности труда.

Рассмотрим экономический эффект изменения пропускной способности с точки зрения этих двух позиций.

#### **3.5.1. Коммерческий эффект**

Коммерческий эффект базируется на получении компанией дополнительной прибыли от реализации мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирской станции.

$$\Delta\Pi = \Delta Д - \Delta З, \tag{3.9}$$

где  $\Delta\Pi$  – изменение прибыли от реализации мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирской станции;

$\Delta Д$  – изменение дохода от продажи билетов пассажирам, дополнительно привлеченным в результате увеличения пропускной способности пассажирской станции;



$\Delta Z$  – дополнительные годовые издержки, связанные с реализацией мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирской станции, а также с изменением условий эксплуатации после их реализации.

В зависимости от изменения количества прибыль имеет вид

$$\Delta\Pi = (\Pi_6 - C_6) \cdot (\delta A) A = m \cdot (\delta A) A, \quad (3.10)$$

где  $\Pi_6$  – цена билета;

$C_6$  – себестоимость билета;

$m$  – прибыль от продажи одного билета;

$A, \delta A$  – соответственно количество пассажиров за анализируемый период до проведения мероприятия и относительное изменение количества пассажиров в результате мероприятия.

Однако  $m$  – прибыль от продажи билета является функцией изменения пассажиропотока.

$$m = \Pi_6 - \left( \frac{Z_{уп}}{A(1 + \delta A)} + C_a \right), \quad (3.11)$$

где  $Z_{уп}$  – условно-постоянные затраты при выполнении перевозочной работы;

$C_a$  – составляющая себестоимости перевозочной работы, определяемая зависящими от объема работы затратами.

Тогда изменение прибыли будет

$$\Delta\Pi = (\Pi_6 - C_a) * (\delta A) * A - \frac{Z_{уп} * \delta A}{1 + \delta A} - E_n * K_m, \quad (3.12)$$

где  $K_m$  – капиталовложения в реализацию мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирской станции;

$E_n$  – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, определяемый по нижнему пределу срока морального устаревания технологии.

Коммерческая эффективность реализации мероприятия по увеличению пропускной способности пассажирской станции оценивается на основании четырех основных показателей: интегрального эффекта, индекса рентабельности, срока окупаемости и внутренней нормы доходности. Более детально коммерческая эффективность будет рассмотрена при технико-экономическом обосновании выбора рационального варианта развития пассажирской станции (глава 4).

### 3.5.2. Региональный эффект

Основным источником экономического и социального эффекта для регионов при увеличении пропускной способности пассажирских станций является количественное и качественное изменение доставки пассажиров на рабочие места предприятий региона, что в результате приводит к изменению регионального национального продукта. Главными факторами изменения регионального внутреннего продукта (далее – РВП) является увеличение пропускной способности пассажирских станций на железнодорожном транспорте, что приводит к изменению пассажиропотока, скорости и надежности доставки людей, к повышению комфортности поездки для пассажиров.

Все вышеперечисленные факторы оказывают влияние на производительность труда работающих, что связано с изменением пропускных способностей пассажирских станций. Предложено оценивать относительное изменение производительности труда как функцию относительного изменения времени поездки и относительного изменения уровня комфортности.

$$\delta \text{Пр} = a_1 * \delta \text{Комф} - a_2 \cdot \delta T, \quad (3.13)$$

где  $\delta \text{Пр}$  – относительное изменение производительности труда;

$\delta \text{Комф}$  – относительное изменение уровня комфортности;

$\delta T$  – относительное изменение времени в пути следования.

$a_1, a_2$  - коэффициенты, отражающие значимость факторов для пассажиров, их производительности труда, в той части, которая определена средой.

Увеличение пропускной способности пассажирской станции создает возможности для назначения дополнительных поездов и привлечения дополнительных пассажиров с альтернативных видов транспорта. Это позволит увеличить пассажиропоток на наиболее востребованных направлениях. Предложено оценивать минимально возможное относительное изменение пассажиропотока как

$$\delta A = (A_{\text{нов}} - A_{\text{доп}}) / A_{\text{доп}}, \quad (3.14)$$

где  $\delta A$  – относительное изменение пассажиропотока;

$A_{\text{нов}}$  – пассажиропоток после увеличения пропускной способности пассажирской станции;

$A_{\text{доп}}$  – максимально допустимый пассажиропоток до внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций.

Уровень комфортности предложено в первом приближении оценивать как величину, обратно пропорциональную величине пассажиропотока при условии неизменного количества пассажирских поездов, так как уровень комфорта тем выше, чем ниже пассажиропоток.

$$\delta \text{Комф} = (K_{\text{н}} - K_{\text{с}}) / K_{\text{с}} = (K_{\text{н}} / K_{\text{с}}) - 1 \quad (3.15)$$

где  $K_{\text{с}} = 1/A_{\text{с}}$  – старый уровень комфортности (величина, обратно пропорциональная старому значению пассажиропотока).

Так как увеличивается количество поездов при увеличении пропускной способности станции, то уровень комфортности либо неизменный, либо возрастает. В случае, если ввод дополнительного количества поездов  $\delta N$  опережает рост пассажиропотоков, то уровень комфортности растет и имеет вид

$$K_{\text{н}} = \frac{1 + \delta N}{A_{\text{с}}(1 + \delta A)} = K_{\text{с}} \frac{1 + \delta N}{1 + \delta A} \quad (3.16)$$

или

$$K_n = \frac{1+\delta N}{A_n} = \frac{1+\delta N}{A_c(1+\delta A)}. \quad (3.17)$$

Изменение уровня комфортности будет иметь вид

$$\delta K_{\text{Комф}} = K_c \left( \frac{1+\delta N}{1+\delta A} - 1 \right) \frac{1}{K_c} = \frac{\delta N - \delta A}{1+\delta A}. \quad (3.18)$$

В условиях функционирования различных перевозочных компаний как в пригородном, так и в дальнем сообщениях, резерв пропускной способности не обязательно приведет к назначению дополнительных пассажирских поездов. Это будет зависеть от рентабельности назначения поезда, в которой учитывается предполагаемая выручка и экономические взаимоотношения с органами местного самоуправления региона в части компенсации «выпадающих» доходов. Однако, в любом случае, мероприятие даст положительный эффект в силу повышения надежности доставки пассажиров, так как позволит создать необходимый резерв времени на непредвиденные задержки (отказ устройств СЦБ, действия правоохранительных органов, массовая посадка пассажиров, ограничения скорости и т.п.). Кроме того позволит повысить скорость доставки пассажиров, так как, пассажирские станции, как правило, являются «барьерными» местами при назначении дополнительных пассажирских поездов.

Чтобы оценить, как изменение производительности труда скажется на изменении регионального валового продукта (РВП), необходимо выделить долю работников предприятий, которые пользуются услугами железнодорожного транспорта и связанную с ними часть регионального продукта, который обозначен  $\text{РВП}_{\text{жд}}$ .

$$\text{РВП} = \text{РВП}_{\text{жд}} + \text{РВП}_{\text{раб}}, \quad (3.19)$$

где  $\text{РВП}_{\text{жд}}$  – доля регионального валового продукта, производимого работниками, пользующимися услугами железнодорожного транспорта;

$\text{РВП}_{\text{раб}}$  - доля регионального валового продукта, производимого остальными работниками предприятий.

При росте производительности труда работников, пользующихся услугами железнодорожного транспорта, новое значение  $РВП_{жд}$  имеет вид:

$$РВП_{жд}^{нов} = РВП_{жд} (1 + \delta Pr) + \frac{РВП_{жд}}{\alpha_{жд} A_{\Sigma}} \delta A \cdot A_{доп}, \quad (3.20)$$

где  $РВП_{жд}^{нов}$  – изменение  $РВП_{жд}$  после изменения пропускной способности пассажирской станции;

$\alpha_{жд}$  – доля работников предприятий, пользующаяся услугами железнодорожного транспорта при поездке на работу;

$A_{\Sigma}$  – общее число работников предприятий.

Таким образом, значение  $РВП$  после внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций составит:

$$РВП^{нов} = РВП_{жд}^{нов} + РВП_{раб}. \quad (3.21)$$

Для оценки изменения  $РВП$  от изменения пропускной способности пассажирской станции разделим  $РВП$  на две составляющие

$$РВП = \alpha_{жд} \cdot РВП + \alpha_{раб} \cdot РВП, \quad (3.22)$$

где  $\alpha_{раб}$  – доля работников предприятий  $(1 - \alpha_{жд})$ , не пользующихся услугами железнодорожного транспорта при поездке на работу.

На основе выражений (3.20), (3.21), (3.22) определено абсолютное и относительное изменение  $РВП$ , как функция изменения пассажиропотока и производительности труда работников региона, пользующихся железнодорожным транспортом при поездке на работу.

$$\Delta РВП = \alpha_{жд} \cdot РВП \cdot (\delta Pr + \delta A). \quad (3.23)$$

Относительное изменение  $РВП$  будет иметь вид

$$\delta РВП = \alpha_{жд} (\delta Pr + \delta A), \quad (3.24)$$

где  $(\delta\Pi + \delta A)$  – показатель, зависящий от изменения пропускной способности пассажирской станции. Это сумма относительного изменения производительности труда пассажиров железнодорожного транспорта и относительного изменения пассажиропотока.

Таким образом, зависимость относительного изменения РВП от изменения производительности труда и пассажиропотока имеет вид, приведенный на рисунке 3.33, в соответствии с выражением (3.24).

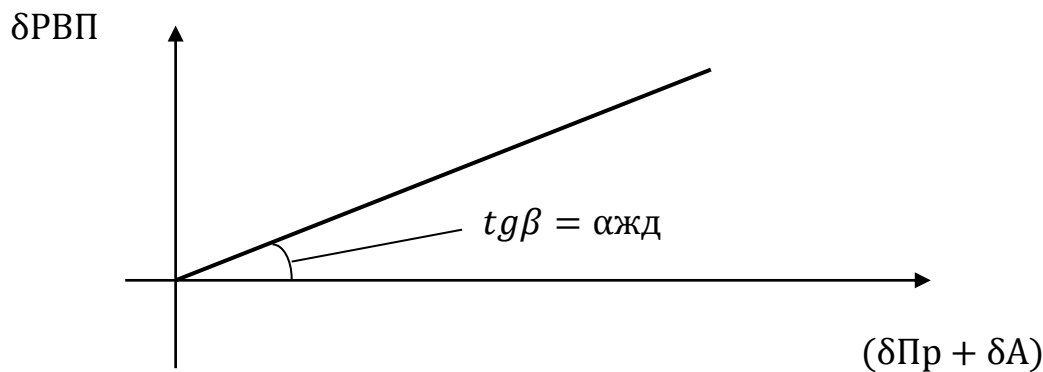


Рисунок 3.33 - Зависимость относительного изменения регионального валового продукта от относительного изменения производительности труда  $\delta\Pi$  и пассажиропотока  $\delta A$

В свою очередь, относительное изменение производительности труда связано с изменением пассажиропотока, который определяет относительное изменение уровня комфортности и относительным изменением времени в пути и имеет вид, приведенный ниже:

$$\delta\Pi = a_1 \cdot \left( \frac{\delta N - \delta A}{1 + \delta A} \right) + a_2 \delta T. \quad (3.25)$$

Значит, суммарный годовой экономический эффект от внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирской станции можно представить в виде формулы:

$$\Sigma \mathcal{E} = \Delta\Pi + \Delta РВП \quad (3.26)$$

или

$$\Sigma \Delta = (\text{Цб} - \text{Ca}) * (\delta A) * A - \frac{\text{Зуп} * \delta A}{1 + \delta A} - \text{Ен} * \text{Км} + \alpha_{\text{жд}} * \text{РВП} * (\delta \text{Пр} + \delta A) \quad (3.27)$$

Если в качестве мероприятия по увеличению пропускной способности пассажирской станции рассмотреть укладку дополнительного приемо-отправочного пути, приняв следующие исходные значения (определены на основе экспертных оценок исходя из статистических данных):

- средняя цена на билет - 200 руб.;
- себестоимость билета до внедрения мероприятия - 190 руб.;
- себестоимость мероприятий после внедрения мероприятия - 210 руб.;
- укладка 1 км пути – 80 млн. руб.;
- относительное увеличение пассажиропотока в результате внедрения мероприятия – 0,25;
- количество пассажиров до внедрения мероприятия за год – 800 млн.;
- РВП региона – 21 трлн. руб.;
- доля работников предприятия, пользующаяся услугами железнодорожного транспорта, - 0,01;
- экономия времени в пути следования после внедрения мероприятия – 0,8 часа,

то суммарный годовой экономический эффект по формуле (3.27) составит 46 млрд. руб. в год, причем региональный эффект – 66 млрд. руб. в год, а убытки предприятия железнодорожного транспорта, связанные с внедрением мероприятия по увеличению пропускной способности, - 20 млрд. руб.

Это говорит о том, что данное мероприятие выгодно в целом для региона страны, но для предприятия железнодорожного транспорта носит исключительно социальный характер, поэтому его финансирование должно производиться за счет средств федерального бюджета.

Таким образом, при экономической оценке внедрения мероприятия по увеличению пропускной способности пассажирской станции целесообразно учитывать следующие эффекты:

- 1) повышение производительности труда пассажиров при увеличении комфортности и сокращении времени пребывания в пути. По оценке НИИ труда пребывание пассажиров в пути свыше 30 минут снижает производительность труда работников в первые 2 часа после приезда в среднем на 20%;
- 2) дополнительный приток пассажиров с других видов транспорта при условии более высокой надежности и безопасности железнодорожных перевозок;
- 3) изменение бюджетной эффективности в силу роста РВП;
- 4) возникающие предпосылки роста прибыли в результате увеличения пропускных способностей пассажирских станций расширяют возможности самофинансирования дальнейшего развития станций и перевозочного процесса в целом.

### **ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3**

1. Мероприятия 1-й группы рекомендуется внедрять систематически, при этом постоянно анализируя технологию работы станции и проводя работу по ее рационализации, так как это не требует значительных финансовых затрат. В качестве примера внедрения мероприятия 1-й группы рассмотрена увязка составов пассажирских поездов разных назначений в общий оборот с целью сокращения потребного числа путей на пассажирской станции. Увязка поездов в общий оборот без соблюдения ограничения по парности по станции Москва-Пассажирская-Казанская дает высвобождение двух путей.

2. После внедрения комплекса мероприятий по оптимизации технологии работы станции может возникнуть необходимость внедрения новых технических средств и совершенствования путевого развития станции. Под рациональным вариантом развития пассажирских станций понимается такая последовательность мероприятий по увеличению их



путевого развития и технического оснащения, которые в совокупности с рациональной технологией работы и максимального выполнения спроса на пассажирские перевозки обеспечивают минимум затрат (капитальные расходы и эксплуатационные затраты).

3. Внедрение мероприятий по увеличению пропускной способности должно происходить раньше срока её исчерпания для создания необходимого резерва мощности всех элементов станции.

4. Все мероприятия технического характера можно условно разбить на 3 подгруппы в соответствии с 3-мя системами станции:

- относящиеся к повышению пропускной способности приемо-отправочных путей;
- относящиеся к повышению пропускной способности горловин;
- относящиеся к повышению пропускной способности технических парков.

5. При наступлении времени внедрения очередного мероприятия (группы мероприятий) по увеличению пропускной способности станции необходимо провести анализ выявления «узкого» места станции имеющимися методами расчета пропускной способности. Затем, после сравнения между собой коэффициентов загрузки систем, выбрать те или иные мероприятия по их снижению.

6. При выборе мероприятий по увеличению пропускной способности «узкого» места необходимо оценивать эффективность проводимого мероприятия. Для этого возможно применение аналитического метода расчета пропускной способности или метода имитационного моделирования работы станций. Метод имитационного моделирования более точен, но намного более трудоемок. Для детального анализа варианта предпочтительней использовать метод имитационного моделирования.

7. После выбора метода расчета пропускной способности пассажирской станции следует определить ожидаемый эффект от

реализации мероприятий. Для этого необходимо провести анализ зависимости пропускной способности пассажирской станции от минимального интервала стоянки поезда на приемо-отправочном пути. Ожидаемый эффект от реализации мероприятий можно оценить по графику зависимости пропускной способности от минимального интервала стоянки поезда на приемо-отправочном пути, предварительно рассчитав сокращение интервала стоянки от внедряемого мероприятия.

8. Пример внедрения мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций показывает, что метод имитационного моделирования позволяет не только детально проанализировать технологию работы станции и выявить «узкие» места, но и позволить рассчитать технико-технологическую эффективность применяемых мер.

9. Экономический эффект увеличения пропускной способности пассажирских станций можно разделить на две составляющих: коммерческий эффект и региональный эффект. Коммерческий эффект заключается в получении прибыли от реализации мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирской станции. Региональный эффект будет достигаться за счет доставки людей (пассажиров) на рабочие места различных предприятий региона. Главными показателями эффективности в сфере железнодорожного транспорта, зависящими от пропускной способности пассажирской станции, здесь будут изменение пассажиропотока, скорость и надежность доставки людей, комфортность поездки.

## **4. РАЗВИТИЕ ПАССАЖИРСКИХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ИХ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВБЛИЗИ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ И ВНЕДРЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ**

### **4.1. Описание проблемы и пути ее решения**

Применение методики рационального развития линейных транспортных систем для определения оптимальных сроков реконструкции пассажирских станций возможно до определенного уровня, который зависит от степени застройки города вблизи станций, востребованности направлений, тарифной политики перевозочных компаний и многих других факторов. Не исключены случаи, когда даже после внедрения всех реконструктивных мероприятий потребная пропускная способность будет приближаться к наличной.

Наглядным примером может служить станция Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги, которая является лимитирующим элементом при назначении дополнительных электропоездов на участке Москва-Тверь в часы «пик» из-за отсутствия приемо-отправочных путей, а также при согласовании длин пассажирских поездов дальнего следования из-за ограничения полезной длины путей в технических парках. На сегодняшний день на станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги завершены работы по строительству РЭД и ВММ (2008г.), депо отстоя ВСП «Сапсан» (2009г.) [14,15], модернизации стрелочных горловин как дальней (2011г.), так и пригородной зон (2007г.), строительству и вводу в эксплуатацию IV главного пути (2010г.), установке энергопоглощающих устройств в тупиках приемо-отправочных путей (2012г.), разработке и внедрению в эксплуатацию автоматизированной системы управления пассажирской станцией (АСУСТ-П) [51], строительству дополнительно двух приемо-отправочных путей №№12, 14 для пригородного движения, установке системы «Призма-К» для повышения уровня безопасности движения поездов при одновременном увеличении скорости приема на приемо-отправочные пути, переключению станции с БМРЦ на МПЦ (микропроцессорная централизация), установке маршрутных светофоров по трем главным путям в сторону тупиковых призм. Тем не менее, существующие расчеты пропускной

способности станции показывают, что загрузка пригородной зоны составляет 88%, дальней - 86%.

Анализируя предполагаемые пути развития пассажирских станций, можно сделать вывод, что строительство новых путей и установка пассажирских обустройств если и является возможным, то позволяет увеличить пропускную способность незначительно.

В настоящее время проблема развития пассажирских станций крупных мегаполисов является особенно актуальной. Постоянно возрастающий спрос на пассажирские перевозки, появление новых категорий поездов, повышение качества обслуживания пассажиров требуют реконструкции существующих пассажирских станций, которые являются «зажатыми» городскими застройками. На современном этапе развития железнодорожного транспорта требуются принципиально новые идеи, касающиеся пассажирских станций крупных городов. Основной задачей является эффективное использование площади, занимаемой станцией.

С 2014 года и до настоящего времени, согласно данным Дирекции железнодорожных вокзалов ОАО «РЖД», в нашей стране наблюдается увеличение пассажиропотока на основных направлениях в среднем на 5% ежегодно. Это связано, прежде всего, с ростом населения городов и областных агломераций. Согласно данным ИЭРТ, до 2020 г. прогнозируется дальнейший рост пассажиропотока в Московском железнодорожном узле на 20% - 45%. При существующей инфраструктуре справиться с возрастающим спросом на пассажирские перевозки будет невозможно, поскольку в настоящее время загрузка некоторых элементов пассажирских станций является предельной. Учитывая то, что пассажирские станции располагаются в городской черте и, как правило, окружены различными зданиями и сооружениями, строительство дополнительных путей и обустройств не представляется возможным.

Рост числа отправляемых пассажиров увеличил потребность перевозочных компаний в подвижном составе, что при существующей инфраструктуре сказалось на технологии работы пассажирских станций и участков в целом самым

негативным образом. Так, загрузка приемо-отправочных путей, путей в технических парках и горловин пассажирских станций стала стремительно приближаться к 1, а в предпраздничные дни при назначении дополнительных поездов – примерно равна 1.

Возникла необходимость отправления в отстой части поездов с пассажирских станций на близлежащие грузовые, сортировочные и промежуточные станции участка, причем зачастую расстояние вывоза превышает 100 км. Это, в свою очередь, негативно сказывается на пропускной способности участка, показателях работы грузовых и сортировочных станций участка, коэффициенте использования тяговых ресурсов, сохранности подвижного состава, а, следовательно, и на экономической эффективности деятельности компании ОАО «РЖД» в целом.

Кроме того, согласно Договору об оказании услуг по использованию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования между ОАО «РЖД» (Владелец инфраструктуры) и ОАО «ФПК» (Перевозчик) №252 от 31.03.2010г. Перевозчик вправе самостоятельно регулировать схемы поездов в рамках допустимой длины поезда без согласования с Владелцем инфраструктуры [115]. Это в период спада пассажиропотока вызывает необходимость завышения парка резервных вагонов на пассажирских станциях (зачастую в 1,5 – 2 раза). Часть ежедневных поездов в рамках Договора №252 в связи с экономической нецелесообразностью переведена в разряд дополнительных или курсирующих по дням недели, что также вызывает необходимость использования инфраструктуры грузовых и сортировочных станций для отстоя составов данных поездов.

Вместе с тем, при разработке Генеральной схемы развития Московского железнодорожного узла были поставлены целевые задачи, одной из которых является решение задачи максимальной разгрузки узла от грузовых транспортных перевозок, оптимизация грузовой работы в узле путем ее концентрации на меньшем количестве грузовых дворов, закрытие или перепрофилирование ряда существующих и создание грузовых логистических центров на периферии узла.

Так, закрытию или перепрофилированию подлежат грузовые дворы на станциях Москва-Рижская, Москва-Товарная-Ярославская, Москва-Товарная Октябрьской железной дороги, Москва-Товарная-Киевская, Москва-Товарная-Смоленская [16].

В дальнейшем, исходя из соображений экологии, безопасности населения и архитектурного облика города, эта тенденция должна затронуть все крупные мегаполисы страны.

Исходя из вышесказанного, наиболее эффективным решением проблемы в развитии железнодорожных узлов крупных мегаполисов является передача инфраструктуры грузовых станций для нужд пассажирских станций с выносом грузовой работы на сортировочные станции (мероприятие 3-й группы, требующее значительных капитальных затрат). Например, Москва – Пассажирская и Москва – Товарная Октябрьской железной дороги, Москва – Пассажирская-Смоленская и Москва – Товарная-Смоленская, Москва – Пассажирская-Киевская и Москва – Товарная-Киевская. Такое объединение пассажирских и грузовых станций позволит увеличить пропускную способность пассажирских станций, независимо от того, где находится лимитирующее звено (приёмо-отправочные пути, горловина или технические парки). В п.4.2 более детально рассмотрим преимущества работы объединенной станции.

Еще одним решением проблемы в развитии пассажирских станций крупных мегаполисов является строительство двухуровневых пассажирских станций (мероприятие 3-й группы, требующее значительных капитальных затрат), что для нашей страны является новшеством. Как показывает опыт зарубежных стран, такие станции помогают не только решить проблему недостаточного путевого развития, но и повысить качество обслуживания пассажиров, избежав скопления людей, пользующихся различными категориями поездов (например, на станции Нью-Йорк (США), имеющей 67 путей и 44 платформы). Двухуровневые станции имеются также в Нидерландах, Италии, Англии, Польше.

Учитывая разветвлённую сеть метрополитена и наличие подземных коммуникаций строительство второго уровня возможно только над существующим уровнем. Второй уровень целесообразно использовать для

поездов, состоящих из моторвагонного подвижного состава, что позволит подъём путей на второй уровень сделать более крутым с целью уменьшения площади, занимаемой инфраструктурой.

Глобальная реконструкция пассажирской станции повлечет за собой полное переустройство железнодорожного вокзала. Вокзал сегодня – это место стыкования различных видов транспорта: железнодорожного, автомобильного, авиационного, городского, подземного и др. Комбинирование вокзалов обуславливает необходимость решения разведения транспортных и пассажирских коммуникаций в разных уровнях с размещением тут же всех сопутствующих сфер обслуживания. Речь идет уже не о вокзале в его обычном понимании, а о многофункциональном транспортно-пересадочном пункте, который представляет собой многофункциональную городскую структуру комплексного транспортного и пассажирского обслуживания. Это сложный многоуровневый коммуникационный пересадочный узел с расширенным кругом сферы обслуживания, включающий комплексы услуг, зданий и сооружений широкого спектра общественного назначения (гостиницы, торговые, развлекательные зоны и стандартные зоны обслуживания пассажиров, зоны размещения автостоянок, пересадочных конкорсов, вестибюлей и площадей).

Общей пространственно организующей особенностью таких комплексов является терминал – конечный пункт системы транспортно-пересадочного узла, которая обеспечивает связь с внешней средой. По характеру функционального назначения: транспортный (пункт, на котором осуществляется сдача-приемка грузов), пассажирский (пункт с возможностью пересадки сразу на несколько видов транспорта: автобус, поезда, метро, аэроэкспрессы и др.). Нередко называется транспортно-пересадочным комплексом (транспортно-пересадочный узел, ТПУ) – пассажирский комплекс, выполняющий функции по перераспределению пассажиропотоков между видами транспорта и направлениями движения. Примерами современных транспортных узлов являются: Ладожский вокзал в Санкт-Петербурге (2003г.) с развитой системой

пассажирских перевозок всеми региональными и всеми видами внутреннего городского транспорта (рисунок 4.1); ТПУ «Планерная» (2010 г.), включающая торговый комплекс и пересадочный терминал автобусной и ж/д станции с линиями метро (рисунок 4.2); вокзал «Адлер» в Сочи (2012 г., на стадии завершения), крупный пересадочный узел с авто, ж/д вокзалами, метро, автопарковками и сетью общественных коммуникаций.



Рисунок 4.1 - Ладужский вокзал, Санкт-Петербург



Рисунок 4.2 - ТПУ «Планерная», Москва

Во всех этих узлах широко развитая сеть структурно-функциональной организации пассажирского сообщения с транспортными терминалами в разных уровнях, зонах объекта с четкой развитой и компактной системой коммуникаций. Все эти объекты являются на сегодняшний день яркими примерами современной организации транспортно-пересадочных узлов с разветвленной системой обслуживания транспортного состава и пассажиров, рассчитанные, в том числе, на горожан. Эти объекты в своей развитой структурно-функциональной системе отрабатывают сложные технологии пространственной организации множества функций.

При организации современных транспортных узлов железнодорожной инфраструктуры необходимо выполнение следующих условий: комплексный функционально-пространственный подход, взаимодействие с экологическими приемами современной ресурсосберегающей архитектуры и развитием новых



внутренних транспортных систем коммуникаций (межтерминальные мини-поезда, электромобили). Идут поиски нового качества организации среды. Все чаще встречается формулировка «городское узловое образование с транспортной функцией». Эта тематика прослеживается в проектах с предложениями ресурсосберегающих систем (произведена установка солнечных генераторов на вокзале в Анапе), «зеленых садов» на эксплуатируемых кровлях (проект реконструкции вокзала Екатеринбурга, некоторых ТПУ Москвы); пересадочный узел становится частью общественной организации пространств города с системами безопасности человека и возобновления природных ресурсов (проект-концепт перекрытия Курского и Савеловского вокзалов (рисунок 4.3), ТПУ «Сколково» (рисунок 4.4) [19,50,106].



Рисунок 4.3 - Перекрытие 2-х вокзалов, Москва



Рисунок 4.4 - ТПУ «Сколково»

Строительство двухуровневых станций в России требует значительных капитальных затрат на проектирование и строительство, но, учитывая резко возрастающую численность населения, решить задачу удовлетворения пассажиров в перевозках можно только применением таких глобальных мер, как строительство двухуровневых станций. Анализ работы пассажирской станции после строительства второго уровня приемо-отправочных путей рассмотрен в п. 4.2.

#### 4.2. Анализ работы пассажирской станции после строительства второго уровня приемо-отправочных путей

Рассмотрим варианты схемы примыкания второго уровня и изменение технологии и пропускной способности на примере станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги.

Учитывая разветвленную схему метро в районе станции Москва-Пассажирская Октябрьская (станция метро Комсомольская) с большим пассажиропотоком, второй уровень приемо-отправочных путей целесообразно расположить над существующим уровнем приемо-отправочных путей со специализацией его для приема и отправления электропоездов ОАО «Аэроэкспресс» сообщением Ленинградский вокзал – Шереметьево.

Строительство второго уровня приемо-отправочных путей возможно по следующим вариантам:

- 1) с сохранением действующей инфраструктуры станции Москва-Товарная;
- 2) с полным задействованием инфраструктуры станции Москва-Товарная (приложение №9) под строительство второго уровня.

Таблица 4.1

#### Прогнозируемые размеры пригородного движения на станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги

Сообщение	2015	2020 г.	2025 г.
Москва Окт. - Клин	13	18	20
Москва Окт. - Крюково	61	33	35
Москва Окт. - Конаково	8	8	9
Москва Окт. - Тверь	27	20	22
Москва Окт. - Подсолнечная	5	5	6
Москва Окт. - Алабушево	-	15	18
Москва Окт - Химки	-	15	18
Москва Окт - Шереметьево	-	27	31
ИТОГО	114	141	159

Учитывая данные ИЭРТ (таблицы 4.1), тенденцию стремительного роста пассажиропотока как в дальнем, так и в пригородном сообщении, а также необходимость вывоза большого числа поездов со станции Москва-Пассажирская

на станции участка для отстоя, 1-й вариант можно рассматривать только как временную меру увеличения пропускной способности до полного выноса грузовой работы на станцию Ховрино. За основу предлагается взять 2-й вариант со строительством еще одного экипировочного парка, расположенного параллельно с приемо-отправочными путями, для обслуживания оборотных пассажирских поездов, а также поездов с малым временем оборота. Технико-экономическое обоснование выбора оптимального варианта развития пассажирской станции представлено в п.4.3.

Проанализируем изменения пропускной способности станции Москва-Пассажирская Октябрьская после проведения реконструкции. Анализ занятости путей и стрелочных групп произведем с помощью программы PlanGraf [41], разработанной ОАО «НИИАС» (таблица 4.2).

Таблица 4.2

Таблица занятости путей и стрелочных групп на станции Москва-Пассажирская после строительства второго уровня приемо-отправочных путей

Номер пути	Процент загрузки
I гл	22
II гл	22
IV гл	24
III гл	28
V гл	16
14 приемо-отправочный	33
12 приемо-отправочный	47
10 приемо-отправочный	61
8 приемо-отправочный	27
6 приемо-отправочный	28
4 приемо-отправочный	38
2 приемо-отправочный	48
1 приемо-отправочный	83
3 приемо-отправочный	75
5 приемо-отправочный	58
7 приемо-отправочный	48
9 приемо-отправочный	34
11 Аэроэкспресс	76

13	Аэроэкспресс	23
15	Аэроэкспресс/Сапсан	25
17	Аэроэкспресс/Сапсан	21
21	Сдвоенный Сапсан	35
22	Сдвоенный Сапсан	28
	Стрелочная группа №1	18
	Стрелочная группа №2	16
	Стрелочная группа №3	14
	Стрелочная группа №4	20
	Стрелочная группа №5	27
	Стрелочная группа №6	22
	Стрелочная группа №7	46
	Стрелочная группа №8	44
	Стрелочная группа №9	50
	Стрелочная группа №10	35
	Стрелочная группа №11	32
	Стрелочная группа №12	5
	Стрелочная группа №13	13
	Стрелочная группа №14	16
	Стрелочная группа №15	34
	Стрелочная группа №16	27
	Стрелочная группа №17	37
21	экипировочный	21
22	экипировочный	68
23	экипировочный	62
24	экипировочный	80
25	экипировочный	75
26	экипировочный	86
27	экипировочный	74
28	экипировочный	90
29	экипировочный	83
30	экипировочный	86
41	вытяжной	38
42	экипировочный	46
43	экипировочный	51
44	экипировочный	65
45	экипировочный	48
1	РЭД	65
2	РЭД	55
3	РЭД	39

Анализируя таблицу 4.2 можно сделать вывод, что средняя загрузка приемо-отправочных путей составит 44%, путей в технических парках – 64%, горловины – 50%. Таким образом, после строительства второго уровня приемо-отправочных путей мы не только уйдем от проблемы «узких» мест, но и создадим резерв пропускной способности, который обеспечит комфортные условия для работы станции. А строительство дополнительного экипировочного парка позволит решить проблему вывоза пассажирских поездов на другие станции участка для отстоя.

#### **4.3. Технико-экономическое обоснование выбора оптимального варианта развития пассажирской станции**

При сравнении вариантов, требующих глобального переустройства путевого развития станции и пересмотра технологии работы коренным образом могут возникнуть трудности при определении эксплуатационных затрат, а также этапности внедрения отдельных элементов одного мероприятия. Например, очередность укладки приемо-отправочных путей при строительстве второго уровня пассажирской станции или очередность укладки путей в технических парках при объединении инфраструктуры пассажирских и прилегающих к ним грузовых станций. Вместе с тем, в данном случае важен лишь конечный результат, а очередность шагов по его достижению можно рассматривать как допустимую погрешность в рамках общих капитальных затрат.

Очевидно, что при внедрении мероприятий по развитию пассажирских станций 3-й группы (требующих значительных капитальных вложений) приоритетной задачей будет являться «социальная миссия» - освоение требуемого пассажиропотока. Проекты по реконструкции пассажирских станций будут дорогостоящими с большим сроком окупаемости. Именно окупаемость проекта, то есть его коммерческая эффективность, - основное условие при оценке проекта. Однако, конечные результаты проведения реконструктивных мероприятий тоже необходимо сравнивать между собой не только по техническим параметрам (освоение пассажиропотока, максимальное разделение поездопотоков,

рациональное использование пропускной способности станций и участков, удовлетворение требованиям пропуска высокоскоростных поездов и т.д.), но и по экономическим.

При сравнении экономической эффективности проектов развития пассажирской станции, требующих глобального переустройства путевого развития, рекомендуется применять методику «ЮНИДО». В основе оценки эффективности проектов данной методики находятся 4 основных показателя:

- интегральный эффект (чистый дисконтированный доход, чистая приведенная стоимость или прирост рыночной стоимости);
- индекс рентабельности (доходности);
- срок окупаемости;
- внутренняя норма доходности (рентабельности) проекта.

Основная идея методики «ЮНИДО» заключается в определении всех 4-х индивидуальных показателей каждого проекта, нахождении интегрированных показателей проектов и сравнении их между собой.

Рассмотрим применение методики «ЮНИДО» при сравнении между собой мероприятий 3-й группы. Для этого определим сначала базовые понятия (проект и жизненный цикл проекта) применительно к реконструкции пассажирской станции.

В нашем случае **проект** – это предполагаемое конечное состояние пассажирской станции после проведения комплекса мероприятий по ее реконструкции. Например, предполагаемое состояние пассажирской станции после ее объединения с грузовой станцией или предполагаемое состояние станции после строительства 2-го уровня приемо-отправочных путей.

**Жизненный цикл проекта** – это временной интервал от принятия проекта к реализации до необходимости проведения следующей реконструкции и принятия нового проекта.

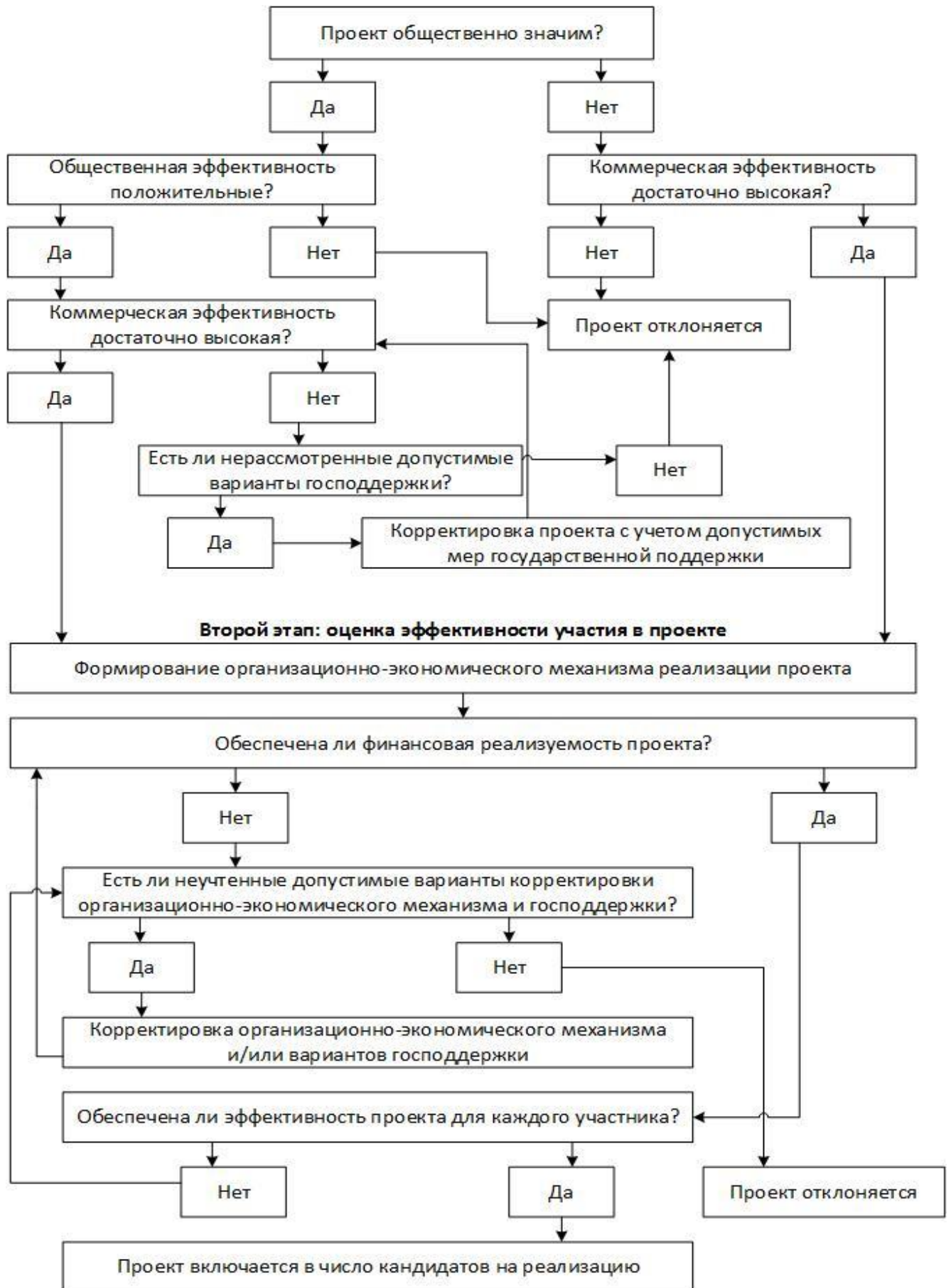


Рисунок 4.5 - Концептуальная схема оценки проекта

### Шаг 1. Определение показателей эффективности.

1. Интегральный эффект (чистый дисконтированный доход, чистая приведенная стоимость, прирост рыночной стоимости):

$$\mathcal{E}_{\text{инт}}(T_{\text{жц}}) = \text{ЧДД}(T_{\text{жц}}) = NPV(T_{\text{жц}}) = \Delta C_p = \sum_{i=1}^{T_{\text{жц}}} \text{ОП}_i * \eta_i - \sum_{i=1}^{T_{\text{жц}}} \text{ИП}_i * \eta_i, \quad (4.1)$$

где  $T_{\text{жц}}$  - жизненный цикл проекта, который можно определить исходя из срока службы элементов верхнего строения пути и данных ИЭРТ о перспективах изменения пассажиропотока на направлении;

$\sum_{i=1}^{T_{\text{жц}}} \text{ОП}_i$  - операционные денежные потоки (результаты деятельности проекта) в течение жизненного цикла;

$\sum_{i=1}^{T_{\text{жц}}} \text{ИП}_i$  - инвестиционные потоки (инвестиционные вложения в проект) в течение жизненного цикла;

$\eta_i$  - коэффициент дисконтирования.

$$\text{ИП}_i = I_i - \Delta \Phi_{\text{жц}} \quad (4.2)$$

– инвестиционные денежные потоки состоят из разности между инвестиционными вложениями в проект (например, строительство новой инфраструктуры) и дельтой ликвидированных активов (например, полный или частичный демонтаж существующей инфраструктуры);

$$\text{ОП}_i = \text{П}_{\text{пр}i} + \text{З}_{\text{ам}i} \quad (4.3)$$

- операционные денежные потоки складываются из нераспределенной (чистой) прибыли и амортизационных отчислений;

$$\text{П}_{\text{пр}} = (D - Z) - \alpha_n * \text{П} - \Delta K_p - \text{Див} \quad (4.4)$$

– чистая прибыль от реализации проекта в течение жизненного цикла, где

$D$  – доходы от реализации проекта (например, доходы от запуска дополнительных поездов);

$Z$  – текущие затраты (например, затраты на обслуживание дополнительных поездов и инфраструктуры);

$\alpha_n * \text{П}$  – налоги на прибыль;



$\Delta K_p$  - обслуживание кредита;

Див – выплаты дивидендов акционерам.

2. Индекс рентабельности (доходности) проекта:

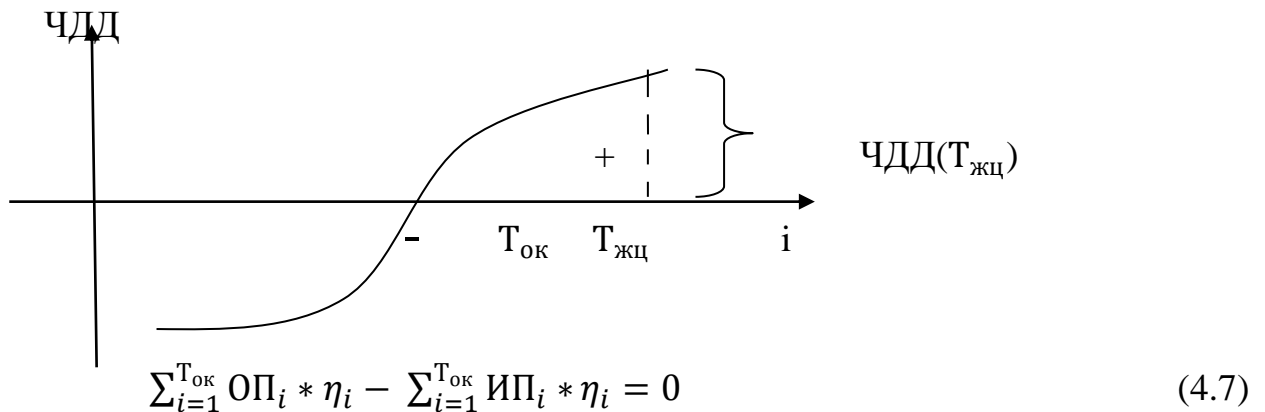
$$J_r = \frac{\sum_{i=1}^{T_{жц}} ОП_i * \eta_i}{\sum_{i=1}^{T_{жц}} ИП_i * \eta_i} \quad (4.5)$$

- показывает отдачу вложенного рубля, должен удовлетворять условию

$$J_r \geq 1. \quad (4.6)$$

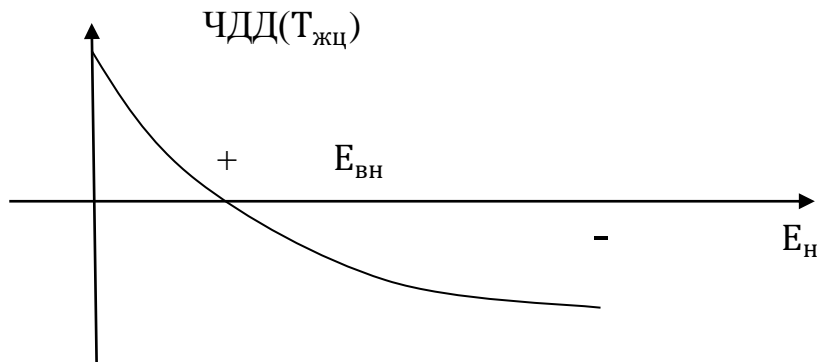
3. Срок окупаемости проекта ( $T_{ок}$ ):

Показывает, за какой временной период проект выйдет на уровень окупаемости. Находится из условия:



4. Внутренняя норма доходности (рентабельности) проекта ( $E_{вн}$ ):

Показывает, при каком предельном значении процентной ставки проект перестает быть рентабельным. Находится из условия:



$$\sum_{i=1}^{T_{жц}} ОП_i * \frac{1}{(1+E_{вн})^{i-1}} - \sum_{i=1}^{T_{жц}} ИП_i * \frac{1}{(1+E_{вн})^{i-1}} = 0 \quad (4.8)$$

## Шаг 2. Расчет интегральной оценки эффективности проекта.

Для сравнения проектов между собой необходимо рассчитать интегральную оценку эффективности проекта, которая будет включать в себя все 4 показателя эффективности, приведенных выше. Для этого все полученные значения по всем проектам необходимо свести в единую таблицу (в качестве примера приведена таблица 4.4).

$a_k$  – коэффициент значимости показателя эффективности при сравнении проектов. Проставляется экспертным путем таким образом, чтобы сумма всех коэффициентов в таблице была равна 1.

$$F_{инт j} = a_{чдд} \frac{чдд_j}{чдд_{баз}} + a_J \frac{J_j}{J_{баз}} - a_{Ток} \frac{Ток_j}{Ток_{баз}} + a_{E_{вн}} \frac{E_{вн_j}}{E_{вн_{баз}}} \quad (4.9)$$

Условием эффективности проекта будет

$$F_{инт j} \longrightarrow \max \quad (4.10)$$

За базовый проект можно взять любой из сравниваемых проектов. Это повлияет на само значение  $F_{инт}$ , но не на конечный результат при сравнении.

Однако, несмотря на всю важность экономической эффективности, при принятии решения о выборе того или иного проекта к реализации не следует забывать также и об общественной эффективности. При расчете общественной эффективности рассматривают изменение национального дохода, которое происходит из изменения прибыли в различных социально-экономических и производственных системах страны:

- 1) появление прибыли от перевозок по ВСМ;
- 2) изменение ежегодной прибыли от дальних пассажирских перевозок по существующим линиям вследствие их загрузки при вводе ВСМ;
- 3) изменение ежегодной прибыли от грузовых перевозок по существующим линиям вследствие их загрузки при вводе ВСМ;

4) изменение ежегодной прибыли от пригородных пассажирских перевозок по существующим линиям вследствие их загрузки при вводе ВСМ;

5) изменение прибыли в авиаперевозках вследствие перехода на ВСМ;

6) изменение прибыли в автоперевозках вследствие перехода на ВСМ;

7) изменение ежегодной прибыли в сфере социально-бытового, коммунального и туристического обслуживания пассажиров в связи с запуском ВСМ;

8) дополнительные отдаленные по времени социально-экономические эффекты, связанные с изменением производительности труда, уровнем образования, то есть с последствиями, связанными с мобильностью населения;

9) экологический эффект.

#### **4.4. Пример технико-экономического обоснования выбора оптимального варианта развития пассажирской станции**

Рассмотрим применение методики «ЮНИДО» на примере строительства второго уровня приемо-отправочных путей на станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги. Как уже описывалось выше (п.4.2) существует 2 варианта реконструкции:

1) с сохранением действующей инфраструктуры станции Москва-Товарная (проект №1);

2) с полным задействованием инфраструктуры станции Москва-Товарная (приложение №9) под строительство второго уровня (проект №2).

Следует отметить, что 2-й проект будет намного более затратным за счет более масштабного строительства, но и более прибыльным за счет реализации большего количества поездов. Поэтому вопрос целесообразности принятия того или иного проекта к реализации будет диктоваться, в первую очередь, условием

необходимости освоения требуемого поездопотока. Однако, со 100%-й точностью прогнозировать перспективу изменения поездопотока до 2025 года сегодня невозможно, так как на нее влияет огромное количество социальных, экономических, политических и др. факторов. Оптимистичные прогнозные данные института ИЭРТ (таблица 4.1) говорят о том, что без задействования инфраструктуры станции Москва-Товарная Октябрьской железной дороги освоить перспективный поездопоток невозможно. Однако, доподлинно проверить это утверждение удастся только после анализа изменения пропускной способности станции Москва-Пассажирская Октябрьская в результате проведения мероприятий 1-го и 2-го уровня.

Поэтому, за исходные данные примем 100%-ное освоение требуемого поездопотока в обоих проектах, рациональное использование пропускной способности станции на уровне 50-70%, а также населенность поездов на уровне 90%. Проведем технико-экономическое сравнение двух проектов, исходя из условия использования только собственных денежных средств без привлечения частных инвесторов и банков. Так как проекты в целом схожи (различие лишь в масштабах), то для простоты калькуляции все данные будем рассчитывать для полного жизненного цикла без разбиения по шагам расчетного периода. Полным жизненным циклом обоих проектов будет являться временной интервал от принятия проекта к реализации до необходимости проведения следующей реконструкции и принятия нового проекта. В нашем случае это будет обусловлено двумя факторами: сроком службы материалов верхнего строения пути и моральным устареванием проекта. Условно примем жизненный цикл равным 30 годам. На основе экономических данных, предоставленных ОАО «НИИАС» и ОАО «Мосгипротранс», определим показатели эффективности для обоих проектов (таблица 4.3).

Расчет показателей эффективности для проектов реконструкции станции  
Москва-Пассажирская

Значение	Проект №1	Проект №2
Количество дополнительных пригородных поездов, шт.	34	60
Количество дополнительных высокоскоростных поездов, шт.	5	12
Укладка дополнительной высокоскоростной инфраструктуры, км	9	19
Выручка от ввода дополнительных поездов за жизненный цикл, млрд. руб.	236,520	473,040
Инвестиции на укладку дополнительной инфраструктуры, млрд. руб.	11,700	24,700
Затраты на обслуживание подвижного состава (включая фонд з/п) за жизненный цикл, млрд. руб.	94,608	189,216
Затраты на обслуживание инфраструктуры (включая фонд з/п) за жизненный цикл, млрд. руб.	4,680	9,880
Суммарные эксплуатационные расходы за жизненный цикл, млрд. руб.	99,288	199,096
Чистая прибыль за жизненный цикл, млрд. руб.	94,658	188,797
<b>Срок окупаемости (<math>T_{ок}</math>), лет</b>	<b>3,7</b>	<b>3,9</b>
<b>Индекс рентабельности (<math>J_r</math>)</b>	<b>8,1</b>	<b>7,6</b>
<b>Интегральный эффект (ЧДД), млрд. руб.</b>	<b>82,958</b>	<b>164,097</b>
<b>Внутренняя норма доходности (<math>E_{вн}</math>)</b>	<b>0,53</b>	<b>0,52</b>

Далее на основе 4-х показателей (таблица 4.3) рассчитаем интегральную оценку эффективности каждого проекта, приняв проект №2 за базовый (таблица 4.4).

Таблица 4.4

## Интегральная оценка эффективности проекта

Показатель	Проект №1	Проект №2	ак
J <sub>r</sub>	8,1	7,6	2
ЧДД, млрд. руб	82,958	164,097	4
T <sub>ок</sub> , лет	3,7	3,9	3
E <sub>вн</sub>	0,53	0,52	1
F <sub>инт</sub>	2,3	4	

Таким образом, по условию эффективности, проект №2 с полным задействованием инфраструктуры станции Москва-Товарная под строительство второго уровня приемо-отправочных путей наиболее предпочтителен.

**ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4**

1. В зависимости от степени застройки города вблизи станций, востребованности направлений, тарифной политики перевозочных компаний и других факторов даже после внедрения реконструктивных мероприятий может возникнуть ситуация, когда необходимая пропускная способность достигнет наличную. Путем решения данной проблемы может служить строительство второго уровня приемо-отправочных путей с использованием его для поездов, состоящих из моторвагонного подвижного состава.

2. Масштабная реконструкция пассажирской станции повлечет за собой полное переустройство железнодорожного вокзала. Задачи, которые стоят перед современными вокзалами, требуют принципиально новых подходов к их проектированию, таких как: комплексный функционально-пространственный подход, взаимодействие с экологическими приемами современной ресурсосберегающей архитектуры и развитием новых

внутренних транспортных систем коммуникаций (межтерминальные мини-поезда, электромобили). Речь идет уже даже не просто о транспортно-пересадочном узле, а о городском узловом образовании с транспортной функцией.

3. Анализ работы пассажирской станции после строительства второго уровня приемо-отправочных путей методом имитационного моделирования на примере станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги показывает, что наличная пропускная способность будет в полной мере отвечать требованиям прогнозного поездопотока. Изменение технологии работы и пропускной способности пассажирских станций России после строительства второго уровня приемо-отправочных путей ранее не анализировалось. Данное мероприятие предлагается в качестве пути решения повышения пропускной способности пассажирских станций Москвы и Санкт-Петербурга и перспективы развития пассажирских станций крупных мегаполисов.

4. В качестве инструмента сравнения вариантов реконструкции пассажирских станции по показателям эффективности в данной диссертации впервые использована методика «ЮНИДО». Пример технико-экономического обоснования выбора оптимального варианта строительства второго уровня приемо-отправочных путей на станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги показал целесообразность ее использования в данной области. Результаты расчета же говорят о том, что наиболее эффективным будет являться проект с полным задействованием инфраструктуры прилегающей грузовой станции Москва-Товарная.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В диссертационной работе проведен анализ технического оснащения пассажирских станций и технологий их работы Московского, Санкт-Петербургского и Челябинского железнодорожных узлов, который позволил сделать вывод, что основные проблемы, препятствующие увеличению размеров движения, характерны для всех станций. Прежде всего, это:

- недостаточное путевое развитие станций;
- недостаточная электрификация путей в технических парках;
- недостаточное количество пассажирских обустройств (высоковольтных колонок, колонок для подзарядки аккумуляторных батарей, водоразборных колонок и т.д.) в технических парках.

2. На основе выявленных проблем работы станций как технического, так и технологического характера разработаны мероприятия по развитию пассажирских станций, которые можно разделить на 3 основных группы:

1) мероприятия по совершенствованию технологии работы станции (не требующие финансовых вложений);

2) мероприятия по внедрению новых технических средств и реконструкции станции (с вложением денежных средств, но без изменения принципиальной схемы станции);

3) мероприятия, связанные с развитием инфраструктуры пассажирских станций за счет реконструкции с изменением принципиальной схемы станции (требующие значительных капиталовложений).

3. Для реализации мероприятий по увеличению пропускной способности пассажирских станций был предложен и обоснован алгоритм, который сводится к следующему набору действий:

- определение «узкого» места (перронные пути, горловина или технические парки);
- внедрение мероприятий 1-й группы;
- если мероприятия 1-й группы исчерпаны, то внедрение мероприятий 2-й группы (для оценки их технологической эффективности предлагается



использовать алгоритм расчета пропускной способности станции методом имитационного моделирования);

- если мероприятия 1-й и 2-й групп исчерпаны, то внедрение мероприятий 3-й группы.

4. Для экономической оценки необходимости реализации мероприятия по увеличению пропускной способности пассажирской станции в диссертационной работе предложен метод оценки социально-экономической эффективности внедряемого мероприятия, который учитывает следующие эффекты:

- 1) повышение производительности труда пассажиров при увеличении комфортности и сокращении времени пребывания в пути;
- 2) дополнительный приток пассажиров с других видов транспорта при условии более высокой надежности и безопасности железнодорожных перевозок;
- 3) изменение бюджетной эффективности в силу роста РВП.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Акулиничев, В. М. Выбор оптимальной этапности развития односторонних сортировочных станций: Методические указания к дипломному проектированию / В. М. Акулиничев, Е. И. Сычёв. – Москва : МИИТ, 1983. – 32 с.
2. Акулиничев, В. М. Инженерные расчёты по выбору вариантов развития и реконструкции железнодорожных станций: Учебное пособие / В. М. Акулиничев, А. Н. Корешков, И. А. Иванов-Толмачев. – Москва : МИИТ, 1982.– 122с.
3. Алаев, М. М. Методические указания и выполнение экономического раздела дипломных проектов / М. М. Алаев, Б. Ф. Андреев. – Москва, 2002. – 59с.
4. Архангельский, Е. В. Выбор этапного развития станций // Повышение эффективности использования технических средств на железнодорожных станциях / Тр. ВНИИЖТа – Москва : Транспорт, 1986. – 3 с.
5. Архангельский, Е. В. Использование динамического программирования для определения сроков этапного развития станций // Вопросы совершенствования проектирования и использования устройств железнодорожных и промышленных узлов / Тр. МИИТа, 1976., Вып.548. – 98 с.
6. Бартенев, П. В. Железнодорожные станции и узлы. Учебник для вузов железнодорожного транспорта – Москва : Трансжелдориздат, 1953. – 504 с.
7. Бартенев, П. В. Станции и узлы. Учебник для вузов железнодорожного транспорта – Москва : Трансжелдориздат, 1945. – 600 с.
8. Батурин, А. П. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук «Теория выбора оптимального развития технического оснащения сети железных дорог» – Москва, 2000.
9. Богданов, И. А. Витебский вокзал и Царскосельская железная дорога / И.А. Богданов : Новый журнал. – 2002. – №2. – 157 с.
10. Бушев, В. Т. Расчет путевого развития пассажирских технических станций в условиях удаленного их размещения от перронных путей // Проблемы развития железнодорожных станций и узлов : Межвузовский сборник научных статей – Гомель, 1987. – 97 с.

11. Вакуленко, С. П. Выбор рациональных схем и емкости путевого развития пассажирских технических станций: Дисс. канд.техн.наук. – Москва : МИИТ, 1988. – 272с.

12. Вакуленко, С. П. Определение рациональной степени насыщения путевого развития ПТС вагонным парком при постоянном техническом оснащении // Проблема наращивания мощности ж.д. станций и узлов, (ч. 2) : Межвузовский сборник научных трудов – Выпуск840 – МИИТ, Москва – 1990. – 112 с.

13. Васильев, Е. В. Архитектура железнодорожных вокзалов / Е. В. Васильев. – Москва : Гос. изд-во литературы по строительству, 1967. – 9 с.

14. Гапанович, В. А. Распоряжение ОАО «РЖД» №2528р о порядке обслуживания и организации пропуска высокоскоростных электропоездов "САПСАН" по железнодорожным путям общего пользования ОАО "РЖД" – Москва, 2009.

15. Гапанович, В. А. Распоряжение ОАО «РЖД» №2530р о временных технических требованиях к содержанию и эксплуатации сооружений, устройств и высокоскоростных электропоездов ЭВС "Сапсан", обеспечивающих движение на линии Санкт-Петербург – Москва со скоростями более 200 до 250 км/ч – Москва, 2009.

16. Генеральная схема развития Московского железнодорожного узла до 2030 года – Москва, 2006.

17. Гибшман, А. Е. Определение экономической эффективности капитальных вложений на железнодорожном транспорте – Москва : Трансжелдориздат, 1963. – 186 с.

18. Голубев, П. В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук «Выбор параметров пассажирских устройств при организации пригородно-городских перевозок в узле» – Москва, 2005.

19. Голубев, Г. Е. Современные вокзалы/ Г. Е. Голубев, Г. М. Анджелини – Москва, 1967. – 207 с.

20. Гоманков, Ф. С. Технология и организация перевозок на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов – Москва : Транспорт, 1994.
21. Грау Бергольд. Проектирование железнодорожных станций / Сокр. пер. с нем. В.И. Шейко; Под ред. В.Я. Болотного – Москва : Транспорт. 1978. – 487 с.
22. Грунтов, П. С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов. – Москва : Транспорт, 1994.
23. Гурова, И. А. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений на железнодорожном транспорте 1973 год / И. А. Гурова, В. П. Осипова, Г. П. Головкина, В. Т. Агеева – Москва, 1973.
24. Ефименко, Ю. И. Выбор оптимальной этапности развития железнодорожных станций и узлов: Учебное пособие. – Ленинград ин-т инж. ж.-д. тр-та, 1989. 50 с.
25. Ефименко, Ю. И. К вопросу этапности развития железнодорожных станций и узлов // Вопросы совершенствования эксплуатации и развития железнодорожных узлов: Тр. ЛИИЖТа – 1982. – 81 с.
26. Ефименко, Ю. И. Обоснование принципа выбора оптимальной этапности развития железнодорожных станций и узлов: Деп. в ЦНИИТЭИ ИГЭС 25.01,89, № 4782. – Л.: ЛИИИ, 1988. – 20 с.
27. Ефименко, Ю. И. К вопросу определения годовых приведённых расходов в условиях неравномерности движения // Интенсификация эксплуатационной работы железнодорожного транспорта / Ю. И. Ефименко, С. Г. Малошевский : Тр. ПИИТа. – 1991. – 31 с.
28. Акулиничев, В. М. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов ж-д транспорта / В. М. Акулиничев, Н. В. Правдин, В. Я. Болотный, И. Е. Савченко – Москва : Транспорт, 1992.
29. Шубко, В. Г. Железнодорожные станции и узлы / В. Г. Шубко, Н. В. Правдина – Москва, 2002.

30. Зуев, Г. Вокзал в Нарышкинском саду [Электронный ресурс] / Г. Зуев // Нева. – 2002. – № 12. – Режим доступа: <http://magazines.russ.ru/neva/2002/12/gzu.html>.
31. Иванов, Г. П. Железнодорожные вокзальные комплексы в период с XIX по XXI века [Электронный ресурс] / Г. П. Иванов, И. П. Шур, И. Ю. Коковихин, И. В. Коковихина, В. А. Шелехова // Архитектон : известия вузов. – 2010. – № 29. – Режим доступа: [http://archvuz.ru/2010\\_1/6](http://archvuz.ru/2010_1/6).
32. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации. Москва, 2011г.
33. Инструкция по проектированию станций и узлов на железных дорогах Союза ССР. – М. Транспорт, 1978. – 175 с.
34. Информация с официального сайта компании ОАО «Российские железные дороги» [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://rzd.ru>.
35. Козлов, П. А. Система автоматизированного построения имитационных моделей железнодорожных станций и транспортных узлов. Руководство пользователя Версия 1.0. – Москва : 2006. — 95 с.
36. Колесников, С. А. Раскрытие понятия узла городской структуры в теории градостроительства и городской среды двадцатого столетия / С.А. Колесников // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2008. – №12.– С. 148–153.
37. Кочнев, Ф. П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте. Издание шестое. Москва :Транспорт, 1980. – 496 с.
38. Красовский, Е. Я. История железнодорожного транспорта России. Том 1 СПб, 1994. – 336 с.
39. Куперштох, Л. М. Анализ схем технических пассажирских станций и предложения по их расчету и проектированию. Автореферат дисс. канд. техн. наук. – Л.: ЛИИЖТ, 1949. – 32 с.

40. Логинов, С. И. Развитие пассажирских и технических станций : Учебное пособие. – Л.: ЛИИЖТ, 1986. – 55 с.
41. Лысиков, М. Г. Автоматизированная система расчета параметров работы станций графоаналитическим методом PlanGraph / М. Г. Лысиков, А. В. Степанов – 2007. – 80с.
42. Мачерет, Д. А. Экономическое значение улучшения использования локомотивного парка в ходе реформирования железнодорожного транспорта : статья в журнале «Экономика железных дорог» / Д. А. Мачерет, Н. А. Валеев – России. – Москва, 2014.
43. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте. / МПС РФ. – Москва: 1998 – 123 с.
44. Методические указания по расчету норм времени на маневровые работы, выполняемые на железнодорожном транспорте – Москва : Транспорт, 1998.
45. Методические указания по расчету основных показателей работы, использования подвижного состава, производительности труда и себестоимости и порядку их определения.
46. Милков, А. Ю. Разработка плана формирования пассажирских поездов при сезонных колебаниях пассажиропотока : дипломный проект – Москва, 2014. – 113 с.
47. Морозов, В. Н. Положение о железнодорожной станции – Москва, 2011.
48. Морозов, В. Н. Распоряжение ОАО «РЖД» №2243р об утверждении Инструкции по подготовке к работе в зимний период и организации снегоборьбы на железных дорогах, в других филиалах и структурных подразделениях ОАО «РЖД», а также его дочерних и зависимых обществах – Москва, 2013.
49. Морозов, В. Н. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог / В. Н. Морозов, В. А. Гапанович, В. Г. Лемешко – Москва, 2011.

50. Мурунов, А. Ю. Новые тенденции в проектировании современных вокзальных комплексов / А. Ю. Мурунов // Стратегическое городское и региональное планирование: межвуз. сб. науч. тр. – Самара: Самарская гос. арх.-строит. акад., 2003. – С. 118–122.

51. Никандров, В. А. Программное средство автоматизированное рабочее место дежурного диспетчерского аппарата железнодорожной станции. Руководство по эксплуатации и настройке – Екатеринбург, 2012. – 87с.

52. Новые технические решения в депо Гамбург для обслуживания высокоскоростного электропоезда ИЦЕ (ФРГ) // Железнодорожный транспорт за рубежом. Серия II. Подвижной состав. Локомотивное и вагонное хозяйство. Выпуск 7. ЦНИИТЭИ МПС. – 1990. с. 1 – 21.

53. О железнодорожном транспорте в Российской Федерации. Федеральный закон. Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации 2004. 9, 25, 43с.

54. Пазойский, Ю. О. Пути повышения эффективности работы пассажирского железнодорожного транспорта: Труды VII научно – практической конференции «Безопасность движения поездов». – Москва – МИИТ, 2006.

55. Пазойский, Ю.О. Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте / Ю. О. Пазойский, Л. С. Рябука, В. Г. Шубко – Москва : Транспорт, 1991.–240 с.

56. Пазойский, Ю. О. Организация пригородных железнодорожных перевозок. – Москва, 2015. – 269 с.

57. Персианов, В. А. Моделирование транспортных систем / В. А. Персианов, К. Ю. Скалов, Н. С. Усков – Москва: Транспорт, 1972. – 208 с.

58. Петров, А. Ю. Технология и управление перевозками на железнодорожном транспорте (опыт, теория и практика) / А. Ю. Петров, П. К. Рыбин, И. Н. Шутов – С-Пб. : ПГУПС, 2008. – 40 с.

59. Правдин, Н. В. Пассажирские станции. Издание второе переработанное – Москва : Транспорт, 1973. —272 с.

60. Правдин, Н. В. Компьютерное проектирование железнодорожных станций: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / Н. В. Правдин, А. К. Головнич, С. П. Вакуленко – Москва : ГОУ, 2008.– 469с.
61. Правдин, Н. В. Железнодорожные станции и узлы / Н. В. Правдин, В. Г. Шубко – Москва, 2005. – 501с.
62. Правдин, Н.В. Пассажирские и технические станции / Н. В. Правдин, Т. С. Банек, А. Е. Циркунов, В. Е. Ярмоленко – Москва : Транспорт, 1965. – 224 с.
63. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм – Москва : Техинформ, 2001.
64. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации – Москва, 2011 г.
65. Резер, С. М. Логистика пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. – Москва : ВИНТИ РАН, 2007. – 516 с.
66. Рекомендации по проектированию общественно-транспортных центров (узлов) в крупных городах – Москва: ЦНИИП градостроительства, 1997.
67. Романов, В. В. Обоснование размещения и числа пассажирских технических станций в крупных железнодорожных узлах: Дисс.канд.техн.наук. – Санкт-Петербург, 2008.
68. Савченко, И. Е. О реконструкции технических пассажирских станций // Железнодорожный транспорт, 1958, №8. – С. 33–36.
69. Савченко, И. Е. Устройства для пассажирского движения на железнодорожном транспорте. – Москва: Транспорт, 1979, с. 192 — 197.
70. Савченко, И. Е. Железнодорожные станции и узлы : учебник для вузов ж.д. тр-та / И. Е. Савченко, С. В. Земблинов, И. И. Страковский – Москва : Трансжелдориздат, 1962. – 411с.
71. Савченко, И. Е. Развитие железнодорожных станций и узлов / И. Е, Савченко, К. Ю. Скалов – Москва : Трансжелдориздат, 1960. – 296 с.
72. Скалов, К. Ю. Пассажирские технические станции / К. Ю. Скалов, Н. В. Касаткин, М. В. Транс – Москва : Трансжелдориздат, 1935. – 61 с.



73. Служебное расписание движения пассажирских и пригородных поездов. – Санкт-Петербург, 2013г.
74. События и факты. Депо Руммельсбург //Ж. д. мира, 1999, №11. [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.css-rzd.ru/zdm/1999-11>.
75. Сотников, И. Б.. Эксплуатация железных дорог (в примерах и задачах) – Москва : Транспорт, 1984.
76. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года. – Москва, 2013. – 136 с.
77. Строительно – технические нормы МПС России. Железные дороги колеи 1520 мм – Москва, Транспорт, 1995.
78. Сугоровский, А. В. Обоснование этапности развития пассажирских технических станций: дисс.канд.техн.наук. – Санкт-Петербург, 2010.
79. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Каланчевская Московской железной дороги.
80. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги.
81. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Пассажирская-Казанская Московской железной дороги.
82. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Пассажирская-Киевская Московской железной дороги.
83. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Пассажирская-Курская Московской железной дороги.
84. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Пассажирская-Павелецкая Московской железной дороги.
85. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Пассажирская-Рижская Московской железной дороги.
86. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Пассажирская-Смоленская Московской железной дороги.

87. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Пассажирская-Ярославская Московской железной дороги.
88. Техническо-распорядительный акт станции Москва-Товарная Октябрьской железной дороги.
89. Техническо-распорядительный акт станции Николаевка Московской железной дороги.
90. Техническо-распорядительный акт станции Санкт-Петербург-Главный Октябрьской железной дороги.
91. Технологический процесс работы станции Москва-Каланчевская Московской железной дороги.
92. Технологический процесс работы станции Москва-Пассажирская Октябрьской железной дороги.
93. Технологический процесс работы станции Москва-Пассажирская-Казанская Московской железной дороги.
94. Технологический процесс работы станции Москва-Пассажирская-Киевская Московской железной дороги.
95. Технологический процесс работы станции Москва-Пассажирская-Курская Московской железной дороги.
96. Технологический процесс работы станции Москва-Пассажирская-Павелецкая Московской железной дороги.
97. Технологический процесс работы станции Москва-Пассажирская-Рижская Московской железной дороги.
98. Технологический процесс работы станции Москва-Пассажирская-Смоленская Московской железной дороги.
99. Технологический процесс работы станции Москва-Пассажирская-Ярославская Московской железной дороги.
100. Технологический процесс работы станции Москва-Товарная Октябрьской железной дороги.
101. Технологический процесс работы станции Николаевка Московской железной дороги.

102. Технологический процесс работы станции Санкт-Петербург- Главный Октябрьской железной дороги.
103. Технологический процесс работы станции Челябинск-Главный Южно-Уральской железной дороги.
104. Типовой технологический процесс работы пассажирской станции. – Утвержден распоряжением ОАО «РЖД» №2194р от 20 октября 2008г.
105. Фёдоров, В. А. Эксплуатационные требования к техническому оснащению и путевому развитию пассажирских технических станций. – Москва: Тр. ЦНИИМПС, вып. 341, 1967. – 151 с.
106. Федоров, И. Российские вокзалы обростут отелями и торговлей [Электронный ресурс] / И. Федоров // Firstnews. – Режим доступа : [http://www.firstnews.ru/articles/rossiyskie-vokzaly-obrastut-otelyami-i-torgovley/?sphrase\\_id=250681](http://www.firstnews.ru/articles/rossiyskie-vokzaly-obrastut-otelyami-i-torgovley/?sphrase_id=250681).
107. Четчуев, М. В. Обоснование этапности развития горловин железнодорожных станций: дисс.канд.техн.наук. – Санкт-Петербург, 2012.
108. Числов, О. Н. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук «Теоретические основы рационального размещения элементов железнодорожных промышленных транспортно-технологических систем». – Москва, 2009.
109. Шапкин, И. Н. Планирование работ по усилению технического оснащения пассажирских технических станций (ПТС) на основе методов теории чувствительности. Тр. МИИТ, вып. 716, 1982. – С. 54–56.
110. Шапкин, И. Н. Планирование работ по усилению технического оснащения пассажирских технических станций (ПТС) на основе методов теории чувствительности. Тр. МИИТ, вып. 716, 1982. – С. 54–56.
111. Шевченко, Е. Москвичей приучат отдыхать на вокзалах [Электронный ресурс] / Е. Шевченко // Известия. – Режим доступа: <http://izvestia.ru/news/539045>).

112. Шубко, В. Г. Оптимизация перевозочного процесса в пассажирском движении: методические указания к дипломному проектированию. – Москва: 1978.

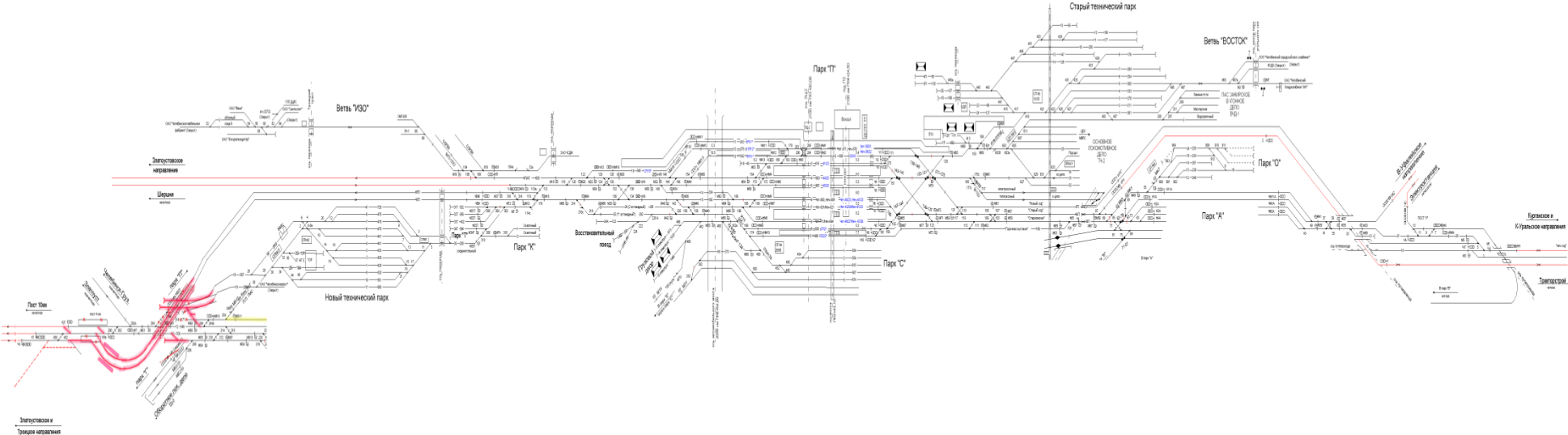
113. Шубко, В. Г. Железнодорожные станции и узлы / В. Г. Шубко, Н. В. Правдин, Е. В. Архангельский, В. Я. Болотный, В. А. Бураков, С. П. Вакуленко, В. А. Персианов – Москва : УМК МПС, 2002.

114. Экономика железнодорожного транспорта [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://www.pandia.ru>.

115. Якунин, В. И. Договор об оказании услуг по использованию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования между ОАО «РЖД» и ОАО «ФПК» №252 / В. И. Якунин, М. П. Акулов – Москва, 2010.

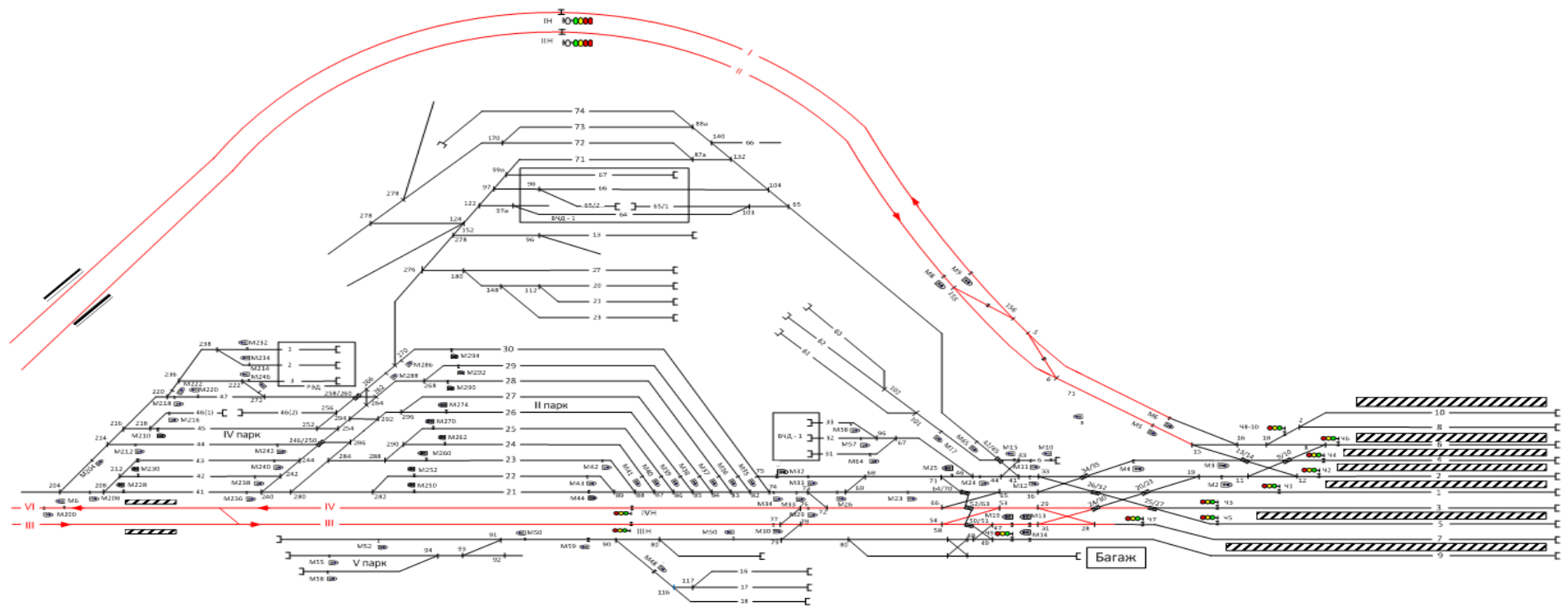
Приложение 1

Схематический план пассажирской системы станции Челябинск-Главный



## Приложение 2

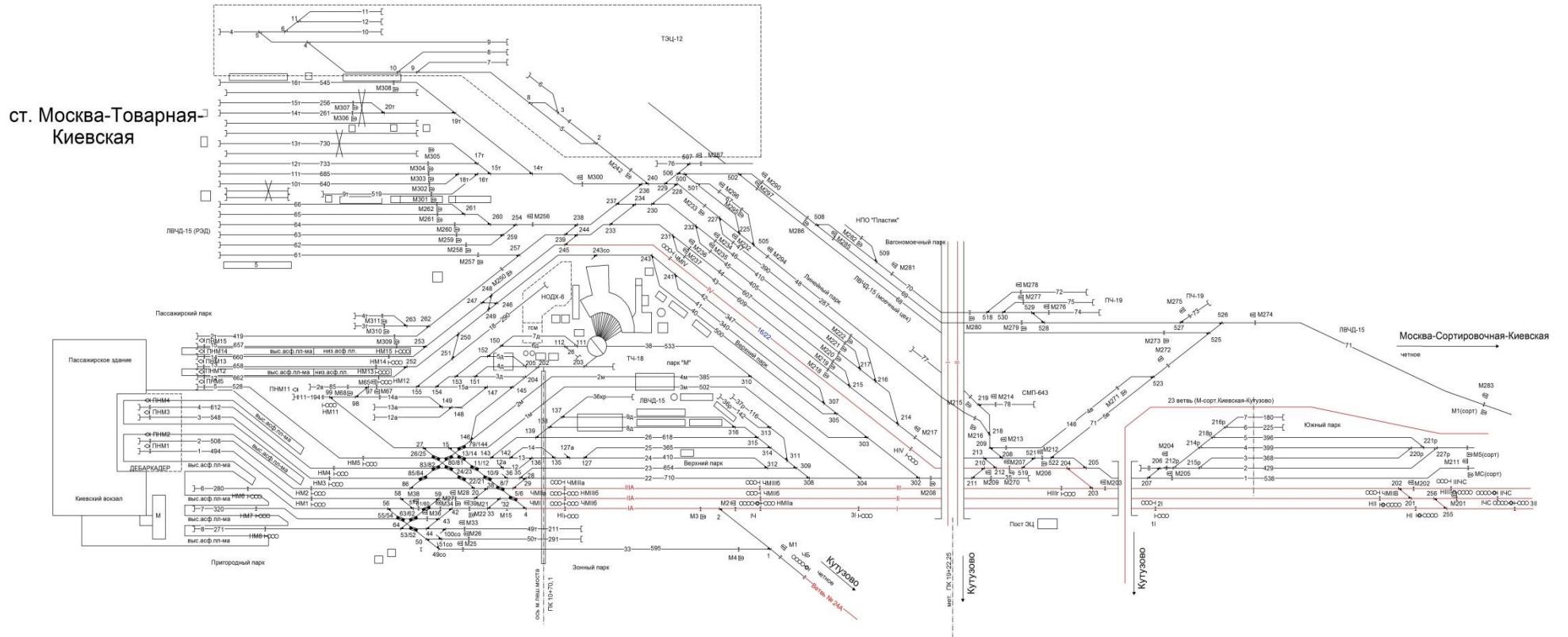
## Схематический план станции Москва-Пассажирская Октябрьская





# Приложение 4

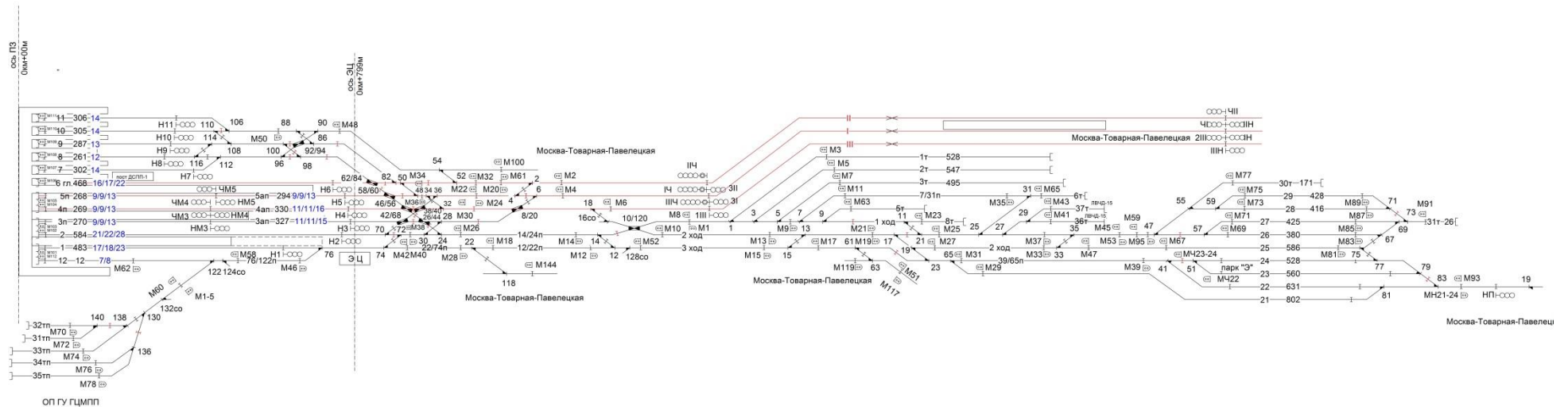
## Схематический план станции Москва-Пассажирская-Киевская





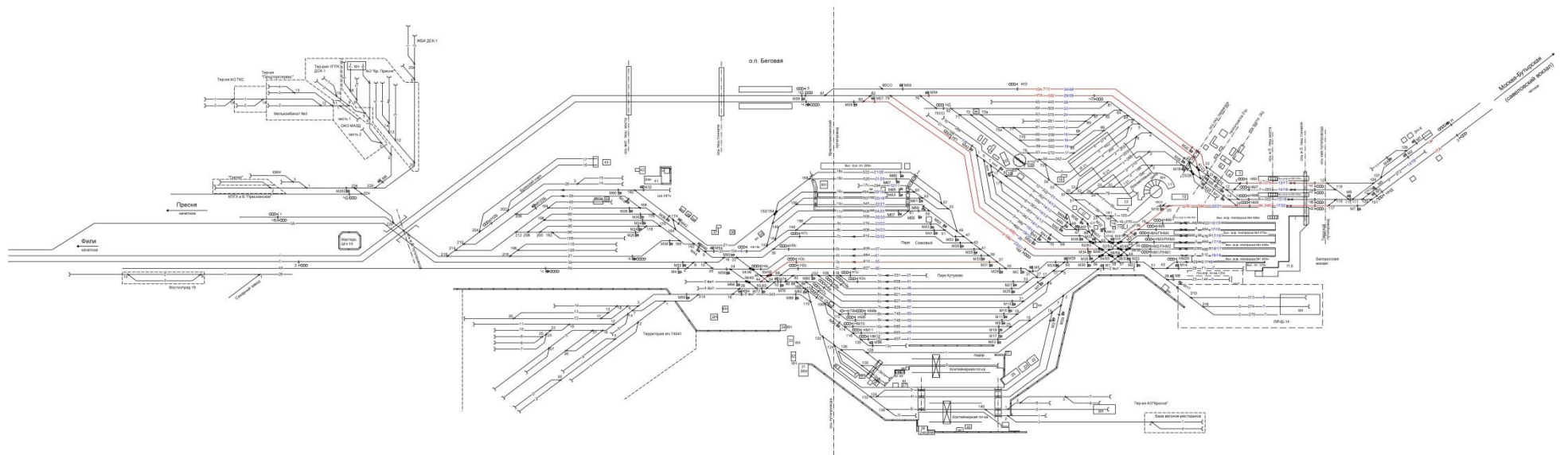
# Приложение 5

## Схематический план станции Москва-Пассажирская-Павелецкая



## Приложение 6

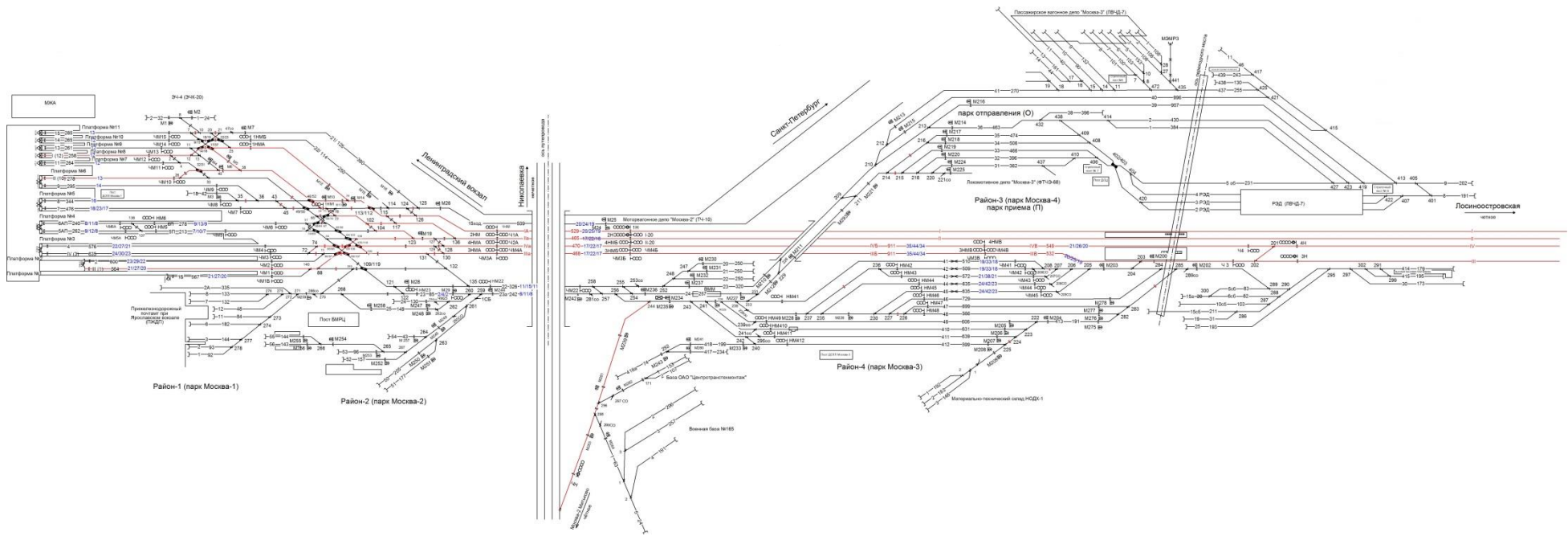
## Схематический план станции Москва-Пассажирская-Смоленская





# Приложение 8

## Схематический план станции Москва-Пассажирская-Ярославская



# Приложение 9

## Схематический план станции Москва-Пассажирская Октябрьская после строительства второго уровня приемо-отправочных путей

