

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный университет путей сообщения»
МГУПС (МИИТ)

На правах рукописи

Савельев Максим Юрьевич

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ОСВОЕНИЯ
ПОТОКОВ ПАССАЖИРОВ, БАГАЖА И ГРУЗОБАГАЖА
НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, профессор
Пазойский Юрий Ошарович

Москва – 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПОТОКОВ ПАССАЖИРОВ, БАГАЖА И ГРУЗОБАГАЖА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	12
1.1. Краткий анализ организации перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа на сети железных дорог Российской Федерации.....	12
1.2. Анализ существующей структуры пассажиропотоков и поездопотоков на сети железных дорог Российской Федерации.....	17
1.3. Современное состояние багажных перевозок на железнодорожном транспорте.....	23
1.4. Анализ работ отечественных и зарубежных авторов в области организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте.....	35
1.4.1. Анализ научных исследований в сфере прогнозирования пассажиропотоков, определение составности пассажирских поездов и расчета плана формирования пассажирских поездов.....	35
1.4.2. Анализ научных исследований в области организации почтово- багажных перевозок.....	46
Выводы по 1 главе.....	49
ГЛАВА 2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ ПРИ УСЛОВИИ БЕСПЕРЕЧАДОЧНОГО СООБЩЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ.....	50
2.1. Основные принципы расчета плана формирования пассажирских поездов.....	50
2.2. Расчет плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков.....	53
2.2.1. Математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков.....	53

2.2.2. Расчет плана формирования пассажирских поездов при организации беспересадочного сообщения для пассажиропотоков заданного уровня.....	61
2.3. Расчет плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков, сегментированных по типу мест.....	68
2.3.1. Математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков сегментированных по типу мест при фиксированных схемах составов поездов.....	68
2.3.2. Математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов и определения схем их составов с учетом обеспечения беспересадочного сообщения пассажиропотоков сегментированных по типу мест.....	80
2.4. Расчет плана формирования пассажирских поездов при колебаниях пассажиропотока во времени.....	90
2.5. Комплексная методика расчета плана формирования пассажирских поездов.....	98
2.6. Методика определения стоимостных оценок пассажирских поездов....	105
Выводы по главе 2.....	110
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДКИ ОСВОЕНИЯ ПОТОКОВ БАГАЖА И ГРУЗОБАГАЖА НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.....	112
3.1. Постановка задачи и обоснование теоретических принципов выбора оптимальных параметров системы освоения потоков багажа и грузобагажа.....	112
3.2. Алгоритм расчета плана формирования багажных и грузобагажных поездов.....	113
3.3. Методика расчета стоимостной оценки багажного и грузобагажного поезда.....	116
3.4. Математическая модель расчета плана формирования почтово-багажных поездов.....	118

3.5. Методика расчета числа багажных купе в составе пассажирского поезда.....	125
3.6. Экономическая эффективность перевозки багажа в вагонах пассажирских поездов.....	131
Выводы по главе 3.....	137
ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ И БАГАЖНЫХ ПОЕЗДОВ НА ВЫБРАННЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ И ПОЛИГОНАХ.....	139
4.1. Анализ результатов расчета числа и назначений пассажирских поездов на полигоне Москва – Архангельск – Воркута.....	139
4.2. Анализ результатов расчета числа и назначений пассажирских поездов на направлении Москва – Адлер.....	143
4.3. Анализ результатов расчета числа и назначений багажных и грузобагажных поездов и вагонов на полигоне Москва – Санкт-Петербург – Архангельск – Воркута.....	149
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	157
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	161
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	169

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования определяется необходимостью развития пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте, играющих важную роль в транспортном развитии страны.

Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте были и остаются важнейшей составной частью транспортной продукции. Они удовлетворяют разнообразные потребности населения в передвижениях. Трудовые поездки (к местам приложения труда и обратно) обеспечивают экономические потребности общества. Развитие пассажирских перевозок способствует росту материального благосостояния людей, их интеллектуального и духовно-нравственного уровня, расширение и углубление культурного, научно-технического и других видов международного обмена.

Совершенствование системы планирования пассажирских перевозок продиктовано, в-первую очередь, изменением принципов организации пассажирских перевозок вследствие реформирования структуры железнодорожного транспорта. Попытка перехода к рыночной конкуренции в сфере пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте пока не дала результатов и на сегодняшний день в пассажирских перевозках дальнего следования, по сути, существует только один перевозчик, АО «Федеральная пассажирская компания», но при этом создана платформа для развития и привлечения новых «игроков» на рынок пассажирских транспортных услуг в сфере железнодорожного транспорта. Кроме этого, развитие транспортной системы страны привело к высокой конкуренции со стороны других видов транспорта, и, на сегодняшний день, для привлечения пассажиров на какой-либо вид транспорта необходимо иметь существенные преимущества перед конкурентами. В связи с этим система планирования пассажирских перевозок должна удовлетворять ряду условий:

- в первую очередь, обеспечивать максимально возможное удовлетворение спроса на перевозки при учете наличного парка подвижного состава;

- во-вторых, обеспечивать достаточную скорость перевозки пассажиров – в данном случае железнодорожный транспорт не может конкурировать по скорости доставки с авиатранспортом, однако может предложить альтернативные и в ряде случаев более привлекательные условия перевозки, например ночные перевозки, которые являются более комфортабельными для пассажиров по сравнению с авиатранспортом и т.д.;

- в-третьих, реализовывать беспересадочное сообщение основного потока пассажиров по маршрутной сети, что приведет к снижению оттока пассажиров на другие виды транспорта;

- в-четвертых, система планирования должна обеспечивать необходимый уровень комфортабельности перевозки пассажиров.

При этом зачастую в конкурентной среде «гонка за лидерство» приводит к тому, что компании для привлечения новых клиентов начинают работать себе в убыток. В связи с этим система планирования должна основываться не только на клиентоориентированных принципах построения маршрутной сети, но и на повышении рентабельности перевозки. Поэтому система планирования должна обеспечивать эффективное использование подвижного состава, что приведет к сокращению затрат перевозчика на его содержание и организацию процесса перевозки.

Кроме того, за пассажирским перевозчиком на железнодорожном транспорте закреплено право организовывать перевозку багажа и грузобагажа как в составе пассажирских поездов, так и отдельными поездами с пассажирской скоростью. Поэтому система планирования пассажирских перевозок должна объединять между собой, по сути, разные виды перевозок, багажные, грузобагажные и пассажирские. Также при планировании нельзя забывать, что перевозка багажа и грузобагажа является отдельным источником доходов для перевозчика, и пренебрегать данным видом

деятельности. По этой причине необходимо создать единую систему планирования потоков пассажиров багажа и грузобагажа и тем самым избежать лишних расходов, повысить эффективность использования подвижного состава, а также повысить доходы от пассажирских перевозок.

Степень научной разработанности темы. Вопросы планирования пассажирских перевозок с точки зрения повышения конкурентоспособности, сокращения затрат, повышения эффективности использования подвижного состава являются ключевыми для перевозчика. Большой практический и научный вклад в области планирования и организации пассажирских и багажных перевозок внесли работы Б.Ф. Андреева, Н.А. Батуриной, Д.В. Глазкова, Ф.С. Гоманкова, С.С. Жаброва, Ф.П. Кочнева, Е.А. Макаровой, А.С. Начученко, В.Я. Нигрея, О.А. Никитина, Ю.О. Пазойского, О.Н. Пановой, Е.В. Покацкой, А.М. Рудых, Н.В. Правдина, В.А. Федорова, В.Г. Шубко.

Целью диссертационного исследования является разработка научно-методических аспектов системы освоения потоков пассажиров, багажа и грузобагажа на сети железных дорог при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков заданного уровня и удовлетворении спроса на места в различных типах вагонов, а также позволяющих производить совместный расчет числа и назначений пассажирских, багажных и грузобагажных поездов с целью сокращения затрат и повышения эффективности работы подвижного состава.

Задачи исследования, поставленные для достижения цели исследования:

- проанализировать существующие методы расчета плана формирования пассажирских и багажных поездов и определить возможности их развития и совершенствования;
- разработать комплексный подход к решению задачи выбора оптимальных параметров системы освоения потоков пассажиров, багажа и грузобагажа на сети железных дорог на основе математических моделей:

- расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении заданного уровня беспересадочных сообщений корреспонденций пассажиропотоков;
- расчета плана формирования пассажирских поездов при сегментированных корреспонденциях пассажиропотоков по спросу на места в вагонах разных типов при фиксированных схемах составов поездов, а также при их определении в процессе расчета;
- освоения потоков багажа и грузобагажа на сети железных дорог.

Объектом исследования является организация пассажирских перевозок на сети железных дорог.

Предмет исследования - план формирования пассажирских, багажных и грузобагажных поездов на сети железных дорог.

Научная новизна исследования заключается в разработке новых научно-обоснованных технологических решений по совершенствованию системы освоения потоков пассажиров, багажа и грузобагажа, в том числе:

- разработанная модель расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении заданного уровня беспересадочного сообщения пассажиров в качестве исходной информации использует данные о корреспонденциях пассажиропотоков, что позволяет достичь прозрачности их освоения на всех стадиях решения задачи (в отличие от известных методов расчета плана формирования пассажирских поездов, которые используют в качестве исходной информации густоты пассажиропотоков) и дает возможность более точного моделирования размеров движения на сети железных дорог, а также моделировать распределение корреспонденций пассажиропотоков по поездам; разработанная модель позволяет производить детальный анализ полученных результатов, что дает возможность уже на стадии расчета плана формирования пассажирских поездов задавать не только маршрут следования поезда, но и определять промежуточные пункты посадки-высадки пассажиров;

- математические модели расчета плана формирования пассажирских поездов при сегментированных пассажиропотоках по спросу на места в вагонах разных типов позволяют определять схемы составов пассажирских поездов в соответствии со спросом пассажиров на места, что позволяет перевозчику рационально распределять подвижной состав по сети;

- разработанная математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов при неравных величинах пассажиропотока в прямом и обратном направлении позволяет сократить потребность в подвижном составе и повысить качественные показатели работы пассажирских поездов за счет перехода от парного движения поездов в прямом и обратном направлении к непарному;

- предложенные методы организации потоков багажа и грузобагажа позволяют перевозчику оценить степень рентабельности назначения прицепных групп багажных и грузобагажных вагонов к пассажирским поездам, а также необходимость назначения грузобагажных поездов;

- разработанная методика освоения потоков пассажиров, багажа и грузобагажа позволяет производить совместный расчет плана формирования пассажирских и грузобагажных поездов.

Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования заключается в возможности применения сформулированных теоретических подходов для расчета размеров движения как на выделенном полигоне железных дорог, так и в целом производить расчет плана формирования пассажирских поездов на сети железных дорог. Практическое использование результатов диссертации, подтверждается актом внедрения, приведенным в Приложении 1.

Методология и методы проведенного исследования основываются на: анализе и научном обобщении отечественного опыта в области планирования и организации пассажирских, багажных и грузобагажных перевозок, методах математической статистики, теории вероятности,

математического моделирования транспортных потоков и линейного и целочисленного программирования.

Положения, выносимые на защиту:

- математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении заданного уровня беспересадочного сообщения пассажиров;

- математические модели расчета плана формирования пассажирских поездов при сегментированных пассажиропотоках по спросу на места в вагонах разных типов;

- математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов при неравных величинах пассажиропотока в прямом и обратном направлении;

- математическая модель оптимизации потоков багажа и грузобагажа на железнодорожном транспорте;

- комплексная методика расчета плана формирования пассажирских поездов для различных условий эксплуатации;

Степень достоверности и апробация результатов исследования.

Достоверность исследований и научных результатов подтверждается корректностью исходной информации перспективных пассажиропотоков, применением современного математического аппарата, а также сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Основные положения диссертационной работы и научные результаты, полученные автором, докладывались и получили одобрение на международной конференции «Математическое моделирование, оптимизация и информационные технологии» (Кишинев, 2009), на двенадцатой научно-практической конференции «Безопасность движения поездов» (Москва, МИИТ, 2011), на международной научно-практической конференции «Подготовка и переподготовка кадров – основа обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте» (Кишинев, 2012). Основные результаты работы опубликованы в шести печатных изданиях, в том числе

три работы в журналах, рекомендованных в действующем перечне ВАК
Министерства образования и науки Российской Федерации.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ОСНОВНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПОТОКОВ ПАССАЖИРОВ, БАГАЖА И ГРУЗОБАГАЖА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.

1.1. Краткий анализ организации перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа на сети железных дорог Российской Федерации.

Уровень развития транспортной системы сказывается практически на всех сферах жизнедеятельности общества, поэтому разграничить выполняемые ею экономические и социальные функции можно только условно. Важная государственная задача в области пассажирских перевозок состоит в создании условий для повышения подвижности населения.

ОАО "РЖД" обеспечивает 28,6% в общем пассажирообороте страны. Данный объем перевозок обеспечивается парком пассажирских локомотивов (3,1 тыс.), пассажирских вагонов дальнего следования (24,1 тыс.) и пассажирских вагонов пригородного следования (15,6 тыс.).

Перевозки пассажиров, багажа и грузобагажа на сети железных дорог Российской Федерации регламентируются основным документом: «Правила перевозок пассажиров, багажа, грузобагажа железнодорожным транспортом», утвержденным приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 19.12.2013 года №473 [49].

Согласно данному документу пассажирские перевозки подразделяются на перевозки пассажиров, ручной клади, багажа и грузобагажа и осуществляются по железным дорогам, входящим в единую сеть железных дорог Российской Федерации и открытым для общего пользования.

Пассажиры, багаж и грузобагаж перевозятся от и до железнодорожных станций (далее - станции) и остановочных пунктов, открытых для выполнения коммерческих операций соответственно по перевозкам пассажиров, багажа и грузобагажа.

Перевозки пассажиров в международном сообщении осуществляются по правилам, устанавливаемым соответствующими международными договорами (соглашениями).

Одной из основных проблем пассажирских перевозок в настоящее время является убыточность. В соответствии с программой структурной реформы на железнодорожном транспорте, перекрестное субсидирование между выгодными грузовыми и убыточными пассажирскими перевозками было ликвидировано. Однако действенного механизма финансирования социально-значимых пассажирских перевозок создано так и не было.

В силу отсутствия полноценных законодательно закрепленных механизмов госзаказа на пассажирские перевозки, не было достигнуто безубыточности и финансовой устойчивости пассажирских компаний, и ОАО "РЖД" продолжает поддержку своих дочерних обществ. Эти же проблемы мешают привлекать в сферу пассажирских перевозок частный капитал.

Для повышения доходности пассажирских перевозок было введено множество дополнительных услуг для пассажиров, основными из которых можно назвать организацию мультимодальных перевозок, а также услуги по доставке корреспонденции и багажа.

В сфере магистральных дальних мультимодальных перевозок все большей популярностью пользуется пакетная услуга – проезд с автомобилем для пассажиров поезда "Лев Толстой" в сообщении Москва – Хельсинки с последующим пользованием услугой по перевозке пассажира с автомобилем на территории финских железных дорог и перевозкой морским паромом в Швецию, Эстонию, Латвию и Германию. При этом оформление перевозки в России осуществляется в «одном окне». Развитие данного бизнеса предполагается осуществлять в тесной увязке с государством. Расширение масштабов представленной услуги непосредственно связано с государственной моделью повышения уровня мобильности населения, обеспечения перевозок льготных категорий граждан, государственного заказа

общественно-значимых перевозок пассажиров, регулирования межвидовой конкуренции.

В составе следующих поездов курсируют вагоны-автомобилевозы, предназначенные для безопасной и удобной перевозки личных транспортных средств:

- № 102/101 Москва – Адлер;
- № 35/36 Санкт-Петербург – Адлер;
- № 31/32 "Лев Толстой" Москва – Хельсинки – Москва;
- № 30/29 Москва – Санкт-Петербург;
- № 17/18 Москва – Петрозаводск;
- № 10/09 Москва – Псков;
- № 109/110 Санкт-Петербург – Астрахань;
- № 85/86 Москва – Астрахань.

Действует специальное предложение "Туры по Европе с автомобилем", доступное для пассажиров поезда № 31/32 "Лев Толстой".

Автомобилевоз представляет собой цельнометаллический вагон, внутри которого предусмотрены специальные упоры для крепления автомобилей, а также системы пожарной сигнализации и охраны.

В одном вагоне могут разместиться 3 или 4 легковых автомобиля, в зависимости от их габарита.

Вагон сопровождается проводниками, которые осуществляют погрузку/выгрузку, оформляют опись транспортного средства, присутствуют совместно с пассажиром при прохождении таможенного контроля и обеспечивают сохранность в пути следования.

При перевозке багажа в специально оборудованных купе в составе поездов дальнего следования принимается до 3 мест багажа от одного пассажира.

При этом допускаются габариты места по сумме трех измерений (ширина, длина и высота) не более 180 сантиметров, вес – до 75 килограмм, а общий допустимый вес багажа – до 200 килограмм.

Одной из особенностей пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте является ее высокая неравномерность. Так, например, с 25 декабря 2014 года по 11 января 2015 года поездами дальнего следования формирования АО "ФПК" воспользовались 5,7 миллионов пассажиров. В частности, с вокзалов Москвы в поездах отправлено 1,3 млн. пассажиров; с вокзалов Санкт-Петербургского железнодорожного узла – 460 тысяч.

В "пиковые" даты перевозок – 30 декабря, 9 и 10 января – максимальный суточный пассажиропоток составил соответственно 402 тыс., 370 тыс. и 381 тыс. пассажиров. При этом населенность поезда в "пиковые" даты превышала 90%.

В международном сообщении популярностью пользовались направления Москва – Хельсинки и Санкт-Петербург – Таллинн. В сообщении со странами Западной Европы отмечен высокий спрос на перевозки в направлении Польши, Чехии и Франции. Так поезда № 21/22 Москва – Прага "Влтава", № 9/10 Москва – Варшава "Полонез" № 17/18 Москва – Ницца и № 23/24 Москва – Париж в праздничные дни отправлялись с использованием вместимости 100%.

Для обеспечения новогодних перевозок было дополнительно назначено 190 поездов АО "ФПК", совершивших 851 рейс.

Основными направлениями инновационной деятельности ОАО "РЖД", связанной с развитием дальних пассажирских перевозок, на сегодняшний момент являются: развитие скоростного и высокоскоростного движения, обновление тягового и нетягового подвижного состава, развитие мультимодальных перевозок.

Начиная с декабря 2009 года ОАО "РЖД" использует высокоскоростные электропоезда "Сапсан" на маршруте Москва - Санкт-Петербург. Высокоскоростные поезда пользуются большим успехом, с начала их эксплуатации ими воспользовались более 13 млн. пассажиров. С 1 августа 2014 г. ОАО "РЖД" использует на этом маршруте сдвоенные электропоезда "Сапсан" вместимостью 1050 человек, состоящие из 20

вагонов. Длина поездов превышает полкилометра, что делает их самыми длинными высокоскоростными электропоездами в мире. В декабре 2010 года открыто скоростное сообщение между Россией и Финляндией. Из Хельсинки до Санкт-Петербурга отправился первый скоростной поезд "Аллегро", в конструкции которого использована технология наклона кузова до 8 градусов, что позволяет проходить повороты с более высокой скоростью. Таможенный и паспортный контроль проводится в процессе движения поезда.

В 2010 году было завершено изготовление опытного образца двухсистемного пассажирского электровоза ЭП20. Электровоз предназначен для вождения пассажирских и скорых поездов, электрифицированных на постоянном токе напряжением 3 кВ и на переменном токе напряжением 25 кВ промышленной частоты 50 Гц. Электровоз обеспечит ведение поезда из 24 вагонов со скоростью 160 км/ч и поезда из 17 вагонов со скоростью 200 км/ч на прямых участках пути.

В 2010 году ОАО "ВНИИЖТ" провело комплекс предварительных испытаний поезда Talgo, оснащенного системой автоматического перехода с одной колеи на другую. Была проведена опытная поездка на участке Москва – Брест, в результате которой удалось сократить время хода на 2,5 часа по сравнению со скорым поездом.

С 30 октября 2013 года курсируют новые двухэтажные вагоны по маршруту Москва – Адлер в составе поезда №103/104. С 1 февраля 2015 г. двухэтажные вагоны курсируют в составе фирменного поезда Москва – Санкт-Петербург №5/6.

Все вышеперечисленные мероприятия и особенности организации дальних пассажирских перевозок, несомненно, влияют на развитие маршрутной сети ОАО "РЖД", мобильность населения и корреспонденции пассажиропотоков и требуют проведения регулярного анализа структуры, направлений и особенностей пассажиропотоков на железнодорожном транспорте.

1.2. Анализ существующей структуры пассажиропотоков и поездопотоков на сети железных дорог Российской Федерации.

В качестве исходных данных для анализа размеров, структуры и динамики изменения пассажиропотоков были приняты отчетные данные программного комплекса ИАС «Схема пассажиропотоков».

Сводные данные по величинам пассажиропотоков в период 2005-2014 годы приведены в таблица 1.1.

При общей тенденции к снижению пассажиропотока можно сделать вывод, что по сравнению с 2005 годом общее количество перевезенных пассажиров в дальнем сообщении снизилось на 28,9%, что обусловлено высокой конкуренцией автомобильного и авиатранспорта, а также социально-экономическими факторами (наиболее резкое снижение наблюдается в 2009 и 2014 годах - см. рис. 1.1).

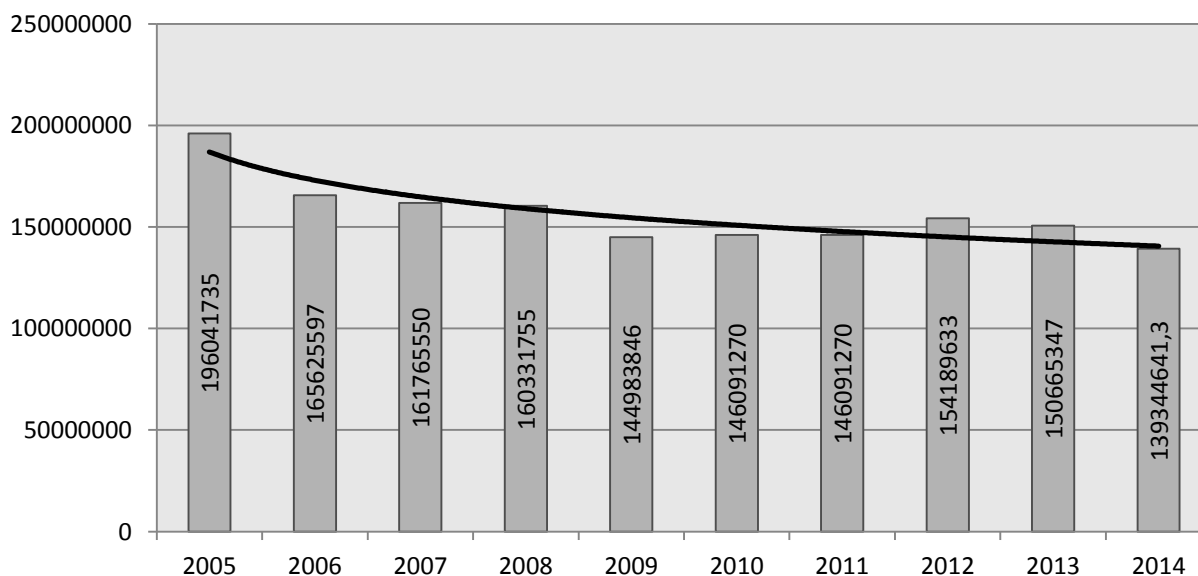


Рисунок 1.1 – Размеры пассажиропотоков по годам, пасс./год.

Сезонная неравномерность дальних перевозок также показывает тенденцию к снижению, что позволяет сделать вывод об уменьшении доли

Таблица 1.1

Размеры пассажиропотоков в дальнейшем сообщении с разбивкой по месяцам, пасс.

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
За 12 месяцев	196041735	165625597	161765550	160331755	144983846	146091270	146091270	154189633	150665347	139344641
январь	12787837	12313165	10747268	10233545	9631719	9203763	9203763	9693195	10068478	9375806
февраль	11471687	11248404	9959456	10202167	8878788	8674994	8674994	9576440	10297939	9071217
март	13625653	12523644	11816242	11599252	10267227	10646086	10646086	11307694	11957543	10726601
апрель	14471721	12004369	12165671	12391337	11081813	11438196	11438196	12001348	12784790	11229338
май	16233190	13737980	14270763	14517529	12932561	13362563	13362563	14425586	13818176	12467268
июнь	21639876	18093103	18252066	18064828	16902833	16609082	16609082	17830332	16512481	14717906
июль	24476514	19667707	19746982	19842677	18303041	16936223	16936223	17730264	17197007	15894809
август	19473640	15662240	14707022	14233034	13065060	13042549	13042549	13371845	13039153	12279111
сентябрь	15116399	11885208	11660460	11766748	10499718	10852410	10852410	11224445	10867029	10402631
октябрь	15671188	12716903	12678536	12734589	11026172	11662376	11662376	12412324	11693553	11141695
ноябрь	14921576	13252959	13241169	12551942	11026820	12131113	12131113	13132116	11214599	11170878
декабрь	16152454	12519915	12519915	12194107	11368094	11531915	11531915	11484044	11214599	10867381
Коэфф. неравномерности	1,498	1,425	1,465	1,485	1,515	1,391	1,391	1,388	1,370	1,369

поездок к местам отдыха и санаторно-курортного лечения в летний период и увеличении доли деловых поездок (рисунок 1.2). Доля поездок в июле и августе с 2005 года сократилась соответственно с 12,49% до 11,41% и с 9,93% до 8,81% от годового объема. В период с 2005 года показатель неравномерности снизился с 1,498 до 1,369. Значительное снижение сезонной неравномерности перевозок наблюдается также с "кризисного" 2009 года, что говорит о влиянии социально-экономических факторов на данный показатель.

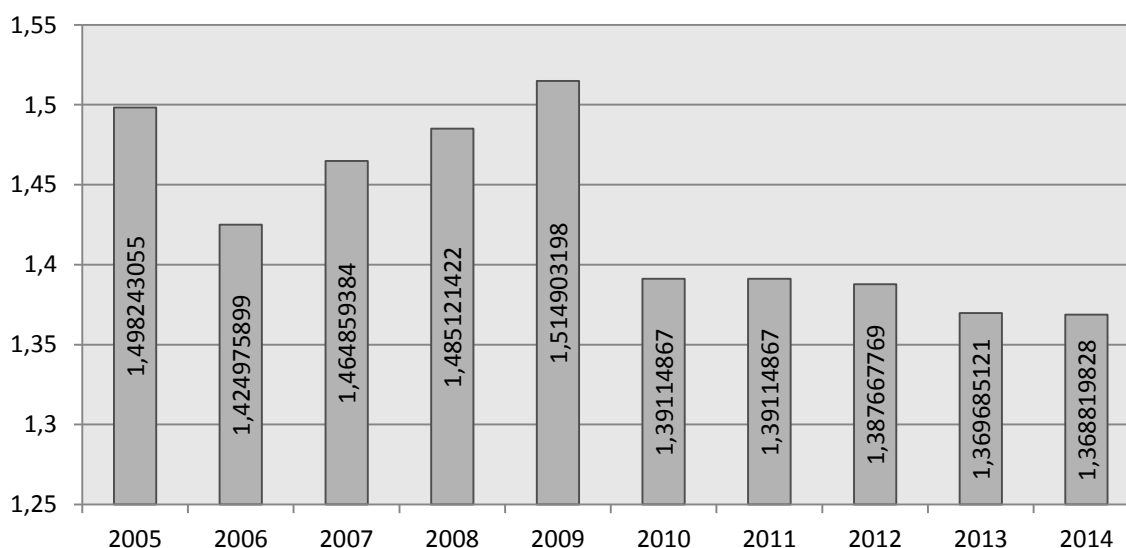


Рисунок 1.2 – Изменение коэффициента сезонной неравномерности пассажиропотоков по годам.

Средняя населенность и процент использования вместимости за последние годы снизилась с 2011 года с 29,53 до 28,08 человека на вагон и с 69,46% до 66,13% соответственно (рисунки 1.3, 1.4, таблица 1.2). Коэффициент сменяемости мест вырос с 1,03 до 1,04.

Среднее число вагонов в составе поезда осталось практически неизменным - 10,9 вагонов (10,7 вагонов в 2011 году) (рисунок 1.5). С учетом общего снижения объемов перевозок, данный параметр требует дополнительного анализа эффективности. Нерациональное увеличение числа вагонов в составе поезда при общем снижении пассажиропотока приводит к

снижению населенности поездов и к дополнительным расходам. Необходимо учитывать также и то, что свободные от пассажиров купейные вагоны могут быть использованы для дополнительных услуг и видов перевозок, таких как перевозки почты, багажа и ручной клади.

Таблица 1.2

Показатели использования пассажирских вагонов.

Год		2011	2012	2013	2014
Населенность, пасс.		29,53	30,54	29,63	28,08
% использования вместимости		69,45	71,33	69,27	66,12
Коэффициент сменяемости		1,02	1,06	1,06	1,04
Средняя дальность, км		989,1	985,7	977,9	956,9
Средний состав, ваг.		10,67	10,82	11,03	10,87
Средняя емкость, пасс.		461,48	470,61	478,6	472,42
Населенность по категориям мест, пасс./ваг.	люкс	7,11	7,9	7,86	7,58
	купе	18,6	19,05	17,98	17,64
	плацкарт	40,40	41,20	40,20	37,91
	общие	34,75	35,80	36,08	37,93
Вагонов в составе поезда, ваг.	люкс	0,5	0,49	0,5	0,48
	купе	4,40	4,31	4,42	4,51
	плацкарт	5,09	5,28	5,4	5,12
	общие	0,73	0,81	0,72	0,83

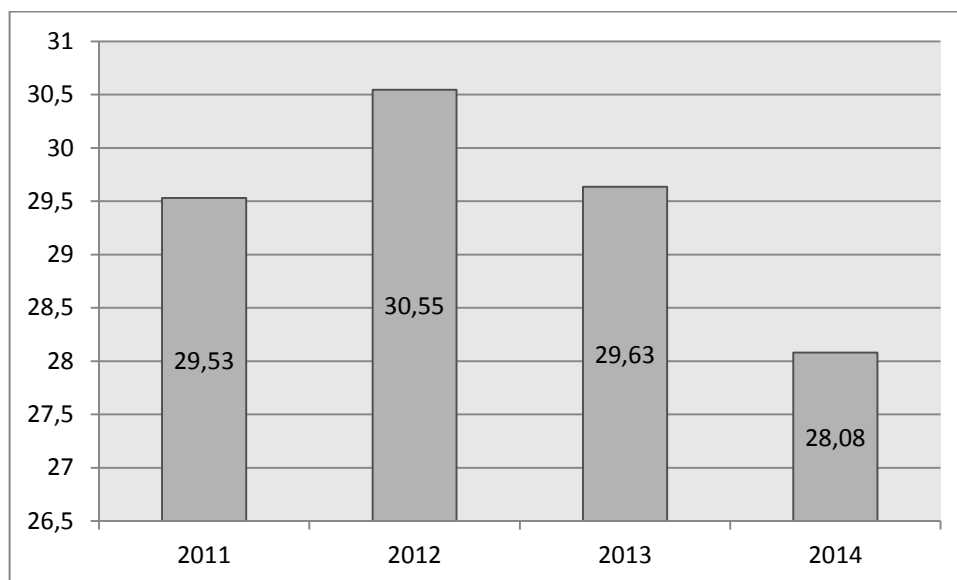


Рисунок 1.3 – Средняя населенность, человек на вагон.

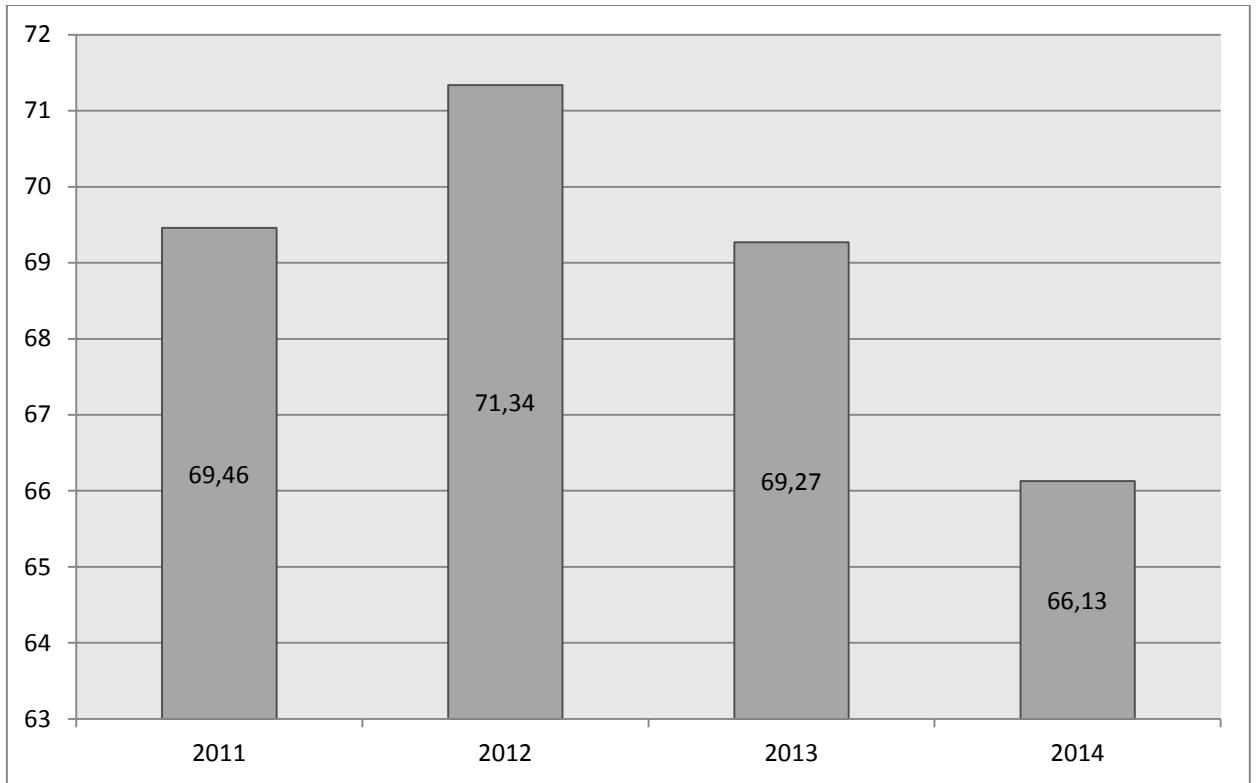


Рисунок 1.4 – Использование вместимости вагонов, %.

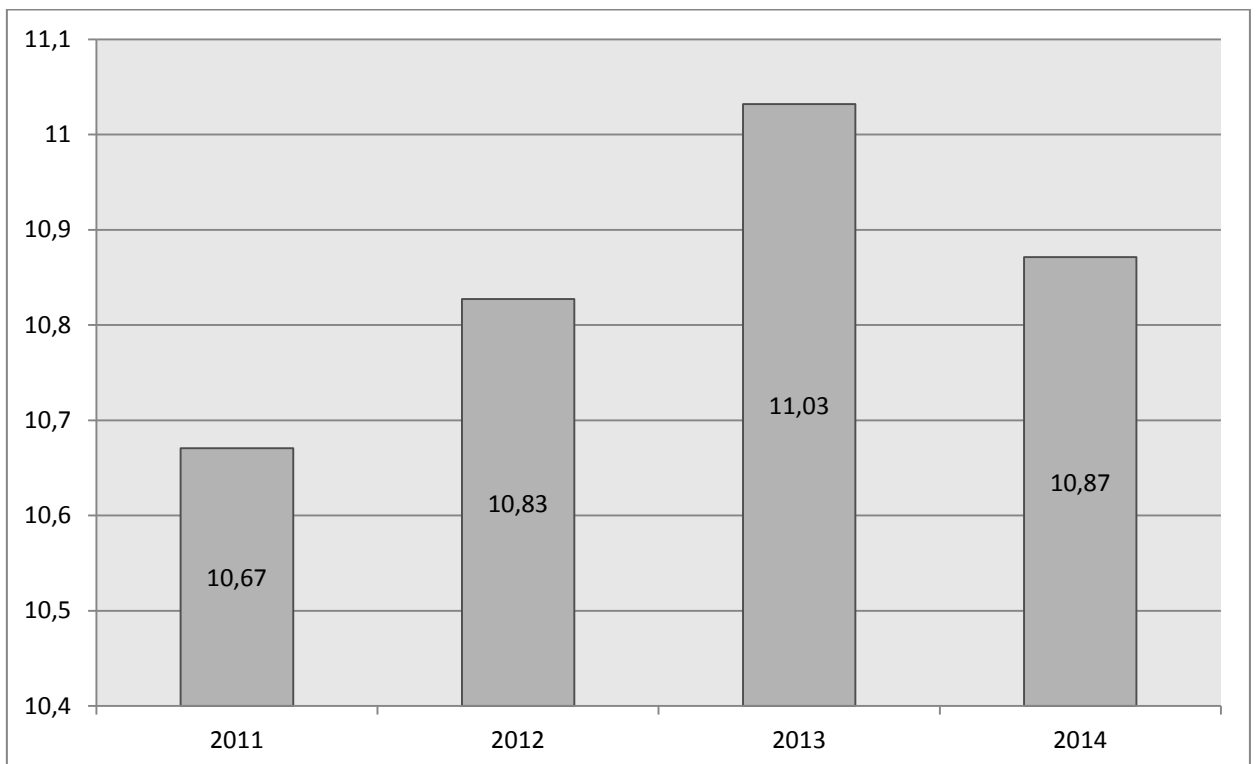


Рисунок 1.5 – Средний состав поезда, вагоны.

Структура предложения по категориям мест изменилась незначительно: наблюдается рост доли общих вагонов за счет сокращения доли плацкартных (рисунок 1.6).

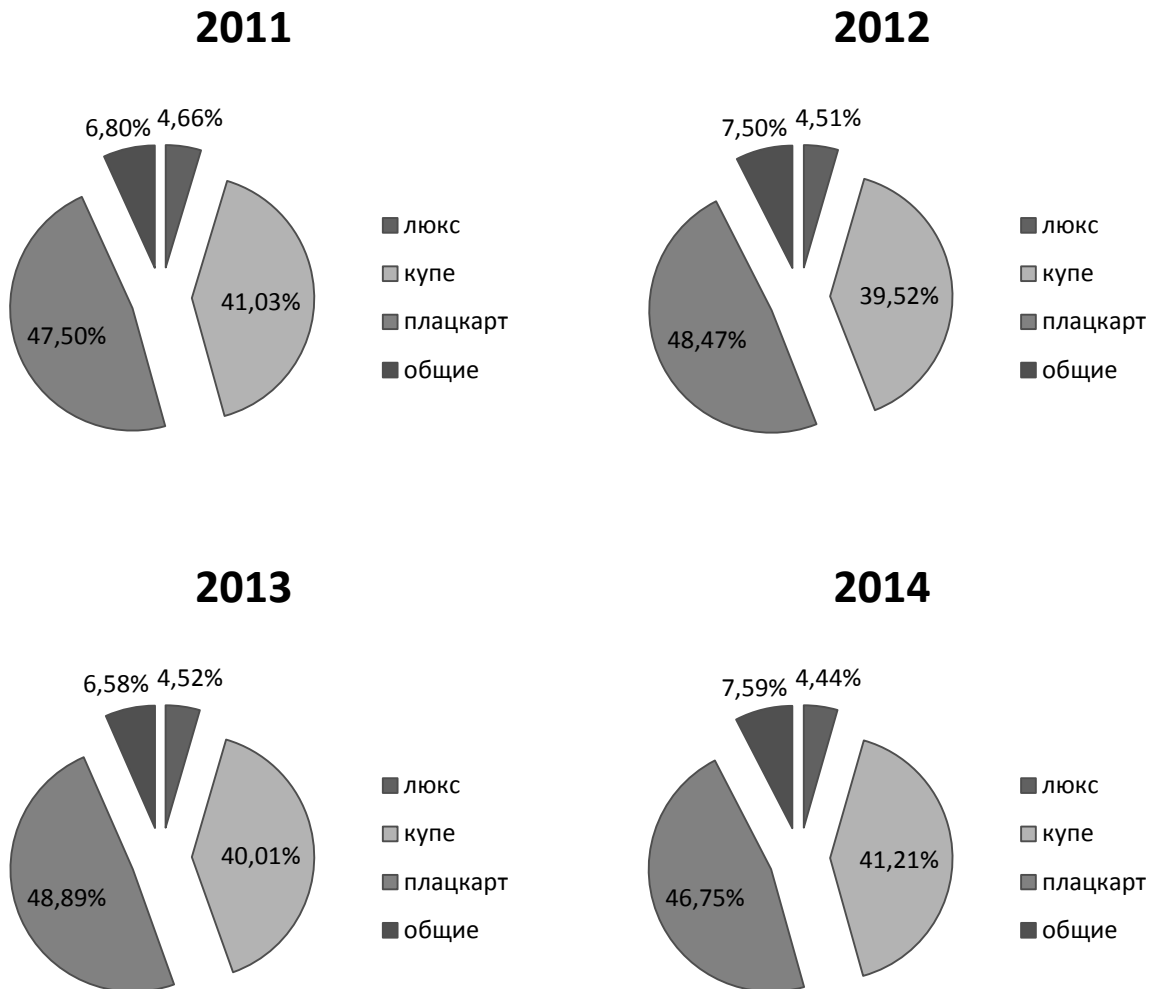


Рисунок 1.6 – Распределение вагонов по категориям мест, %.

При этом населенность вагонов класса "люкс" повысилась при снижении их доли в составе, что свидетельствует о стабильности спроса на данную категорию вагонов (рисунок 1.7). Населенность общих вагонов также повысилась, что, в сочетании с повышением их доли в составе поезда, указывает на рост спроса на данную категорию. Уровень спроса на купейные вагоны также остается достаточно стабильным: наблюдается незначительное снижение населенности по причине повышения их доли в составе. Также на

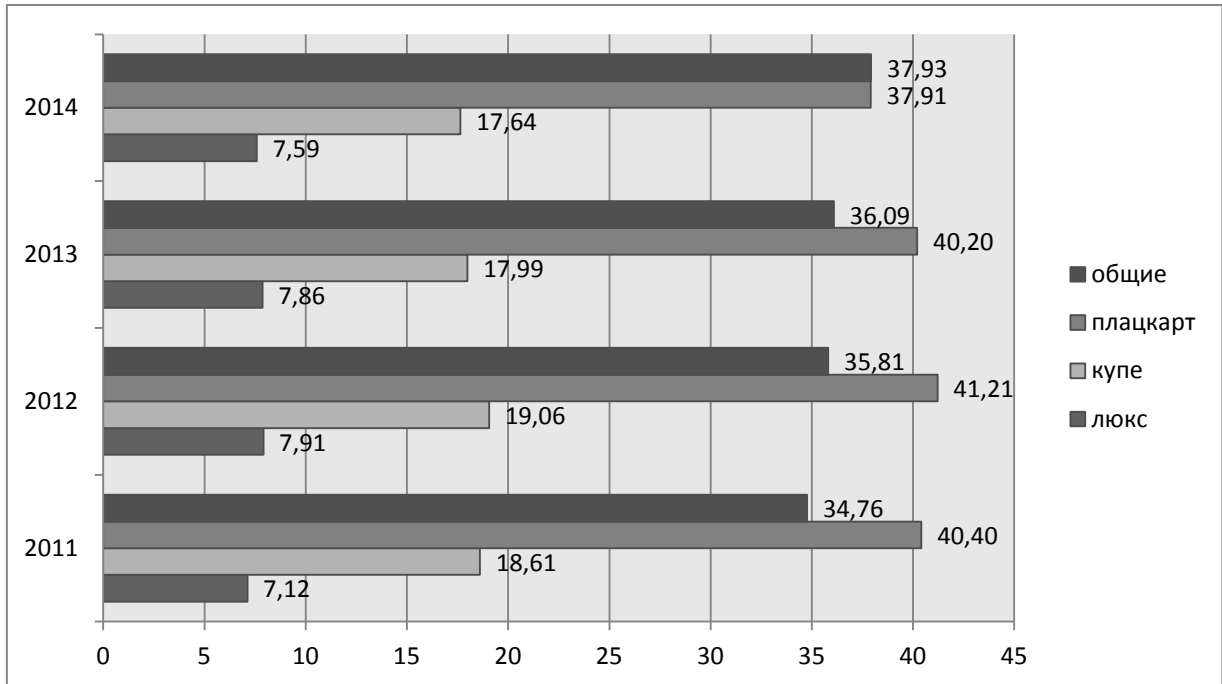


Рисунок 1.7 – Населенность поездов по категориям мест, человек на вагон.

основе приведенных данных можно сделать выводы о падении спроса на плацкартные вагоны и необходимости дальнейшего уменьшения их доли в составе поезда.

Данные изменения объемов и структуры пассажиропотоков свидетельствуют о необходимости совершенствования принципов и особенностей разработки плана формирования пассажирских поездов, учитывающего сезонность, спрос на различные категории мест и возможность оказания дополнительных услуг для пассажиров в пути следования.

1.3. Современное состояние багажных перевозок на железнодорожном транспорте.

Багажные перевозки являются составной частью пассажирских перевозок и включают в себя перевозку багажа, пассажиров и грузобагажа.

Под перевозкой багажа и грузобагажа в дальнем следовании во внутригосударственном сообщении понимается оказание услуг по доставке багажа, грузобагажа и почты в дальнем следовании между железнодорожными станциями Российской Федерации, открытыми для

осуществления операций по приему и выдаче багажа, на основании договора перевозки по тарифам, регулируемым федеральными органами исполнительной власти.

В соответствии с [49], *багаж* – это вещи пассажира, принятые в установленном порядке для перевозки в пассажирском или почтово-багажном поезде до железнодорожной станции назначения, указанной в проездном документе (билете); *грузобагаж* - объект, принятый от физического или юридического лица в установленном порядке для перевозки в пассажирском, почтово-багажном или грузопассажирском поезде.

Багажные перевозки можно разделить на два сегмента: перевозки грузобагажа, которые являются конкурентоспособными и потенциально выгодными для перевозчика и перевозки багажа, которые несут в себе большую социальную роль.

При рассмотрении процесса перевозки багажа следует учитывать законодательно установленное право пассажиров при проезде в поездах дальнего следования сдавать для перевозки багаж и обязанность перевозчика доставить багаж в пункт назначения и выдать его уполномоченному на получение багажа лицу. При этом перевозка багажа должна осуществляться в одном поезде с пассажиром, если есть такая возможность, либо в ближайшем пассажирском или почтово-багажном поезде.

Особенностью багажных перевозок является совместная перевозка крайне разнообразных видов груза. Основными грузами являются личные вещи, предметы домашней обстановки и обихода, медикаменты, оргтехника, строительные грузы, одежда, обувь, продукты питания, ценные и срочные грузы.

Большая часть багажных перевозок – это отправки массой от 35 до 75кг. Основная часть перевозок грузобагажа – это отправки массой от 100 кг до 2 тонн. Средняя величина отправки составляет 250-400 кг, что обусловлено характером перевозимых грузов и условиями быстрой доставки.

Таким образом, большинство багажных вагонов формируется из мелких отправок.

Существующая система и технология перевозок багажа и грузобагажа в составе пассажирского комплекса АО «ФПК» (ранее ФПД, РЖД) не претерпевала изменений многие годы, и, как следствие, перестала соответствовать современным требованиям рынка и запросам потребителей.

В настоящее время структура перевозок грузобагажа существенно изменилась. По своей экономической сущности грузобагажные перевозки давно уже переросли в одну из разновидностей коммерческих грузовых железнодорожных перевозок. Однако, ввиду своей «исторической привязанности», данные перевозки до сих пор находятся в составе комплекса АО «ФПК».

Условно, грузобагажные перевозки в настоящее время можно разделить на две категории:

- перевозки коммерческих и частных грузов в багажных и почтовых вагонах в составе пассажирских и скорых поездов;
- перевозки коммерческих грузов в багажных вагонах специальных багажных и почтово-багажных поездах.

При следовании в составе пассажирских поездов скорость доставки груза примерно в полтора раза выше доставки груза при следовании в почтово-багажном поезде. К примеру, на маршруте Москва – Владивосток грузобагажный вагон в составе пассажирского поезда следует 6 суток, в составе багажного поезда – 11 суток.

Кроме АО «ФПК», перевозки багажа и грузобагажа осуществляют коммерческие компании – операторы. Если в 1995 г. на рынке железнодорожных багажных перевозок работало не более 10 компаний, то с 2003 г. – 126 компаний, а в настоящее время таких компаний уже более 200.

Наиболее крупным конкурентом АО «ФПК» является ФГУП «Почта России». В последние годы объем перевозок почтовых отправлений значительно сократился, и Почта России использует возможности почтовых

вагонов в составе пассажирских поездов для перевозок грузобагажа, используя при этом льготные тарифы. ОАО «РЖД» (МПС России) в 2003 – 2009 гг. проводило проверки почтовых вагонов, включенных в составы скорых, пассажирских и почтово-багажных поездов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что около 40% плановых почтовых вагонов, включенных в схемы формирования скорых, пассажирских и почтово-багажных поездов, оформленных по перевозочным документам ф. ЛУ – 12п (перевозка почты), загружены коммерческим грузом, оформленным как почтовые отправления. Это различные продукты питания и вино-водочные изделия, аудио- и видеоаппаратура, оргтехника, бытовая техника, автозапчасти.

Среди коммерческих перевозчиков наиболее крупным участником рынка является компания «Желдорэкспедиция», у которой в собственности более 500 багажных вагонов. Данная компания осуществляет крупные закупки новых вагонов, а также первой в России открыла частное вагонное депо.

На рынке грузобагажных перевозок доля грузооборота в вагонах ОАО «ФПК» уменьшается – с 4,2% в 2009 г. до 3,4% в 2010 г. В то же время доля грузооборота в вагонах частных компаний увеличивается с 95,8% в 2009 г. до 96,6% в 2010 г.

Коммерческие организации, осуществляющие багажные перевозки, имеют как преимущества, так и недостатки перед АО «ФПК».

Преимуществами перевозки грузобагажа в вагонах АО «ФПК» является повышенный уровень безопасности и сохранности перевозимых грузов, собственная инфраструктура, подвижной состав, ремонтная база, наличие разветвленной сети багажных отделений.

В то же время частные компании могут противопоставить самостоятельную, гибкую тарифную политику, наличие высококвалифицированных управленческих кадров и эффективных технологий, в том числе более упрощенную систему приема и отправки

грузобагажа, наличие услуги по предварительному хранению грузобагажа и багажа, организацию перевозки «от двери до двери».

Конкуренты имеют гораздо меньшую сеть багажных отделений, но при этом уровень их технической оснащенности значительно выше, чем в ОАО «ФПК», что позволяет им гарантировать высокий уровень качества обслуживания, минимизировать как собственные затраты, так и затраты клиентов.

Особенно заметно отставание ОАО «ФПК» от конкурентов в сфере использования современных технологий, выстраивания эффективных логистических цепочек, предложения новых услуг.

Потенциальным конкурентом грузобагажных перевозок являются также контейнерные перевозки. Конкурентоспособность этих перевозок сдерживается недостаточной развитостью инфраструктуры для выполнения операций с контейнерами.

Наиболее серьезную межотраслевую конкуренцию железнодорожным перевозкам багажа и грузобагажа составляют перевозки автомобильным транспортом. В настоящее время в Российской Федерации имеется обширный парк грузового автотранспорта, предоставляющий возможность осуществления универсальных перевозок в различных регионах страны. Высокий уровень конкуренции в автомобильном транспорте. На расстоянии перевозок грузобагажа до 2000 км автотранспорт обладает наиболее высокой конкурентоспособностью. Кроме того, «гибкий» график движения и осуществление ценной для потребителей отправки «от двери до двери» заставляет снижать тарифы и повышать качество обслуживания железнодорожных компаний.

Также растет угроза со стороны авиаперевозчиков («Аэрофлот» и другие), которые при большей стоимости доставки дают потребителям существенный выигрыш в скорости доставки на больших расстояниях.

Багажные перевозки являются социально значимыми и тарифы на их осуществление регулируются государственными органами в соответствии с

Приказом Федеральной службы по тарифам Российской Федерации от 27.05.2010 г. № 190-т, которым АО «ФПК» внесено в реестр субъектов естественных монополий.

Из всех участников рынка грузобагажных перевозок государственное ценовое регулирование распространяется только на АО «ФПК», что ставит ее в заведомо худшие рыночные условия по сравнению с другими компаниями, которые обладают возможностью более гибкого ценообразования. Кроме того, установленный государственным регулятором размер платы за пробег багажных вагонов частных компаний ниже уровня экономически обоснованных расходов АО «ФПК» на 40-50%.

Сохранение текущей ситуации в сфере регулирования тарифов на перевозку грузобагажа создает предпосылки к появлению новых игроков (операторов железнодорожного подвижного состава) и дальнейшей потере доли АО «ФПК» на рынке перевозок грузобагажа.

Объем перевозки багажа и грузобагажа в 2014 году составил 1 239 тыс. тонн. При этом перевозка багажа в общем грузообороте АО «ФПК» составляет 16%, перевозка грузобагажа соответственно – 84%.

Доля объемов грузобагажа, перевозимого в вагонах АО «ФПК» составляет по итогам 2014 года 3,4 % от общего объема грузобагажа. При этом стоит отметить, что средняя загрузка вагонов АО «ФПК» не превышает 4т, а коммерческих компаний 16-19т.

В 2014 году объемы принятого к перевозке багажа и грузобагажа по сравнению с 2012 годом снизились на 24%, по сравнению с 2010 годом на 30%. Более ускоренными темпами происходит снижение перевозок багажа. В 2012 году объемы перевозок багажа снизились на 14%, а в 2014 году снижение по отношению к 2010 году уже составило 40%.

Для АО «ФПК» пиковое значение по перевозкам грузобагажа было достигнуто в 2008 году, было отправлено 81268 тонн грузобагажа, грузооборот – 172592 тыс. тонно-км. Волна мирового кризиса, пришедшая в 2009 году, оказала существенное влияние на все отрасли экономики,

перевозки грузов не стали исключением. Так в 2009 году было отправлено 63008 тонн грузобагажа или 77,5% уровня 2008 года, грузооборот в 2009 году – 140813 тыс. тонно-км. (81,6% к уровню 2008 года).

В 2014 году наметились некоторые положительные тенденции в перевозках грузобагажа, однако продолжалось падение объёмов перевозки. По итоговым данным в 2014 году было отправлено 62832 тонны грузобагажа, что составляет 99,7% к уровню 2013 года.

Переработка – количество тонн груза, переработанного багажным отделением за единицу времени. Данный показатель наиболее точно отражает загруженность багажных отделений, так как некоторые отделения могут работать исключительно с транзитными грузами, фактически не принимая груз от отправителей, но вместе с тем выполнять значительную роль в общей транспортно-логистической системе.

Лидирующая позиция по показателю переработки грузобагажа остаётся за Московским филиалом АО «ФПК» - Московской дирекцией багажных перевозок. На неё приходится четверть всего переработанного грузобагажа по сети (таблица 1.3). Это довольно легко объясняется – Москва одновременно является и бизнес-центром, и политическим центром, и самым большим мегаполисом нашей страны. Второе и третье места по переработке грузобагажа занимают регионы севера и Сибири, связующие Москву с наиболее отдалёнными уголками страны.

При этом на рисунке 1.8 видно, что количество отправляемых грузов по сети железных дорог распределяется немного иначе. Так количество принятых к перевозке грузов в городах Сибири значительно меньше, чем в северном регионе. Следовательно, такие города, как Новосибирск, Красноярск, Иркутск являются, в основном, транзитными пунктами переработки грузобагажа.

Объём переработанного грузобагажа на всех багажных отделениях АО «ФПК» за 2014 год.

Наименование филиала ОАО ФПК	Переработано багажа и грузобагажа	%
Московский	48504,7	25,2%
Северный	22811,1	11,8%
Восточно-Сибирский	22222,48	11,5%
Западно-Сибирский	14103,6	7,3%
Северо-Кавказский	11992,78	6,2%
Северо-Западный	10100,12	5,2%
Забайкальский	9952,03	5,2%
Дальне-Восточный	9835,68	5,1%
Уральский	8151,56	4,2%
Горьковский	7705,85	4,0%
Куйбышевский	7473,61	3,9%
Енисейский	7021,78	3,6%
Южно-Уральский	6371,066	3,3%
Приволжский	3447,67	1,8%
Юго-Восточный	2874,76	1,5%
Калининградский	117,64	0,1%
ИТОГО	192686,426	100,0%



Рисунок 1.8 – Схема расположения основных пунктов отправления грузобагажа по сети железных дорог России.

Структура доходов, получаемых в рамках работы комплекса по перевозке багажа и грузобагажа, выглядит следующим образом: 90% плата за пробег вагонов частных компаний и 10% - доходы от перевозки грузобагажа и багажа от физических и юридических лиц.

Для АО «ФПК», как для естественной монополии, органы государственной власти регулируют плату за пробег вагонов, и применить гибкое регулирование в данном случае не представляется возможным.

Формирование доходов от перевозки грузобагажа можно представить в виде схемы (Рисунок 1.9).

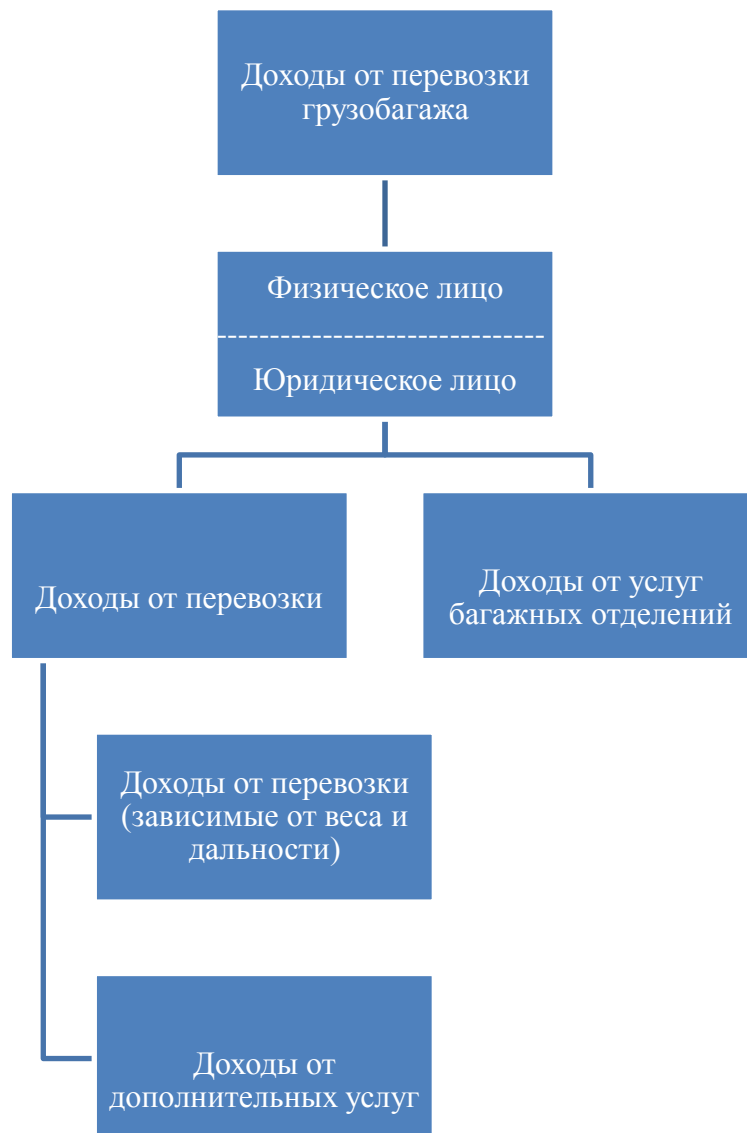


Рисунок 1.9 – Формирование доходов от перевозки грузобагажа.

Доходы от перевозки грузобагажа могут быть получены от физического или юридического лица и складываются из платы за отправку и дополнительные услуги, оказываемые на станции отправления. Дополнительные услуги относятся к доходам от подсобно-вспомогательной деятельности (ПВД) багажных отделений. Доходы от перевозки, учитывающие вес и дальность отправки, регулируются органами государственной власти – Федеральной службой по тарифам. И, по сути, единственным сегментом, воздействующим на ценообразование, становятся дополнительные услуги.

При отправке груза весом 20 кг (срок предварительного хранения двое суток) упаковка и маркировка производятся за счёт грузоперевозчика. От Москвы до Хабаровска дополнительные сборы за отправку (дополнительные услуги) в структуре общей стоимости перевозки занимают 74%, а плата за саму перевозку – всего 26 %. У ближайших же конкурентов в коммерческой структуре всё с точностью до наоборот, тариф – 77%, а дополнительные услуги – 23% от стоимости перевозки. При аналогичных условиях, но на более короткое расстояние, от Москвы до Санкт-Петербурга дополнительные сборы при отправке через багажное отделение АО «ФПК» составляют 93%, стоимость перевозки – 7 %. Выходит несколько абсурдная ситуация, когда по основному виду деятельности – перевозке, выходит меньше доходов, чем от вспомогательных услуг (рисунок 1.10).

Данная ситуация сложилась благодаря завышенной стоимости таких услуг как предварительное хранение груза. Стоимость данной услуги на момент проведения исследования составляла 158,6 руб. за первые сутки, 197,4 руб. за каждые последующие. В тоже время у частных компаний данная услуга либо бесплатна в течение 3-х суток, либо не превышает 30-40 рублей; цена на предоставление бирки также выше среднерыночной цены на 20-30 рублей, упаковка грузобагажа – на 150-600 рублей.

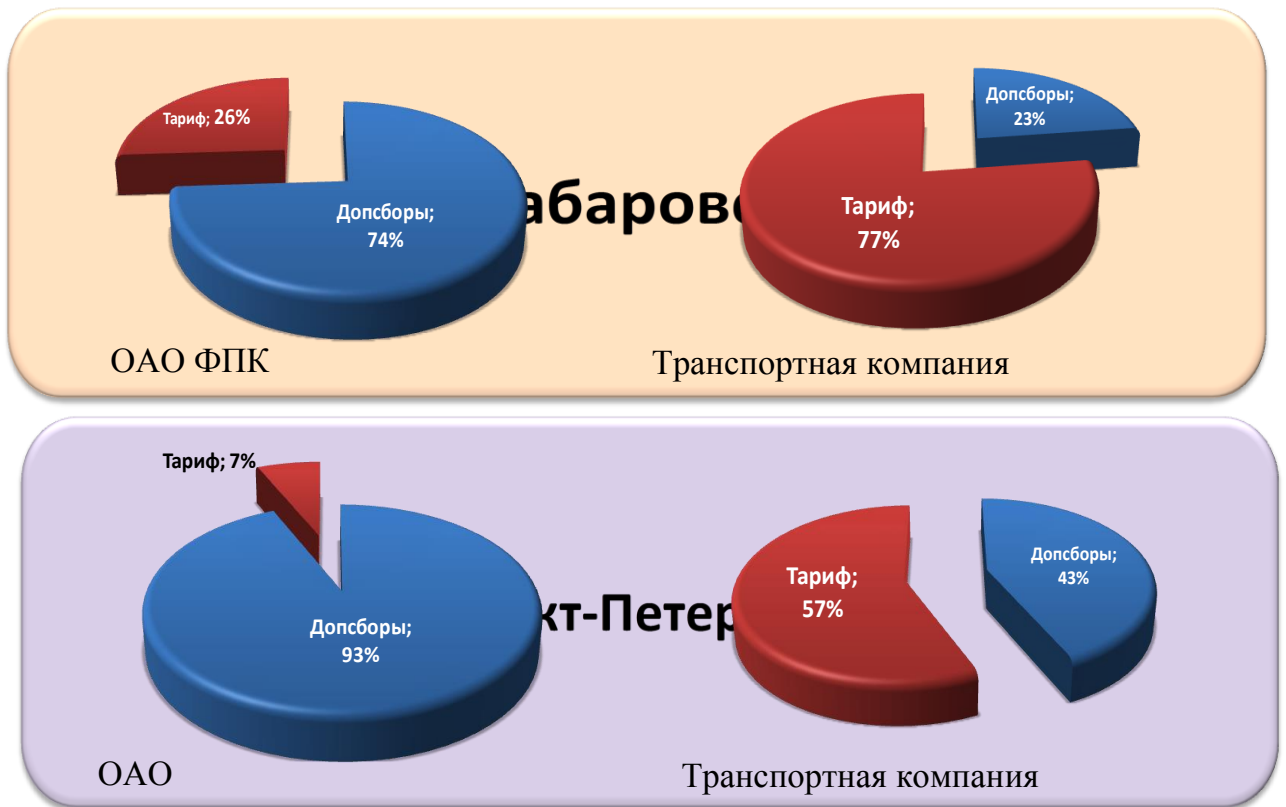


Рисунок 1.10. Структура доходов АО «ФПК» и частных компаний.

Обязательной является и такая услуга как «предоставление бланка-заявки» на отправку груза, стоимость которой 50 рублей в АО «ФПК» и бесплатна у всех отправителей. Услугами, приведёнными в примере, пользуется, в той или иной степени, каждый второй грузоотправитель (рисунок 1.11). Таким образом, в разрезе дополнительных услуг АО «ФПК» не выдерживает конкуренции с основными игроками рынка и не обеспечивает высокую степень удовлетворённости у клиентов.

Остаётся сложной и ситуация с бюрократическими издержками при оформлении грузобагажа. Клиенту в багажном отделении необходимо оформить специальный бланк – заявление, взвесить груз, получить бирку, оплатить всё это и доставить груз в багажное отделение, при этом доставка груза из дома до багажного отделения автотранспортом, как услуга, возможна лишь на 10 багажных отделениях, 7 из которых находятся в Москве. В тоже время, коммерческие организации действуют по принципу одного окна, а зачастую и «одного клика», когда клиент просто оставляет заявку на сайте, а все расчёты и доставку груза осуществляет курьер.

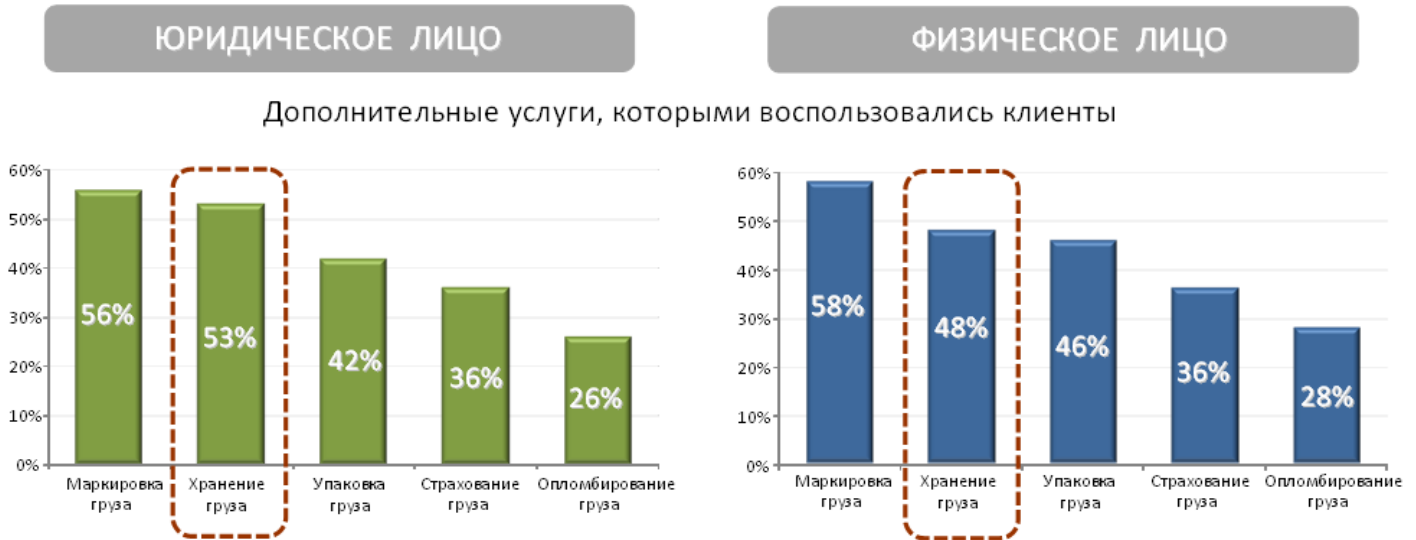


Рисунок 1.11 – Диаграмма спроса на дополнительные услуги.

Для клиентов (юридических лиц) существует также дополнительное «удобное» условие – оформление расчётов через Единый Лицевой Счёт (ЕЛС), оформление которого требует заключение дополнительного договора и дополнительных средств. Это, конечно, не является особым неудобством для постоянных клиентов, однако клиенту, впервые пользующемуся услугой отправки грузобагажа, куда проще обратиться к частным транспортным компаниям.

Кроме того, при оплате дополнительных услуг иногда складывается довольно абсурдная ситуация. По правилам перевозки бесплатное хранение осуществляется в течение одних суток до момента отправления поезда, однако если грузоотправитель приносит груз в 23.50, а поезд, на котором должен следовать груз, отправляется в 00.05 (через 15 минут), то он должен был оплатить сутки хранения, так как после 00-00 следуют уже другие сутки которые оплачиваются, а это 158,6 рублей за одно место отправки.

1.4. Анализ работ отечественных и зарубежных авторов в области организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте.

1.4.1. Анализ научных исследований в сфере прогнозирования пассажиропотоков, определение составности пассажирских поездов и расчета плана формирования пассажирских поездов.

Структура и величина пассажиропотоков в дальнем сообщении определяет число и назначения пассажирских поездов, а также схемы их состав, маршруты следования и периодичность обращения.

Вопросы формирования пассажиропотоков исследованы в работах: М.Н. Беленького [4], С.С.Жаброва [18], М.И. Загордана [19], Ф.П. Кочнева [27], В.И. Лукашева [57], Е.А.Макаровой [31], Б.Е.Марчука [32], В.А. Федорова[57], В.Г. Шубко [25, 60] и др.

Возможность применения прогнозирования пассажирских потоков были исследованы в работах С.С.Жаброва [16], П.П.Кобзева [24], В.И.Лукашева [29], В.Я.Негря [50] Г.Н.Плахова [47], Н.В.Правдина [50] и других авторов.

В работе [19] показано, что с определенной степенью точности величина пассажиропотока между двумя населенными пунктами прямо пропорциональна количеству жителей, проживающих в них и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Основные положения и методика организации статистического обследования пассажирских перевозок впервые изложены в работе М.Н.Беленького[4].

В работе [5] предложена методика проведения натурного обследования транзитных пассажиропотоков в крупных узлах. С целью установления размеров и структуры транзитных пассажиропотоков авторами статьи [57] предлагается метод моделирования пассажиропотоков в дальнем сообщении двумя способами: статическим "на основе территориальной обработки" и эксплуатационным "на базе поструйных потоков". В работе показано, что

второй способ позволяет получить необходимую детализацию струй. Этот способ был принят за основу при моделировании пассажиропотоков.

В работе [24] рассмотрены вопросы автоматизации расчета пассажиропотоков дальнего следования. В результате проведенных исследований было установлено, что в период массовых перевозок распределение корреспонденций пассажиропотока можно считать пропорциональным размерам движения пассажирских поездов. В другие же периоды года предполагалось, что пассажиры выбирают для поездки кратчайший по времени путь следования. Принцип распределения корреспонденции на полигоне по критерию времени следования был заложен при определении величины пассажиропотоков и в работе [19].

В статье [24] разработаны основные принципы расчета поструйных пассажиропотоков и установлены требования к периодичности проведения расчетов пассажиропотоков.

Авторы статьи [18] считают, что для получения достоверной информации об истинном спросе на места в пассажирских поездах необходимо решить следующие задачи: установить периоды «неудовлетворенного» спроса по отчетным данным о выполненных перевозках" и "найти числовые оценки для значения коэффициентов неудовлетворительного спроса." Вопросы неравномерности пассажиропотоков по времени и в пространстве рассмотрены в работе [24]. Среднемесячные колебания величины пассажиропотока исследованы в работе [25]. Показано, что если для дальних и местных пассажирских перевозок принять среднемесячный уровень перевозок за 100 %, то в августе он составит 140%, в феврале 80%.

В работе [58] предложена математическая модель прогнозирования пассажиропотоков в зависимости от величины роста заработной платы, численности населения, уровня развития народного хозяйства в исследуемых районах.

Проблемы прогнозирования пассажирских потоков наиболее полно рассмотрены в работе Н.В. Правдина и Негрея В.Я. [50]. В книге приводятся методы прогнозирования сферы эффективности их применения, пути совершенствования методов прогнозирования и исследование процессов зарождения, трансформации и погашения пассажиропотоков, а также методы долгосрочного и краткосрочного прогнозирования пассажиропотоков.

В статье [18] устанавливается способ оценки величины неудовлетворенного спроса на перевозки пассажиров железнодорожным транспортом.

В работах Е.А. Макаровой [31] и О.Н. Пановой [36] указывается, что на основе богатого статистического материала в базе данных системы «Экспресс» и современных математических методов прогнозирования пассажирских перевозок, возможна разработка моделей автоматизации расчетов пассажиропотоков на перспективу с относительно высокой степенью достоверности, в том числе, при сегментировании пассажиропотока по спросу на места в вагонах разных типов.

Вопросы выбора схем формирования составов пассажирских поездов освещены в работах А.Н.Киселева [22], В.С. Колпакова и В.Г. Шубко [25], Ю.О. Пазойского [37], В.А. Федорова и Г.А.Бурдаковой [8], Н.П.Ихненко, Б.А.Кривошея и О.В.Березань [21], Ю.Л.Высоцкого [11], Д.Ю.Левина и В.И.Лукашева [28] и в др.

В книге В.С. Колпаков и В.Т. Шубко [25] приводится методика выбора варианта композиции состава с одновременным определением оптимальных веса и скорости движения поезда. Критерием выбора веса и скорости движения поезда являются суммарные перевозочные затраты (временные и энергетические). При этом не учитывается выделена спроса на перевозки в вагонах разных типов.

В статье [28] рассматривается задача эффективности увеличения числа вагонов в составах пассажирских поездов при высокой загрузке важнейших направлений при взаимодействии пассажирских и грузовых перевозок.

В работе [11] рассматривается возможность организации движения сдвоенных пассажирских поездов на ряде маршрутов Транссибирской магистрали с целью пропуска большего числа грузовых поездов.

Вопросы эксплуатации длинносоставных пассажирских поездов на Северо-Кавказской железной дороге рассмотрены в работе [14]. Проведенные расчеты показали, что оптимальная длина пассажирских поездов в условиях Северо-Кавказской железной дороги составляет 24 вагона.

На основании результатов технико-экономических расчетов авторы исследования [21] говорят о целесообразности включения в длинносоставные поезда максимальной длины на направлении Москва-Крым, Москва-Кавказ не более 24-25 вагонов.

Результаты тяговых расчетов на южном направлении показали, что сокращение числа остановок в длинносоставных и сдвоенных пассажирских поездах позволит сократить время следования пассажиров, повысить техническую и маршрутную скорости движения поездов [21]. Исключение общих вагонов позволит повысить маршрутную скорость и комфортабельность поездки пассажиров, а также доходы от перевозок.

Анализ выполненных работ свидетельствует о том, что вопрос о выборе схем формирования составов пассажирских поездов находился в центре внимания отечественных исследователей, однако существующие методы решают задачу определения схем формирования пассажирских поездов в отрыве от выбора их числа и назначений и одновременного учета спроса на категории мест в условиях ограниченного ресурса вагонов различных типов.

Вопросам выбора числа и назначений пассажирских поездов, а также оптимизации плана формирования пассажирских поездов посвятили свои труды Ф.П.Кочнев [27], В.В.Клигман [23], В.Г.Шубко [25,40,60], Ю.О.Пазойский [40] Ф.Д.Гоманков [12], В.И.Лукашев [30], А.И.Беляк [5], Н.А.Батурина [2,3] и др.

В статье [23] автор устанавливает принципы и способы расчета плана формирования пассажирских поездов прямого сообщения. Для определения назначений поездов и струй пассажиропотока пополнения, которые рационально объединять с конечными струями, то есть струями, назначение которых соответствует назначению поезда, предлагается произвести предварительные расчеты по определению сравнительной мощности объединенных струй пассажиропотока и рациональному распределению струй пассажиропотока пополнения. Причем, если в первую очередь производить пополнение наиболее мощных объединенных струй пассажиропотоков, то будет организовано наибольшее число прямых поездов.

В работе [27] определение оптимального варианта плана формирования пассажирских поездов автор предлагает производить по минимуму суммы эксплуатационных затрат и капитальных вложений, приведенных к эксплуатационным. Приводится блок-схема расчета плана формирования пассажирских поездов, в соответствии с которой составлена программа расчетов на ЭВМ, позволяющая обрабатывать большой объем информации о пассажиропотоках и среди большого числа вариантов плана формирования выбрать лучший в технико-экономическом отношении.

Анализ факторов, определяющих выбор варианта числа и назначений пассажирских поездов, приводится в [8]. Среди них такие факторы как: время отправления пассажирских поездов с начальной станции; время проследования крупных станций со значительной сменой пассажиропотоков; продолжительность простоя составов по конечным станциям и время отправления поездов с начальной станции.

В работах [60,61] задача расчета плана формирования пассажирских поездов ставится как общая задача линейного программирования при заданных возможных маршрутах обращения пассажирских поездов, величинах расчетных струй пассажиропотоков, весовых нормах и скоростях движения поездов всех категорий, композициях составов поездов и

известном распределении пассажиропотока по параллельным ходам. Ограничениями в задаче являются неравенства, выражающие превышение числа мест в поездах для каждого участка расчетного политона над величиной густоты пассажиропотоков. За критерий оптимальности принимаются приведенные народнохозяйственные затраты, включающие . перевозочные затраты транспорта и затраты, оценивающие время проезда пассажиров, а также удобство сообщения.

Так как пассажирские поезда, обращающиеся на сети железных дорог, связаны общими пересадочными пассажиропотоками, то расчет плана формирования пассажирских поездов целесообразно производить в целом для больших полигонов сети. Но при этом возникают трудности в увязке планов формирования, рассчитанных для отдельных полигонов. О целесообразности проведения расчетов числа и назначений пассажирских поездов в целом для сета железных дорог указывается в работах [12,60].

Расчет плана формирования пассажирских поездов для сети в целом, как отмечается в статье [12] позволяет наиболее полно учитывать интересы пассажиров и возможности железнодорожного транспорта, лучше использовать возможности беспересадочных сообщений и т.д. ,

В работе [60] автор предлагает поэтапное проведение расчета на основе исследования модели расчета плана формирования пассажирских поездов. На первом этапе решается на сетевом уровне задача освоения пассажиропотоков при обеспечении беспересадочного следования основного потока пассажиров с учетом перерабатывающей способности станций и пропускной способности линий, выделенной для пассажирского движения. На втором этапе расчета учитываются требования к качеству перевозки пассажиров и снимаются допущения и прощания, которые были введены в модель.

Автор работы [29] считает, что оптимальное решение задачи установления назначений на сетевом уровне может привести к необходимости перестройки всей существующей схемы обращения пассажирских поездов практически по всем определенным на сети дорог

связям. Автор статьи предлагает другой путь - последовательное изменение действующей схемы в соответствии с выявившимися недостатками. Такой подход требует ежегодной корректировки схемы обращения. Определение оптимального числа назначений для распределений попутных внутренних пассажиропотоков сводится к решению задачи линейного программирования. В качестве коэффициентов при неизвестных в ограничениях задачи выступают перспективные средние вместимости пассажирских поездов, а правыми частями неравенств являются прогнозируемые значения ожидаемой «внутренней» густоты движения пассажиров по участкам рассматриваемого направления. В результате расчета устанавливаются перспективные варианты числа и назначений пассажирских поездов, которые затем сопоставляются с действующими размерами движения. Это сопоставление выявляет потребность *а* проведении корректировки действующих назначений.

В статье предлагается [29] оптимизацию назначений пассажирских поездов производить для отдельных полигонов или направлений сети железных дорог в два этапа. На первом этапе рассматриваются только «внутренние» пассажиропотоки без учета транзита и разрабатывается оптимальная структура внутренних поездопотоков. На втором этапе учитывается только та часть транзитного пассажиропотока, которая не обеспечивается транзитными по отношению к рассматриваемому направлению сети поездами и осуществляется необходимая корректировка полученной на первом этапе схемы обращения. Методика решения данной задачи базируется на решении общей задачи линейного программирования. К ограничениям задачи предъявляются следующие требования: полного освоения ожидаемого пассажиропотока; обеспечения заданного уровня беспересадочных перевозок «внутренних» пассажиропотоков в рамках рассматриваемого направления сети. Недостатком данной методики является то, что искусственное разделение потоков может привести к увеличению расходов на их освоение.

В работе [25] к одному из допущений, введенных в модель, относится использование густоты пассажиропотоков на участках сети при сетевом расчете числа и назначений пассажирских поездов, а не учет распределения пассажиропотока по поездам. В работах [25,60] рассматриваются задача распределения пассажиропотока по поездам при заданном плане формирования как многопродуктовая задача в сети и задача построения плана формирования пассажирских поездов с одновременным распределением пассажиропотока по поездам на направлении, представляющая собой задачу синтеза сети для заданного многопродуктового потока. Однако использование методов оптимизации многопродуктовых потоков весьма затруднительно при больших размерностях решаемых задач.

В книге [25] и работе [20] представлен алгоритм расчета плана формирования пассажирских поездов с учетом оценок пересадок пассажиров. Эта задача также как и предыдущая сводится к задаче синтеза сети.

На первом этапе решения сетевой задачи освоения пассажиропотоков одним из ограничений задачи является пропускная способность участка, выделенная для пассажирского движения, записанная в виде неравенства, выражающего превышение пропускной способности участка над числом пассажирских поездов, проходящих по участку [60].

Пропускную способность участков, выделенную для пассажирского движения при расчете плана формирования пассажирских поездов на полигоне возможно учесть, применяя алгоритм нахождения максимального многопродуктового потока в сети [25]. Используя метод расстановки пометок, находят разрезы сети, которые лимитируют пропуск поездов и составляют дополнительные ограничения задачи по пропускной способности. Если задача не будет иметь решения, то необходимо либо увеличивать пропускную способность по линиям определенным минимальным разрезом, либо изменить направление следования пассажиров по параллельным направлениям полигона. В этом случае необходимо

детализировать учет пропускных способностей по отдельным линиям и вводить переменную густоту пассажиропотока.

Одним из ограничений задачи расчета плана формирования пассажирских поездов в работах [40,60] является ограничение по обеспечению заданного уровня беспересадочного сообщения. В задаче, решаемой для сети железных дорог, это ограничение записывается в виде неравенства, выполнение которого позволяет обеспечить беспересадочное сообщение для основного потока пассажиров. Также автором представлен алгоритм построения плана формирования пассажирских поездов на направлении, обеспечивающий максимальный уровень беспересадочных сообщений при минимальных затратах, с использованием задачи анализа многопродуктовой сети.

В работе [12] приведена методика определения числа и назначений пассажирских поездов с учетом транзитных потоков в узлах. В качестве ограничений в этой методике приняты неравенства, выражающие превышение числа мест в поездах над величиной расчетной густоты пассажиропотока на участке; запреты на прием и отправление поездов по станциям в определенные периоды суток; обеспечивающие освоение основных транзитных потоков беспересадочными сообщениями. За критерий оптимальности принимаются затраты, оценивающие потерю времени пассажирами в пути следования, при отправлении, прибытии поездов, пересадке и транспортные расходы.

В статье [12] отмечается, что для сети железных дорог корреспонденции величиной менее одного пассажира в сутки составляют более 30% их общего количества. Для этих струй пассажиропотоков вводятся в обращение группы вагонов беспересадочных сообщений, которые прикрепляются к пассажирским поездам. В работе приведена постановка задачи прикрепления беспересадочных вагонов к поездам. В более ранних работах автора формулируется задача определения числа и назначений беспересадочных вагонов как задача линейного программирования. В результате решения

поставленной задачи возможно получить не только число и назначения беспересадочных вагонов, но и пассажиропоток, следующий через узел с пересадкой.

В работе [60] рассматриваются возможности применения алгоритма решения многопродуктовой задачи о допустимости при исследовании допустимого плана формирования пассажирских поездов на направлении, а также исследуется возможность освоения заданного пассажиропотока заданным вариантом плана формирования пассажирских поездов.

Задача освоения пассажиропотоков узла только за счет транзитных поездов представлена в исследовании [25]. Необходимость решения этой задачи объясняется тем обстоятельством, что для расчета плана формирования пассажирских поездов на полигоне необходимо определить станции формирования и оборота пассажирских поездов не только с позиций технического оснащения станций, но и из сложившейся структуры пассажиропотоков в узлах.

К исходным данным при расчете плана формирования пассажирских поездов относится величина густоты пассажиропотоков за месяц, которая носит более или менее, как отмечается в работе В.Г.Шубко [60] детерминированный характер. Суточные же пассажиропотоки имеют большие колебания и в связи с этим часть пассажиров вынуждена перенести дату отъезда из-за невозможности приобретения в отдельные дни билетов. Считая суточные густоты пассажиропотоков случайными величинами, автор оценивает как вероятность освоения пассажиропотоков, так и абсолютные значения числа пассажиров, которым необходимо перенести дату отправления.

Во всех рассмотренных выше работах целевой функцией задачи расчета плана формирования пассажирских поездов является уровень затрат, включающих транспортные расходы и затраты, оценивающие время нахождения пассажиров в поездах. В работе [20] приводится модель расчета плана формирования пассажирских поездов с учетом ограничений по

вагонному парку. Такой подход к решению задачи дает возможность количественно оценить эффективность вводимых размеров движения и использование подвижного состава.

Автором работы [60] подчеркивается необходимость расчета числа и назначений пассажирских поездов на расчетной сети исходя из оптимальной удельной мощности тяги из-за различных профильных условий по маршруту следования поезда. Здесь же приводится постановка задачи расчета плана формирования пассажирских поездов.

В [2,3] представлен расчет плана формирования с учетом изменения пассажиропотока во времени.

В работе О.А. Никитина [17] методика расчета плана формирования пассажирских поездов, предложенная в работах В.Г. Шубко и Ю.О. Пазойского, была адаптирована для решения задачи оперативного регулирования размеров движения и составности пассажирских поездов на каждые сутки на основе оперативного прогноза пассажиропотока с использованием данных АСУ «Экспресс».

Е.А. Макаровой [31] были решены, по сути, первые задачи информационно – управляющей технологии в области использования пассажирских поездов и вагонов.

В работах Ю.О. Пазойского и О.Н. Пановой [35] предложена методика определения спроса пассажиров на места в вагонах разных типов на основе построения функций спроса. Разработана математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов с учетом такого спроса.

В работах Ю.О.Пазойского и Д.В.Глазкова [38,39] впервые предложена методика выбора оптимального варианта плана формирования поездов дальнего следования, максимизирующая прибыль пассажирской компании.

Однако, как и в методике, предложенной в работах [20,37,40], информационной основой решения задачи расчета плана формирования в рассматриваемых методиках выступают расчетные густоты

пассажиропотока, хотя и сегментированные по спросу на типы мест в поездах, а не корреспонденции пассажиропотока.

Проведенный анализ существующих методик расчета и оптимизации плана формирования позволяет сделать вывод, что данная проблема исследовалась широко и всесторонне. Однако основным недостатком этих исследований является невозможность отследить поездами каких назначений осваиваются те или иные корреспонденции пассажиропотока и, кроме того, невозможность освоения одной и той же корреспонденции пассажиропотока поездами разных назначений.

1.4.2. Анализ научных исследований в области организации почтово-багажных перевозок.

Вопросы организации почтово-багажных перевозок до 1961 года, когда с целью эксперимента были введены в обращение специализированные почтово-багажные поезда, рассматривались отечественными учеными только совместно с проблемами организации пассажирских перевозок. [19,33]

В работах [26,46,52] выполнены исследования по обобщению опыта работы багажных отделений.

В статьях Я.Ф.Гуляева [13] и А.И.Пузина [53] проведено исследование вопросов научной организации багажных перевозок в крупных железнодорожных узлах, в том числе по организации перевозок транзитного багажа.

Исследования в области организации багажных перевозок можно подразделить на два направления:

- работы, посвященные вопросам размещения багажных устройств и вопросам их комплексной механизации и автоматизации [9,10,56];
- работы, направленные на совершенствование организации перевозок почты и багажа.

Исследования, выполненные А.И. Пузиным [53], подтвердили эффективность и целесообразность в введения в обращение специализированных почтово-багажных поездов.

Работы [6,7,59] содержат исследования и рекомендации по совершенствованию организации багажных перевозок.

В работе А.М. Рудых, выполненной в 1969 году [54], была предложена методика определения оптимальных веса и скорости движения рассматриваемых поездов.

В 1987 году А.С. Начученко была выполнена работа, посвященная расчету плану формирования почтово-багажных поездов [34]. Метод разработки плана формирования почтово-багажных поездов, предложенный в данной работе, основан на установлении варианта, при котором обеспечивается минимум суммарных приведенных перевозочных затрат с учетом технического оснащения и путевого развития багажного хозяйства на станциях и наличного парка багажных вагонов. В качестве исходных данных для решения поставленной задачи принимались струи грузо и вагонопотоков. Такой подход существенно упрощает расчет плана формирования, но при этом могут быть потеряны данные о станциях отправления и назначения груза. Это негативно сказывается на результатах расчета, в связи с тем, что невозможно отследить число перецепок багажного вагона в пути следования. Кроме этого, расчет плана формирования почтово-багажных поездов по предложенной методике невозможно выполнить для всей сети железных дорог, что вызывает необходимость декомпозиции задачи на отдельные полигоны сети. Такой подход затрудняет получение оптимального варианта освоения потоков почты и багажа.

В работе А.С. Начученко определен минимальный поток на станциях формирования, при котором целесообразно назначать прямые почтово-багажные поезда и приводятся условия целесообразности назначения почтово-багажных поездов. Обоснование этого вопроса для существующих условий в связи с глобальными изменениями, произошедшими в структуре потоков почты и багажа и в структуре хозяйственных затрат, не позволяют считать их достоверными. Появились такие понятия как перевозчик и владелец инфраструктуры, которые являются отдельными юридическими

единицами. Кроме этого нельзя фиксировать границ минимальных величин, так как для разных условий эксплуатации эти данные могут существенно отличаться друг от друга.

В работе показана эффективность перевозок багажа не только в составе почтово-багажных и пассажирских поездов, но и багажных вагонов в составе грузовых, ускоренных и рефрижераторных поездов. Также были определены сферы эффективности организации групповых грузо-багажных поездов, состоящих как из почтовых и багажных, так и грузовых вагонов.

К сожалению, существующие технические требования, предъявляемые к подвижному составу, который может быть включен в состав почтово-багажных поездов, устанавливают достаточно жесткие рамки, обусловленные обеспечением безопасности движения. Поэтому большинство грузовых вагонов не могут включаться в состав почтово-багажных поездов.

Исследования, выполненные Е.В. Покацкой [48,49], посвящены проблемам организации работы багажных отделений. В работе была решена задача определения оптимальных параметров багажных отделений с учетом вероятности характеристик входящего и выходящего грузопотока. В качестве основной методологии исследования работы багажного отделения принята общая теория систем, позволяющая увязать все грузопотоки багажного отделения в единую систему, а также правильно скомпоновать его отдельные технологические участки. Также в работе были разработаны основные принципы имитационного моделирования багажного отделения для определения оптимальных параметров при заданных условиях эксплуатации.

Исследования, выполненные в данной работе, вносят большой вклад в развитие теории вопроса организации почтово-багажных перевозок и дают возможность рассматривать багажное отделение как отдельную систему, которая должна совмещать в себе комплекс различных услуг по обслуживанию пассажиров и грузоотправителей, а также хранению и переработке багажа, почты и грузобагажа. Однако, большинство багажных отделений на сети железных дорог в настоящее время являются

нерентабельным за счет снижения спроса на перевозок багажа и появлении на рынке транспортных услуг операторов, осуществляющих перевозку грузобагажа.

В связи с этим АО «ФПК» внедрило новую технологию перевозки багажа в багажных купе пассажирских поездов.

Выводы по 1 главе.

1. В работе на основе анализа отечественного опыта определены направления исследований в области повышения эффективности пассажирских перевозок в дальнем сообщении. Сделан вывод о необходимости перейти от разработки математических моделей расчета плана формирования пассажирских поездов на основе агрегированных данных о перспективных пассажиропотоках в виде густот пассажиропотока к моделям основанным на применении непосредственно перспективных корреспонденций пассажиропотоков, что позволит:

- прояснить картину освоения пассажиропотоков поездами;
- создать возможность освоения одной и той же корреспонденции поездами различных маршрутов;
- выполнить декомпозицию сетевой задачи расчета плана формирования пассажирских поездов на ряд задач полигонного уровня.

2. Введение требования, обеспечивающего выполнение беспересадочных сообщений для основного потока пассажиров, повысит качество и комфортабельность пассажирских перевозок и конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

3. Анализ научных работ выполненных в области организации перевозок почты, багажа и грузобагажа показывает, что задачу расчета плана формирования багажных и грузобагажных поездов необходимо решать в комплексе с задачей расчета плана формирования пассажирских поездов, учитывая возможность перевозки багажа и грузобагажа в багажных вагонах в составе пассажирских поездов.

ГЛАВА 2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ ПРИ УСЛОВИИ БЕСПЕРЕЧАДНОГО СООБЩЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ.

2.1. Основные принципы расчета плана формирования пассажирских поездов.

Наметившаяся тенденция к сокращению длины маршрутов следования поездов дальнего сообщения и создание транспортно-пересадочных комплексов с одной стороны повышает эффективность работы пассажирского железнодорожного транспорта за счет доходных поступлений от предоставления дополнительных услуг транзитным пассажирам. Однако с другой стороны это приводит к необоснованному увеличению пересадочных сообщений, что снижает качество обслуживания пассажиров, увеличивает время следования, создает неудобство поездки, а в конечном итоге приводит к переходу части пассажиров на альтернативные виды транспорта.

Важнейшей задачей организации перевозок пассажиров в дальнем и местном сообщении является установление соответствия между величиной и структурой перспективного пассажиропотока – спроса пассажиров на перевозку (включая и требования на обеспечение соответствующего комфорта в пути следования пассажиров, высокую скорость перевозки) и числом и назначениями пассажирских поездов, схемами составов и маршрутами их следования. Эту задачу решает план формирования пассажирских поездов.

Одним из важнейших требований для качественной организации пассажирских перевозок является требование беспересадочного сообщения пассажиров для наиболее крупных корреспонденций пассажиропотоков.

В работах, посвященных расчету плана формирования пассажирских поездов, в качестве информации о перспективных пассажиропотоках использовались агрегированные данные в виде густот пассажиропотока на

участках расчетной сети. Это было обусловлено недостаточной мощностью вычислительных, поэтому не было возможности проследить, как происходит освоение пассажиропотока поездами разных назначений.

Для установления прозрачности картины перевозочного процесса необходимо в качестве исходной информации использовать корреспонденции пассажиропотоков.

Более того, использование корреспонденций пассажиропотоков предпочтительно по сравнению с густотами с точки зрения создания возможности декомпозиции сетевой задачи расчета плана формирования пассажирских поездов на ряд задач на изолированных полигонах, что существенно снижает размерность задачи.

В связи с созданием самостоятельной Федеральной пассажирской компании, особенно остро встал вопрос её самоокупаемости и, в дальнейшем, рентабельности при одновременном улучшении обслуживания пассажиров и удовлетворении спроса на пассажирские перевозки в дальнем следовании. В таких условиях, приходится искать пути сокращения эксплуатационных расходов. Одним из таких путей является совершенствование плана формирования пассажирских поездов.

Критериями оптимизации плана формирования являются эксплуатационные расходы или прибыль пассажирской компании при полном удовлетворении спроса на перевозки с максимальными удобствами для пассажиров (с наименьшим количеством пересадок в пути следования). Однако, существующая система учета отправления пассажиров не дает возможности выявить реальный спрос на перевозки, так как фиксирует отправление пассажиров по существующему плану формирования. Поскольку пассажир, у которого нет возможности доехать до нужной ему станции без пересадки, вынужден брать билет на поезд следующий до станции пересадки а уже там вновь брать билет до нужной ему станции. Таким образом, он будет учтен дважды и при этом создается впечатление удовлетворенности спроса на перевозку двух пассажиров по действующему

плану формирования. В связи с этим, требуется изменить систему выдачи проездных документов пассажирам и, соответственно, учета его поездки. Пассажиру необходимо выдавать два проездных документа: один - учитывающий оплату проезда от станции отправления до станции назначения (инфраструктурная составляющая тарифа) и это реальный спрос, а второй – оплату проезда в конкретном поезде (вокзальная, локомотивная и вагонная составляющие тарифа), которая показывает удовлетворение спроса действующим планом формирования. При такой организации мы получим реальный спрос на перевозки между станциями сети, то есть реальные пассажиропотоки.

Обеспечение прозрачности формирования тарифов в пассажирских перевозках железнодорожного транспорта в настоящее время стоит весьма остро, так как эта проблема имеет большое социальное значение.

При разработке плана формирования пассажирских поездов дальнего следования, следует четко представлять, какие расходы несет компания от назначения в обращение поезда, вагона и обслуживания одного пассажира. К таким расходам относятся:

- По назначаемым поездам – оплата пользования инфраструктурой и локомотивным парком (при локомотивной тяге);
- По вагонам – содержание (ТО и ремонт) вагонов (моторвагонного подвижного состава) и обслуживание пассажиров в пути следования;
- По пассажирам – пользование вокзалом и оформление проездных документов.

2.2. Расчет плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков.

2.2.1. Математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов при организации беспересадочного сообщения пассажиропотоков.

Беспересадочное сообщение в пассажирских перевозках играет ключевую роль при разработке плана формирования пассажирских поездов. Его важность определяется двумя главными аспектами [42]:

- удовлетворение спроса пассажиров.
- безопасность пассажиров.

Руководствуясь этими двумя аспектами, можно сделать вывод, что необходимо решить задачу, где одним из важнейших условий является условие обеспечение беспересадочного сообщения. Данное условие невозможно учесть при расчете плана формирования с помощью традиционных методов, базирующихся на перспективных густотах пассажиропотока. Поэтому расчет следует проводить на основе информации о перспективных корреспонденциях пассажиропотоков. Это дает возможность учесть необходимость обеспечения заданного уровня беспересадочных сообщений для основного потока пассажиров.

Тогда, условие обеспечения беспересадочного сообщения пассажиров должно устанавливать равенство между величиной корреспонденции пассажиропотока и общим количеством пассажиров данной корреспонденции, следующих в поездах различных назначений без пересадки в пути следования:

$$P_i = \sum_{j=1}^J \delta_{ij} y_{ij}; \quad \forall i; \quad (2.1)$$

где: P_i – величина i -ой корреспонденции пассажиропотока (чел.);

y_{ij} – количество пассажиров i -ой корреспонденции пассажиропотока следующих в поезде j -го назначения (чел.); $y_{ij} \geq 0$;

J – общее количество поездных назначений.

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если маршрут } i - \text{ой корреспонденции пассажиропотока} \\ & \text{входит в маршрут } j - \text{го назначения;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

При этом, условие обеспечения беспересадочного сообщения пассажиров не является достаточны для расчета размеров движения пассажирских поездов. Необходимо ввести условие освоения корреспонденций пассажиропотоков, где количество предоставляемых мест в поездах определенного назначения будет больше либо равно общему числу пассажиров, которые могут следовать в поездах данного назначения без пересадки. Кроме этого, данное условие необходимо выполнять отдельно для каждого участка, входящего в маршрут следования поездного назначения. Тогда, условие освоение корреспонденций пассажиропотока будет иметь вид:

$$\delta_{ik} a_j x_j \geq \sum_{i=1}^I \delta_{ijk} y_{ij}; \quad \forall j; \forall k; \quad (2.2)$$

где: x_j – количество поездов j – го назначений; $x_j \geq 0$;

a_j – вместимость поезда j – го назначения;

I – общее число струй пассажиропотока;

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если поезда } j - \text{го назначения слдует по } k - \text{му участку} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$\delta_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если маршрут } i - \text{ой корреспонденции пассажиропотока} \\ & \text{входит в маршрут } j - \text{го назначения и эти маршруты} \\ & \text{содержат } k - \text{ый участок;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Критерием оптимальности для данной задачи будет минимум суммарных эксплуатационных затрат перевозчика от организации пассажирского сообщения на сети железных дорог:

$$F = \sum_{j=1}^J E_j x_j \rightarrow \min \quad (2.3)$$

Где: E_j – эксплуатационные затраты приходящиеся на поезд j -го назначения, включающие в себя расходы на поездную и вагонную составляющие.

Задача (2.1) – (2.3) представляет собой общую задачу линейного программирования и может быть решена с помощью пакета программ ЛП.

Пример №2.1.

Исходные данные: расчетный полигон, численные значения струй пассажиропотоков (Π_i), вместимости поездов (a_j), маршруты следования поездных назначений (x_j) и стоимостные оценки поездов (E_j) представлены на рис. 2.1.

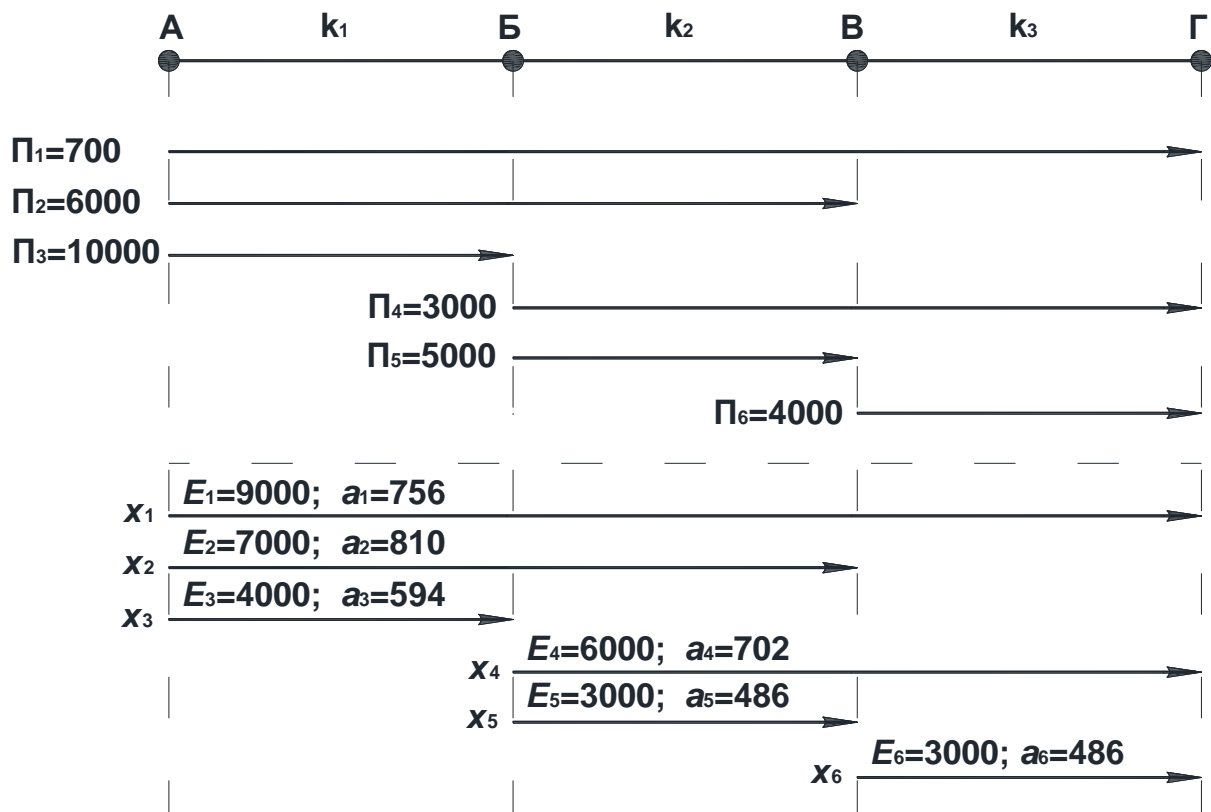


Рисунок 2.1.

Необходимо найти оптимальное число и назначения пассажирских поездов (x_j) при наименьших эксплуатационных затратах, при условии выполнения требований по обеспечению беспересадочного сообщения.

Решение:

- условие обеспечения беспересадочного сообщения пассажиров (2.1):

$$700 = y_{11}; \quad 6000 = y_{21} + y_{22}; \quad 10000 = y_{31} + y_{32} + y_{33};$$

$$3000 = y_{41} + y_{44}; \quad 5000 = y_{51} + y_{52} + y_{54} + y_{55}; \quad 4000 = y_{61} + y_{64} + y_{66};$$

- условие освоения струй пассажиропотоков (2.2) будет следующим:

$$\text{при } j = 1, k = 1: 756 x_1 \geq y_{11} + y_{21} + y_{31};$$

$$\text{при } j = 1, k = 2: 756 x_1 \geq y_{11} + y_{21} + y_{41} + y_{51};$$

$$\text{при } j = 1, k = 2: 756 x_1 \geq y_{11} + y_{41} + y_{61};$$

$$\text{при } j = 2, k = 1: 810 x_2 \geq y_{22} + y_{32};$$

$$\text{при } j = 2, k = 2: 810 x_2 \geq y_{22} + y_{52};$$

$$\text{при } j = 3, k = 1: 594 x_3 \geq y_{33};$$

$$\text{при } j = 4, k = 2: 702 x_4 \geq y_{44} + y_{54};$$

$$\text{при } j = 4, k = 3: 702 x_4 \geq y_{44} + y_{64};$$

$$\text{при } j = 5, k = 2: 486 x_5 \geq y_{55};$$

$$\text{при } j = 6, k = 3: 486 x_6 \geq y_{66};$$

- целевая функция (2.3) составит:

$$F = 9000x_1 + 7000x_2 + 4000x_3 + 6000x_4 + 3000x_5 + 3000x_6 \rightarrow \min;$$

Решим задачу, используя программный продукт LPsolve IDE 5.5.2.0.

Результаты решения задачи приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Матрица распределения пассажиропотоков по поездным назначениям

Номер назначения		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
Число поездов		10,18	8,64	3,37	0	0	0
Номер струи	Мощность струи, чел.	Распределение пассажиропотоков по поездам					
П ₁	700	700	-	-	-	-	-
П ₂	6000	4000	2000	-	-	-	-
П ₃	10000	3000	5000	2000	-	-	-
П ₄	3000	3000	-	-	0	-	-
П ₅	5000	0	5000	-	0	0	-
П ₆	4000	4000	-	-	0	-	0

Перевозочные затраты при этом составят $F = 165\ 630$ усл. ед.

Как видно из результатов значения числа поездов получились дробными, поэтому их необходимо округлить в большую сторону. После чего производится детальный анализ полученных результатов.

Основным качественным показателем работы пассажирского поезда является коэффициент использования вместимости (n_j), который рассчитывается по формуле:

$$n_j = \sum_{k=1}^K \frac{N_{jk}}{K_j a_j} \quad (2.4)$$

При этом:

$$N_{jk} = \sum_{i=1}^p \frac{\delta_{ijk} y_{ij}}{x_j} \quad (2.5)$$

где: N_{jk} - населенность j -го поезда на k -ом участке;

K_j – общее количество участков, которое входит в маршрут следования j -го назначения.

На рис 2.2. приведены диаграммы изменения населённости поездов по участкам.

Итак, после округления число поездов по назначениям будет следующим: $x_1=11$; $x_2=9$; $x_3=4$. Коэффициенты использования вместимости будут равны: $n_1=0,92$; $n_2=0,96$; $n_3=0,84$. При этом значение целевой функции также изменится и составит: $F=178\ 000$ усл. ед.

При округлении результатов значение целевой функции увеличилось, поэтому такой подход может не дать оптимального решения и данную задачу необходимо решить как целочисленную.

Пример №2.2: Решим задачу из примера 2.1, но при этом введем дополнительное условие: $x_j \in Z$ (Z - множество целых чисел), то есть решим целочисленную задачу.

Программный продукт LPSolve IDE 5.5.2.0. позволяет решать целочисленные задачи, поэтому расчет будет произведен с помощью данной программы. Результаты расчета приведены в табл. 2.2.

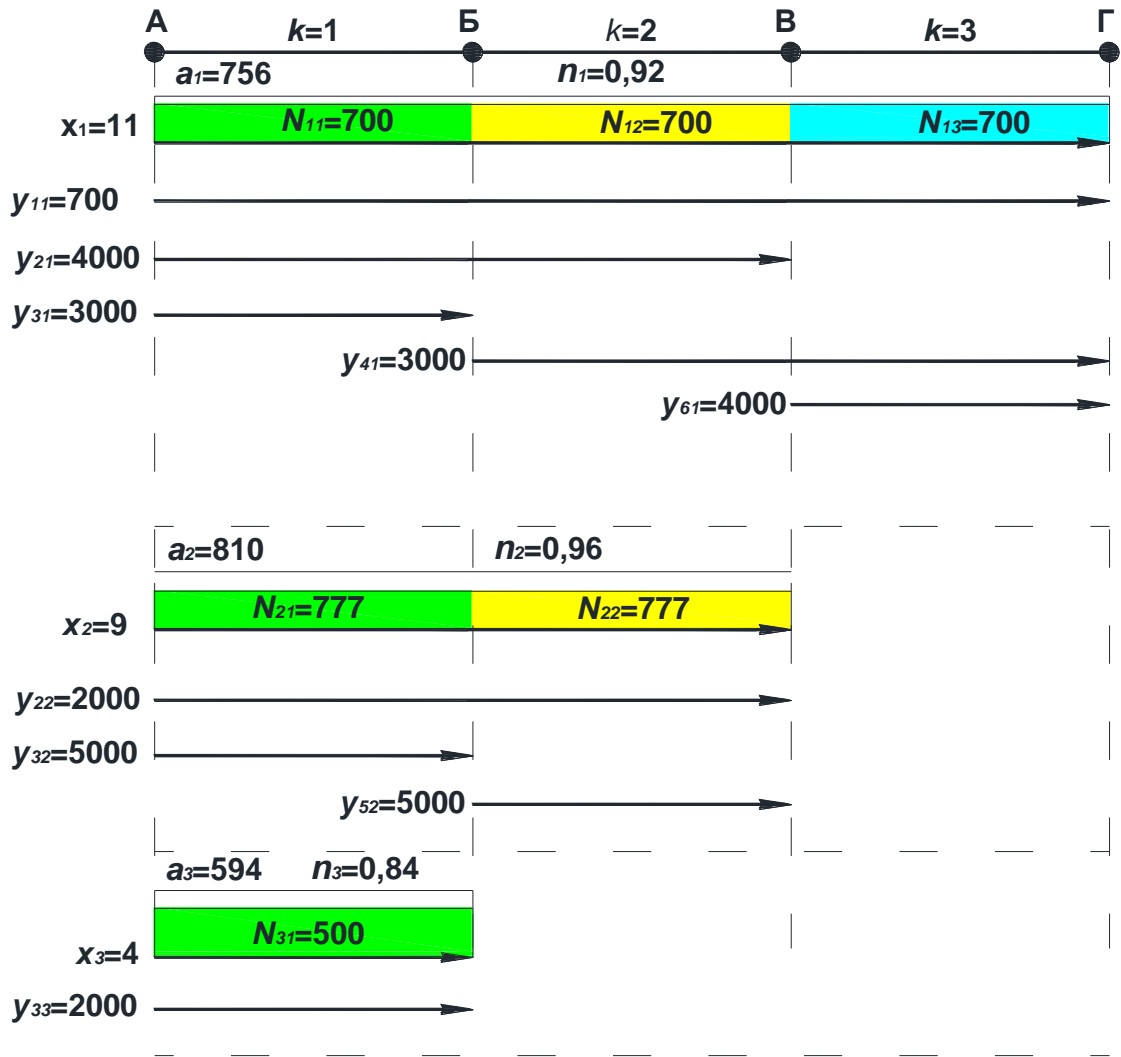


Рисунок 2.2. – Диаграммы изменения населённости поездов по участкам для примера 2.1.

Таблица 2.2.

Матрица распределения пассажиропотоков по поездным назначениям

Номер назначения		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
Число поездов		11	9	2	0	0	0
Номер струи	Мощность струи, чел.	Распределение пассажиропотоков по поездам					
		P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
P_1	700	700	-	-	-	-	-
P_2	6000	4616	1384	-	-	-	-
P_3	10000	3000	5906	1904	-	-	-
P_4	3000	3000	-	-	0	-	-
P_5	5000	0	5000	-	0	0	-
P_6	4000	4000	-	-	0	-	0

Перевозочные затраты при этом составят $F = 170\,000$ усл. ед.

Как видно из результатов пассажиропотоки перераспределились, а затраты на перевозку снизились. Проведем детальный анализ полученных результатов. На рис. 2.3. приведены диаграммы изменения населённости поездов по участкам.

Для сравнения результатов расчета конечные данные примеров 2.1 и 2.2 приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3.

Сравнительные данные результатов расчета примеров 2.1 и 2.2.

Назначения поездов	Число поездов		Коэффициент использования вместимости (n_j)	
	Пример 2.1	Пример 2.2	Пример 2.1	Пример 2.2
x_1	11	11	0,92	0,97
x_2	9	9	0,96	0,94
x_3	4	2	0,84	0,92
x_4	0	0	-	-
x_5	0	0	-	-
x_6	0	0	-	-
Всего	24	22	0,91	0,94
Значение целевой функции:			$F_1 = 178$ усл. ед.	
			$F_2 = 170$ усл. ед.	

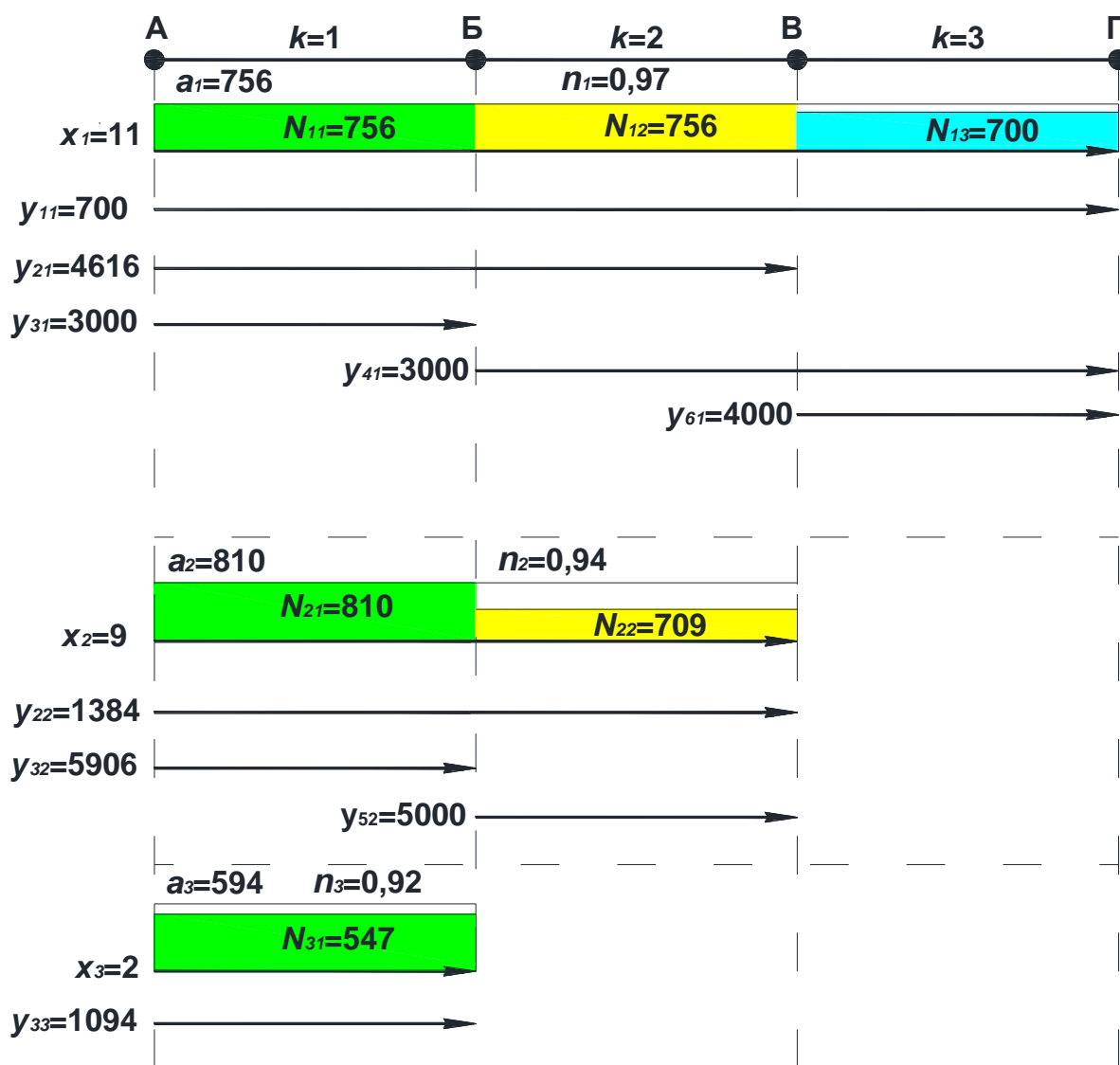


Рисунок 2.3 – Диаграммы изменения населённости поездов по участкам для примера 2.2.

Из полученных результатов видно, что решение данной задачи с помощью целочисленного расчета позволяет более точно распределить пассажиропотоки и сократить затраты. Даже для того маленького примера, итоговые результаты существенно отличаются, сокращение размеров движения на 2 поезда даже для большого полигона серьезное сокращение затрат.

2.2.2. Расчет плана формирования пассажирских поездов при организации беспересадочного сообщения для пассажиропотоков заданного уровня.

Условия беспересадочных сообщений необходимо учитывать только для мощных струй пассажиропотоков, а струи малой мощности должны быть исключены из условия обеспечения беспересадочного сообщения.

В случае, если нам не важно, где будут пересаживаться пассажиры струй малой мощности, то в задачу (2.1) – (2.3) вводится дополнительное условие по освоению густот пассажиропотоков, в котором густота пассажиропотока на каждом участке будет меньше или равна общему числу предлагаемых мест в поездах проходящих по данному участку ($\sum \delta_{jk} a_j x_j$). Тогда условие освоения густот пассажиропотоков будет иметь вид::

$$\Gamma_k \leq \sum_{j=1}^J \delta_{jk} a_j x_j; \quad \forall k \quad (2.6)$$

Где:

$$\delta_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{если маршрут } j \text{ – го назначения проходит по } k \text{ – му} \\ & \text{участку;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

При этом, под густотой пассажиропотока на участке понимается сумма величин пассажиропотоков следующих по данному участку:

$$\Gamma_k = \sum_{i=1}^I \delta_{ik} \Pi_i; \quad \forall k \quad (2.7)$$

Где:

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{если } i \text{ – ый пассажиропоток проходит по } k \text{ – му участку;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Условие беспересадочного сообщения (2.1) и условие освоения пассажиропотоков (2.2) будут выполняться только для пассажиропотоков большой мощности, удовлетворяющих условию:

$$\Pi_i^{\text{БМ}} = \sum_{j=1}^J \delta_{ij} y_{ij}^{\text{БМ}}; \quad \forall i; \quad \Pi_i^{\text{БМ}} \in \Pi_i \quad (2.8)$$

$$\delta_{jk} a_j x_j \geq \sum_{i=1}^I \delta_{ijk} y_{ij}^{\text{БМ}}; \quad \forall j; \forall k \quad (2.9)$$

При этом величина корреспонденции пассажиропотока большой мощности должна превышать заданный уровень:

$$\Pi_i^{\text{БМ}} \geq U; \quad \forall i \quad (2.10)$$

Целевая функция сохраняет свой вид по формуле (2.3).

Пример №2.3: Необходимо определить оптимальное число и назначения пассажирских поездов для условий представленных на рис. 2.4, при этом $U = 1000$ чел.

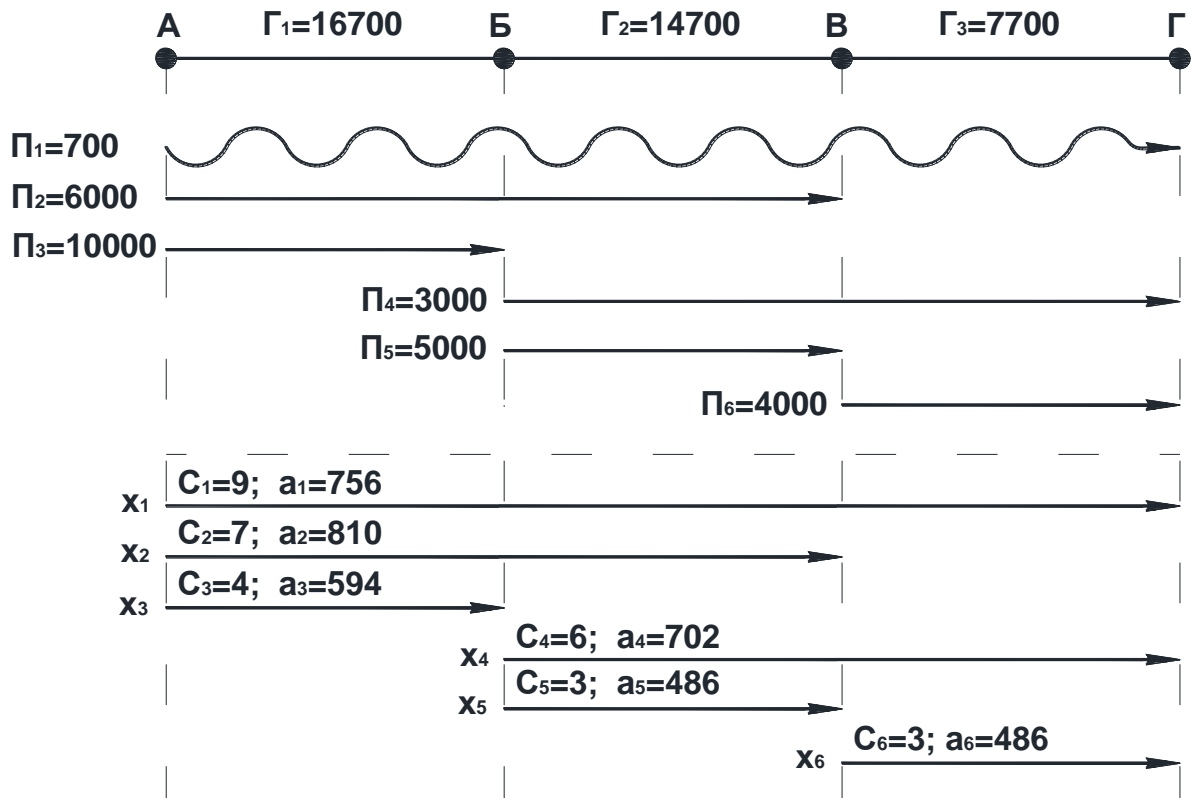


Рисунок 2.4.

Условие полного освоения густот пассажиропотоков будет иметь вид:

$$16700 \leq 756 x_1 + 810 x_2 + 594 x_3;$$

$$14700 \leq 756 x_1 + 810 x_2 + 702 x_4 + 486 x_5;$$

$$7700 \leq 756 x_1 + 702 x_4 + 486 x_6;$$

Условие беспересадочного сообщения пассажиров примет вид:

$$y_{21} + y_{22} = 6000; \quad y_{31} + y_{32} + y_{33} = 10000; \quad y_{41} + y_{44} = 3000;$$

$$y_{51} + y_{52} + y_{54} + y_{55} = 5000; \quad y_{61} + y_{64} + y_{66} = 4000$$

Условие освоения струй пассажиропотоков будет следующим:

$$\text{при } j = 1, k = 1: 756 x_1 \geq y_{21} + y_{31};$$

$$\text{при } j = 1, k = 2: 756 x_1 \geq y_{21} + y_{41} + y_{51};$$

$$\text{при } j = 1, k = 3: 756 x_1 \geq y_{41} + y_{61};$$

$$\text{при } j = 2, k = 1: 810 x_2 \geq y_{22} + y_{32};$$

$$\text{при } j = 2, k = 2: 810 x_2 \geq y_{22} + y_{52};$$

$$\text{при } j = 3, k = 1: 594 x_3 \geq y_{33};$$

$$\text{при } j = 4, k = 2: 702 x_4 \geq y_{44} + y_{54};$$

$$\text{при } j = 4, k = 3: 702 x_4 \geq y_{44} + y_{64};$$

$$\text{при } j = 5, k = 2: 486 x_5 \geq y_{55};$$

$$\text{при } j = 6, k = 3: 486 x_6 \geq y_{66};$$

При этом целевая функция составит:

$$F = 9x_1 + 7x_2 + 4x_3 + 6x_4 + 3x_5 + 3x_6 \rightarrow \min;$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4.

Номер назначения		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6
Число поездов		11	9	2	0	0	0
Номер струи	Мощность струи, чел.	Распределение пассажиропотоков по поездам					
П ₁	700	?	?	?	?	?	?
П ₂	6000	5316	684	-	-	-	-
П ₃	10000	3000	6606	394	-	-	-
П ₄	3000	3000	-	-	0	-	-
П ₅	5000	0	5000	-	0	0	-
П ₆	4000	4000	-	-	0	-	0

Преимуществом данной модели является сокращение числа переменных и как следствие упрощение расчета всей задачи. Но, как видно из результатов расчета, распределение струи П₁ в данном случае отследить невозможно. Такой подход допустим только в том случае, если нам не важно, где будут пересаживаться пассажиры струй малой мощности и сколько раз.

В случае, если на полигоне пересадка пассажиров предусмотрена на конкретных станциях, например на полигоне работает транспортно-пересадочный узел (ТПУ), то необходимо описать все пересадки пассажиров корреспонденций малой мощности ($\Pi_i^{\text{ММ}}$), а именно на какой станции и между какими поездами будут пересаживаться пассажиры. Для этого необходимо дополнительно описать маршруты следования данных пассажиропотоков (M'_{is}), для которых указывается станция пересадки (s – порядковый номер станции, на которой производится пересадка) и четкая привязка к поездным назначениям, в которых пассажир может следовать, делая пересадку на данной станции. Тогда величина такого маршрута будет равна количеству пассажиров следующих по данному маршруту с пересадкой на заданной станции:

$$M'_{is} = \delta_{ijs} z_{ijs}, \quad \forall j; \forall i \quad (2.11)$$

Где:

$$\delta_{ijs} = \begin{cases} 1, \text{ если пассажиры } i \text{ – ой корреспонденции пассажиро –} \\ \text{ потока следуют в } j \text{ – ом поезде и делают пересадку на} \\ \text{ } s \text{ – ой станции} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}$$

При этом, общее количество пассажиров корреспонденции малой мощности, следующее по разным маршрутам, должно быть равно величине корреспонденции данного пассажиропотока:

$$\Pi_i^{\text{ММ}} = \sum_{s=1}^S \delta_{is} M'_{is}; \quad \text{при } \Pi_i^{\text{ММ}} < U; \quad \forall i; \quad (2.12)$$

Где:

$$\delta_{is} = \begin{cases} 1, \text{ если пассажиры } i \text{ – ой корреспонденции пассажиропотока} \\ \text{ могут пересаживаться на } s \text{ – ой станции;} \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Условие полного освоения пассажиропотоков будет иметь вид:

$$a_j x_j \geq \sum_{i=1}^I (\delta_{ijk} y_{ij}^{\text{БМ}} + \delta_{ijk} z_{ijs}); \quad (2.13)$$

Условие беспересадочного следования пассажиров (2.8) и целевая функция (2.3) остаются прежними.

Пример №2.4: необходимо определить оптимальное число и назначения пассажирских поездов для условий представленных на рис. 2.5. при $U = 1000$ чел.

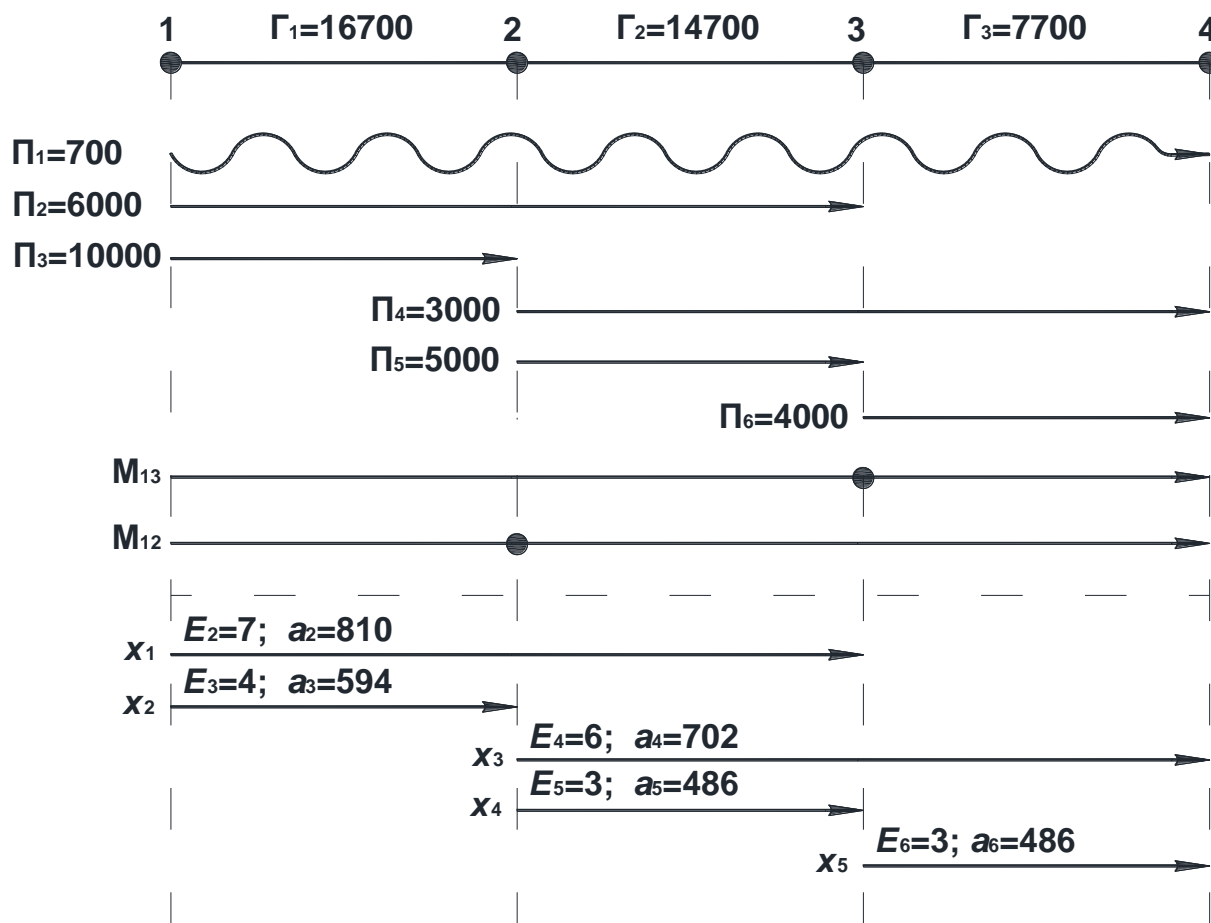


Рисунок 2.5.

Так как, $\Pi_1 < U$, то пассажиры данного пассажиропотока будут следовать с пересадкой в пути следования, поэтому вводятся два дополнительных маршрута следования для пассажиров Π_1 : с пересадкой на 2 станции (M_{12}) и на третьей станции (M_{13}). Тогда, матрица распределения (табл. 2.5) будет иметь вид:

Таблица 2.5

Матрица распределения пассажиропотоков по назначениям

Номер назначения	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Номер струи	Распределение пассажиропотоков по поездам				

П₁	-	-	-	-	-
П ₂	y_{21}	-	-	-	-
П ₃	y_{31}	y_{32}	-	-	-
П ₄	-	-	y_{43}	-	-
П ₅	y_{51}	-	y_{53}	y_{54}	-
П ₆	-	-	y_{63}	-	y_{65}
M₁₃	z_{113}	-	-	-	z_{153}
M₁₂	-	z_{122}	z_{132}	-	-

Как видно из матрицы распределения (табл. 2.5), пассажиры 1-го пассажиропотока не могут следовать без пересадок ни в одном поезде, поэтому эти пассажиры распределяются по двум маршрутам следования с пересадками на 2-ой и на 3-ей станциях. Тогда П₁ будет равен:

$$700 = M_{12} + M_{13};$$

А пассажиры маршрутов M₁₂ и M₁₃ будут распределяться следующим образом:

$$M_{13} = z_{113} = z_{153}; \quad M_{12} = z_{122} = z_{132};$$

Условие беспересадочного следования пассажиров будет иметь вид:

$$6000 = y_{21}; \quad 10000 = y_{31} + y_{32}; \quad 3000 = y_{43};$$

$$5000 = y_{51} + y_{53} + y_{54}; \quad 4000 = y_{63};$$

Условие полного освоения струй пассажиропотоков будет следующим:

$$\text{при } j = 1, k = 1: 810 x_1 \geq y_{21} + y_{31} + z_{113};$$

$$\text{при } j = 1, k = 2: 810 x_1 \geq y_{21} + y_{51} + z_{113};$$

$$\text{при } j = 2, k = 1: 594 x_2 \geq y_{32} + z_{122};$$

$$\text{при } j = 3, k = 2: 702 x_3 \geq y_{43} + y_{53} + z_{132};$$

$$\text{при } j = 3, k = 3: 702 x_3 \geq y_{43} + y_{63} + z_{132};$$

$$\text{при } j = 4, k = 2: 486 x_4 \geq y_{54};$$

$$\text{при } j = 5, k = 3: 486 x_5 \geq y_{65} + z_{153};$$

При этом целевая функция составит:

$$F = 7x_1 + 4x_2 + 6x_3 + 3x_4 + 3x_5 \rightarrow \min;$$

Результаты расчетов приведены в табл. 2.6.

Данная задача, показывает, что количество пересадок пассажиров и их расположение можно смоделировать. Это достаточно важный фактор при планировании перевозок на больших перегонах, где располагаются крупные города, транспортные узлы, транзит пассажиров в которых серьезно затрудняет работу железнодорожного транспорта. Решение данной задачи позволит перераспределить потоки, разгрузить транзитные пункты. Кроме этого, организация пассажиропотоков с пересадками на тех станциях, где к

Таблица 2.6.

Матрица распределения пассажиропотоков по назначениям

Номер назначения		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
Число поездов		9	16	11	0	0
Номер струи	Мощность струи, чел.	Распределение пассажиропотоков по поездам				
П ₁	700	0	700	700	-	0
П ₂	6000	6000	-	-	-	-
П ₃	10000	1290	8710	-	-	-
П ₄	3000	-	-	3000	-	-
П ₅	5000	1290	-	3710	0	-
П ₆	4000	-	-	4000	-	0
М ₁₃	0	0	-	-	-	0
М ₁₂	700	-	700	700	-	-

примеру, располагаются транспортно-пересадочные комплексы, инфраструктура которых с комфортом позволяет поменять вид транспорта или пересесть на другой поезд, позволит улучшить качество перевозок и в первую очередь будет направлено на комфорт и удобство пассажиров.

2.3. Расчет плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков, сегментированных по типу мест.

2.3.1. Математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков сегментированных по типу мест при фиксированных схемах составов поездов.

Отечественный железнодорожный транспорт за последние годы сделал серьезные шаги вперед в борьбе за рынок пассажирских перевозок в дальнем сообщении. На сегодняшний день железные дороги обладают достаточным ресурсом вагонов разных типов и поездов различных категорий. Кроме этого, для привлечения большего числа пассажиров на железнодорожный транспорт применяются маркетинговые инструменты, такие как «динамическое ценообразование», которое позволяет увеличить приток пассажиров на малонаселенные направления и повысить доходность на направлениях с высоким спросом; различные бонусные программы, которые направлены на работу с постоянными клиентами и повышению качества их обслуживания; а также многие другие программы, направленные на то, чтобы пассажир, выбрал для поездки именно железнодорожный транспорт.

В связи с этим, для расчета размеров движения пассажирских поездов исходные данные в виде сегментированных пассажиропотоков по типам мест, уже не является достаточным условием для получения достоверных результатов. Для моделирования процесса распределения пассажиропотоков по назначениям необходимо понимать, каким образом может вести себя пассажир в различных ситуациях. В условиях большого количества вариантов поездки, пассажиру приходится выбирать, поэтому, в большинстве случаев, пассажир перед поездкой точно не знает, какой вариант поездки он выберет. Если пассажир планирует поездку заранее, то он может позволить себе более комфортабельные условия поездки при

достаточно низкой цене билета. А если пассажиру внезапно потребовалось совершить поездку и отправляться необходимо в ближайшее время, то цены на билеты будут установлены с самым высоким коэффициентом. В таких условиях пассажир чаще всего выбирает эконом класс, хотя предпочитал бы ехать в более комфортных условиях. Кроме этого, на сегодняшний день на железнодорожном транспорте существуют не только различные типы вагонов – плацкарт, купе, люкс и т.д., но и различные категории поездов – фирменные, не фирменные, с дополнительными услугами и т.д., кроме того поезда классифицируются по скорости движения – дальние, скорые, скоростные. Все эти факторы напрямую влияют на стоимость поездки пассажиров, что существенно влияет на структуру пассажиропотока.

В таком случае в математическую модель задачи расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения и сегментировании пассажиропотоков должны быть выполнены следующие условия:

- Условие обеспечения беспересадочного сообщения пассажиров удовлетворяется требованием включения маршрута следования сегментированного пассажиропотока, в маршрут следования хотя бы одного поездного назначения:

$$P_{iq} = \sum_{j=1}^J \sum_{l=q-\alpha}^{q+\alpha'} \delta_{ijl} Y_{ijql}; \quad \forall i; \forall q \quad (2.14)$$

где: P_{iq} – число пассажиров i -ой корреспонденции пассажиропотока, предпочитающих следовать в вагонах q -го типа;

Y_{ijql} – число пассажиров i -ой корреспонденции пассажиропотока, следующих в поездах j -го назначения, предпочитающих ехать в вагонах q -го типа, но следующих в вагонах l -го типа;

$$\delta_{ijl} = \begin{cases} 1, & \text{если маршрут } i \text{ – ой корреспонденции пассажиропотока} \\ & \text{входит в маршрут } j \text{ – го поездного назначения, а в его} \\ & \text{составе есть вагоны } l \text{ – го типа;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Диапазон изменения числа пассажиров, следующих в вагонах l -го типа необходимо ограничить ($q - \alpha \leq l \leq q + \alpha'$), так как не все типы мест являются взаимозаменяемыми, например, пассажиры плацкарта в случае нехватки мест не будут переходить в вагоны СВ, Люкс и выше, и наоборот, пассажиры СВ не поедут в плацкарте. Но на сегодняшний день на железнодорожном транспорте большой выбор типов мест, классифицируемых как по комфортности, так и по скорости движения, поэтому для каждого полигона α и α' необходимо определять индивидуально.

- Условие обеспечения спроса на места в вагонах разных типов заключается в том, что число пассажиров, для которых будет удовлетворяться спрос должно быть не менее заданного уровня:

$$\sum_{j=1}^J y_{ijqq} \geq \omega_i \Pi_{iq}, \quad \forall i; \forall q; \quad (2.15)$$

где: ω_i – коэффициент, определяющий заданный уровень обеспечения спроса для i -го пассажиропотока, изменяется от 0 до 1.

- Условие освоения пассажиропотоков для каждого участка расчетной сети заключается в том, что число пассажиров, следующих в вагонах данного типа в поездах определенного назначения ($\sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q \delta_{ijk} y_{ijql}$), не должно превышать числа мест в этих поездах в вагонах соответствующего типа ($\delta_{jk} m_{jl} a_l x_j$):

$$\sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q \delta_{ijk} y_{ijql} \leq \delta_{jk} m_{jl} a_l x_j; \quad \forall j, l, k \quad (2.17)$$

где m_{jl} – количество вагонов l -го типа в составе поезда j -го назначения;

a_l – количество мест в вагоне l -го типа;

Q – общее количество категорий вагонов;

Критерием оптимальности для данной модели будет максимальная прибыль перевозчика, так как распределение пассажиров по категориям мест

должно происходить в зависимости от стоимости проезда пассажиров. При этом доходом от перевозки будет суммарная выручка от продажи билетов

$(\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^Q \sum_{q=1}^Q D_{il} y_{ijql})$, а расходы – суммарные эксплуатационные затраты приходящиеся на поездную и вагонную составляющую $(\sum E_j x_j)$. Тогда целевая функция будет иметь вид:

$$F = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^b \sum_{l=1}^Q \sum_{q=1}^Q D_{il} y_{ijql} - \sum_{j=1}^b E_j x_j \rightarrow \max; \quad (2.18)$$

где: D_{il} – стоимость проезда пассажира i -ой корреспонденции пассажиропотока в вагоне l -го типа.

Пример 2.5. Необходимо определить оптимальное число и назначения пассажирских поездов для условий, представленных на рис. 2.1. При этом, пассажиропотоки сегментированы по типу мест на три категории: плацкорт, купе, СВ. Тогда q – предпочитаемый тип вагона и l – фактический тип вагона будут равны:

$$q = l = \left\{ \begin{array}{l} 1, \quad \text{если тип вагона плацкорт} \\ 2, \quad \text{если тип вагона купе} \\ 3, \quad \text{если тип вагона СВ} \end{array} \right\}$$

Пассажиропотоки сегментированы следующим образом:

$$П_1: П_{11} = 400, П_{12} = 300, П_{13} = 0;$$

$$П_2: П_{21} = 3000, П_{22} = 2000, П_{23} = 1000;$$

$$П_3: П_{31} = 4500, П_{32} = 4000, П_{33} = 1500;$$

$$П_4: П_{41} = 4000, П_{42} = 0, П_{43} = 0;$$

$$П_5: П_{51} = 1500, П_{52} = 3000, П_{53} = 500;$$

$$П_6: П_{61} = 3000, П_{62} = 1000, П_{63} = 0;$$

Стоимости проезда пассажира i -ой струи по категориям мест будут следующие:

$$\text{для } П_1: D_{11} = 8, D_{12} = 15, D_{13} = 25;$$

$$\text{для } П_2: D_{21} = 6, D_{22} = 11, D_{23} = 20;$$

$$\text{для } П_3: D_{31} = 4, D_{32} = 7, D_{33} = 13;$$

для Π_4 : $D_{41} = 6, D_{42} = 11, D_{43} = 20$;

для Π_5 : $D_{51} = 4, D_{52} = 7, D_{53} = 13$;

для Π_6 : $D_{61} = 4, D_{62} = 7, D_{63} = 13$;

Составы поездов будут равны:

x_1 : $m_{11} = 8, m_{12} = 8, m_{13} = 2$;

x_2 : $m_{21} = 10, m_{22} = 8, m_{23} = 0$;

x_3 : $m_{31} = 7, m_{32} = 6, m_{33} = 1$;

x_4 : $m_{41} = 8, m_{42} = 7, m_{43} = 1$;

x_5 : $m_{51} = 5, m_{52} = 5, m_{53} = 2$;

x_6 : $m_{61} = 5, m_{62} = 5, m_{63} = 2$;

Вместимости вагонов (a_i) по категориям мест равны $a_1 = 54, a_2 = 36, a_3 = 18$. Изменение заданной категории мест пассажирами возможно в интервале: $q - \alpha \leq l \leq q + \alpha'$, при этом $\alpha = \alpha' = 1$. Коэффициент, определяющий заданный уровень обеспечения спроса для всех пассажиропотоков одинаковый $\omega_j = \omega = 0,6$.

- Условие обеспечения беспересадочного сообщения пассажиров (2.14) будет иметь вид:

для плацкарта:

$$400 = y_{1111} + y_{1112};$$

$$3000 = y_{2111} + y_{2211} + y_{2112} + y_{2212};$$

$$4500 = y_{3111} + y_{3211} + y_{3311} + y_{3112} + y_{3212} + y_{3312};$$

$$4000 = y_{4111} + y_{4411} + y_{4112} + y_{4412};$$

$$1500 = y_{5111} + y_{5211} + y_{5411} + y_{5511} + y_{5112} + y_{5212} + y_{5412} + y_{5512};$$

$$4500 = y_{6111} + y_{6411} + y_{6611} + y_{6112} + y_{6412} + y_{6612};$$

для купе:

$$300 = y_{1121} + y_{1122} + y_{1123};$$

$$2000 = y_{2121} + y_{2221} + y_{2122} + y_{2222} + y_{2123};$$

$$4000 = y_{3121} + y_{3221} + y_{3321} + y_{3122} + y_{3222} + y_{3322} + y_{3123} + y_{3323};$$

$$3000 = y_{5121} + y_{5221} + y_{5421} + y_{5521} + y_{5122} + y_{5222} + y_{5422} + y_{5522} + \\ + y_{5123} + y_{5423} + y_{5523};$$

$$1000 = y_{6121} + y_{6421} + y_{6621} + y_{6122} + y_{6422} + y_{6622} + y_{6123} + y_{6423} + y_{6623};$$

для СВ:

$$1000 = y_{2132} + y_{2232} + y_{2133};$$

$$1500 = y_{3132} + y_{3232} + y_{3332} + y_{3133} + y_{3333};$$

$$500 = y_{5132} + y_{5232} + y_{5432} + y_{5532} + y_{5133} + y_{5433} + y_{5533};$$

- Условие обеспечения спроса на места в вагонах разных типов (2.15)

будет иметь вид:

$$\text{для плацкарта: } 400 \cdot 0,6 \leq y_{1111}; \quad 3000 \cdot 0,6 \leq y_{2111} + y_{2211};$$

$$4500 \cdot 0,6 \leq y_{3111} + y_{3211} + y_{3311}; \quad 4000 \cdot 0,6 \leq y_{4111} + y_{4411};$$

$$1500 \cdot 0,6 \leq y_{5111} + y_{5411} + y_{5511}; \quad 3000 \cdot 0,6 \leq y_{6111} + y_{6411} + y_{6611};$$

$$\text{для купе: } 300 \cdot 0,6 \leq y_{1122}; \quad 2000 \cdot 0,6 \leq y_{2122} + y_{2222};$$

$$4000 \cdot 0,6 \leq y_{3122} + y_{3222} + y_{3322}; \quad 3000 \cdot 0,6 \leq y_{5122} + y_{5422} + y_{5522};$$

$$1000 \cdot 0,6 \leq y_{6122} + y_{6422} + y_{6622};$$

$$\text{для СВ: } 1000 \cdot 0,6 \leq y_{2133}; \quad 1500 \cdot 0,6 \leq y_{3133} + y_{3333};$$

$$500 \cdot 0,6 \leq y_{5133} + y_{5433} + y_{5533};$$

Условие освоения пассажиропотоков для каждого участка расчетного полигона (2.17) будет следующим:

для категории вагонов плацкарт:

$$k = 1, j = 1: \quad 8 \cdot 54 \cdot x_1 \geq y_{1111} + y_{211} + y_{3111} + y_{1121} + y_{2121} + y_{3121};$$

$$k = 2, j = 1: \quad 8 \cdot 54 \cdot x_1 \geq y_{1111} + y_{2111} + y_{4111} + y_{5111} + y_{1121} + y_{2121} + y_{5121};$$

$$k = 3, j = 1: \quad 8 \cdot 54 \cdot x_1 \geq y_{1111} + y_{4111} + y_{6111} + y_{1121} + y_{6121}$$

$$k = 1, j = 2: \quad 10 \cdot 54 \cdot x_2 \geq y_{2211} + y_{3211} + y_{2221} + y_{3221};$$

$$k = 2, j = 2: \quad 10 \cdot 54 \cdot x_2 \geq y_{2211} + y_{5211} + y_{2221} + y_{5221};$$

$$k = 1, j = 3: \quad 7 \cdot 54 \cdot x_3 \geq y_{3311} + y_{3321};$$

$$k = 2, j = 4: \quad 8 \cdot 54 \cdot x_4 \geq y_{4411} + y_{5411} + y_{5421};$$

$$k = 3, j = 4: \quad 8 \cdot 54 \cdot x_4 \geq y_{4411} + y_{6411} + y_{6421};$$

$$k = 2, j = 5: 5 \cdot 54 \cdot x_5 \geq y_{5511} + y_{5521};$$

$$k = 3, j = 6: 5 \cdot 54 \cdot x_6 \geq y_{6611} + y_{6621};$$

для категории вагонов купе:

$$k = 1, j = 1: 8 \cdot 36 \cdot x_1 \geq y_{1112} + y_{2112} + y_{3112} + y_{1122} + y_{2122} + y_{3122} + \\ + y_{2132} + y_{3132};$$

$$k = 2, j = 1: 8 \cdot 36 \cdot x_1 \geq y_{1112} + y_{2112} + y_{4112} + y_{5112} + y_{1122} + y_{2122} + \\ + y_{5122} + y_{2132} + y_{5132};$$

$$k = 3, j = 1: 8 \cdot 36 \cdot x_1 \geq y_{1112} + y_{4112} + y_{6112} + y_{1122} + y_{6122};$$

$$k = 1, j = 2: 8 \cdot 36 \cdot x_2 \geq y_{2212} + y_{3212} + y_{2222} + y_{3222} + y_{2232} + y_{3232};$$

$$k = 2, j = 2: 8 \cdot 36 \cdot x_2 \geq y_{2212} + y_{5212} + y_{2222} + y_{5222} + y_{2232} + y_{5232};$$

$$k = 1, j = 3: 6 \cdot 36 \cdot x_3 \geq y_{3312} + y_{3322} + y_{3332};$$

$$k = 2, j = 4: 7 \cdot 36 \cdot x_4 \geq y_{4412} + y_{5412} + y_{5422} + y_{5432};$$

$$k = 3, j = 4: 7 \cdot 36 \cdot x_4 \geq y_{4412} + y_{6412} + y_{6422};$$

$$k = 2, j = 5: 5 \cdot 36 \cdot x_5 \geq y_{5512} + y_{5522} + y_{5532};$$

$$k = 3, j = 6: 5 \cdot 36 \cdot x_6 \geq y_{6612} + y_{6622};$$

для категории вагонов СВ:

$$k = 1, j = 1: 2 \cdot 18 \cdot x_1 \geq y_{1123} + y_{2123} + y_{3123} + y_{2133} + y_{3133};$$

$$k = 2, j = 1: 2 \cdot 18 \cdot x_1 \geq y_{1123} + y_{2123} + y_{5123} + y_{2133} + y_{5133};$$

$$k = 3, j = 1: 2 \cdot 18 \cdot x_1 \geq y_{1123} + y_{6123};$$

$$k = 1, j = 3: 1 \cdot 18 \cdot x_3 \geq y_{3323} + y_{3333};$$

$$k = 2, j = 4: 1 \cdot 18 \cdot x_4 \geq y_{5423} + y_{5433};$$

$$k = 3, j = 4: 1 \cdot 18 \cdot x_4 \geq y_{6423};$$

$$k = 2, j = 5: 2 \cdot 18 \cdot x_5 \geq y_{5523} + y_{5533};$$

$$k = 3, j = 6: 2 \cdot 18 \cdot x_6 \geq y_{6623};$$

При этом целевая функция (2.18) составит:

$$F = 8(y_{1111} + y_{1121}) + 15(y_{1112} + y_{1122}) + 25y_{1123} + 6(y_{2111} + y_{2211} + y_{2121} \\ + y_{2221}) + 11(y_{2112} + y_{2212} + y_{2122} + y_{2222} + y_{2132} + y_{2232}) + 20(y_{2123} +$$

$$\begin{aligned}
& + y_{2133}) + 4(y_{3111} + y_{3211} + y_{3311} + y_{3121} + y_{3221} + y_{3321}) + 7(y_{3112} + y_{3212} + \\
& + y_{3312} + y_{3122} + y_{3222} + y_{3322} + y_{3132} + y_{3232} + y_{3332}) + 13(y_{3123} + y_{3323} \\
& + y_{3133} + y_{3333}) + 6(y_{4111} + y_{4411}) + 11(y_{4112} + y_{4412}) + 4(y_{5111} + y_{5211} \\
& + y_{5411} + y_{5511} + y_{5121} + y_{5221} + y_{5421} + y_{5521}) + 7(y_{5112} + y_{5212} + y_{5412} + \\
& + y_{5512} + y_{5122} + y_{5222} + y_{5422} + y_{5522} + y_{5132} + y_{5232} + y_{5432} + y_{5532}) + \\
& + 13(y_{5123} + y_{5423} + y_{5523} + y_{5133} + y_{5433} + y_{5533}) + 4(y_{6111} + y_{6411} + y_{6611} \\
& + y_{6121} + y_{6421} + y_{6621}) + 7(y_{6112} + y_{6412} + y_{6612} + y_{6122} + y_{6422} + y_{6622}) + \\
& + 13(y_{6123} + y_{6423} + y_{6623}) - 9000x_1 - 7000x_2 - 4000x_3 - 6000x_4 - 3000x_5 - \\
& - 3000x_6 \rightarrow \max ;
\end{aligned}$$

Решим задачу линейного программирования, используя программный продукт LPSolve IDE 5.5.2.0. Результаты решения задачи приведены в табл. 2.7. Прибыль от перевозки составила 21406 усл. ед.

Для анализа полученных результатов рассчитаем коэффициенты использования вместимости (n_j) по поездным назначениям. При сегментированных пассажиропотоках n_j будет рассчитываться по формуле:

$$n_j = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^Q \frac{N_{jlk}}{K_j a_{jl} m_{jl}}, \quad \forall j; \quad (2.19)$$

При этом:

$$N_{jlk} = \sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q \frac{\delta_{ijk} y_{ijql}}{x_j}, \quad \forall j; \forall k; \forall l \quad (2.20)$$

где: N_{jlk} - средняя населенность вагонов l -го типа в составе поезде j -го назначения на k -ом участке;

На диаграммах использования вместимости поездов по типам вагонов, изображенных на рис. 2.6, 2.7, 2.8, хорошо видно, что типы вагонов «Купе» и «СВ» населены во всех поездах почти на 100%, а типы вагонов «Плацкарт» для 3-го назначения полностью пустые. Это говорит о том, что схемы составов поездов подобраны не в соответствии со структурой пассажиропотока.

Таблица 2.7.

Итоговая матрица распределения пассажиропотоков по назначениям для примера 2.5.

Поездные назначения Пассажиропотоки		$x_1 = 12$			$x_2 = 9$		$x_3 = 1$			$x_4 = 0$			$x_5 = 0$			$x_6 = 0$		
		ПЛ=8	К=8	СВ=2	ПЛ=10	К=8	ПЛ=7	К=6	СВ=1	ПЛ=8	К=7	СВ=1	ПЛ=5	К=5	СВ=2	ПЛ=5	К=5	СВ=2
П ₁ =700	ПЛ=400	400	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	К=300	120	180	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П ₂ =6000	ПЛ=3000	0	0	-	3000	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	К=2000	0	0	0	800	1200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	СВ=1000	-	0	0	-	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П ₃ =10000	ПЛ=4500	3064		-	1002	392	0	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	К=4000	1600	2400	0	-	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	СВ=1500	-	876	432	-	-	-	174	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П ₄ =4000	ПЛ=4000	2524	1476	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-
П ₅ =5000	ПЛ=1500	1264	0	-	236	0	-	-	-	0	0	-	0	0	-	-	-	-
	К=3000	876	1800	0	0	324	-	-	-	0	0	0	0	0	0	-	-	-
	СВ=500	-	0	432	-	68	-	-	-	-	0	0	-	0	0	-	-	-
П ₆ =4000	ПЛ=3000	1800	1200	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	0	0	-
	К=1000	0	600	400	-	-	-	-	-	0	0	0	-	-	-	0	0	0

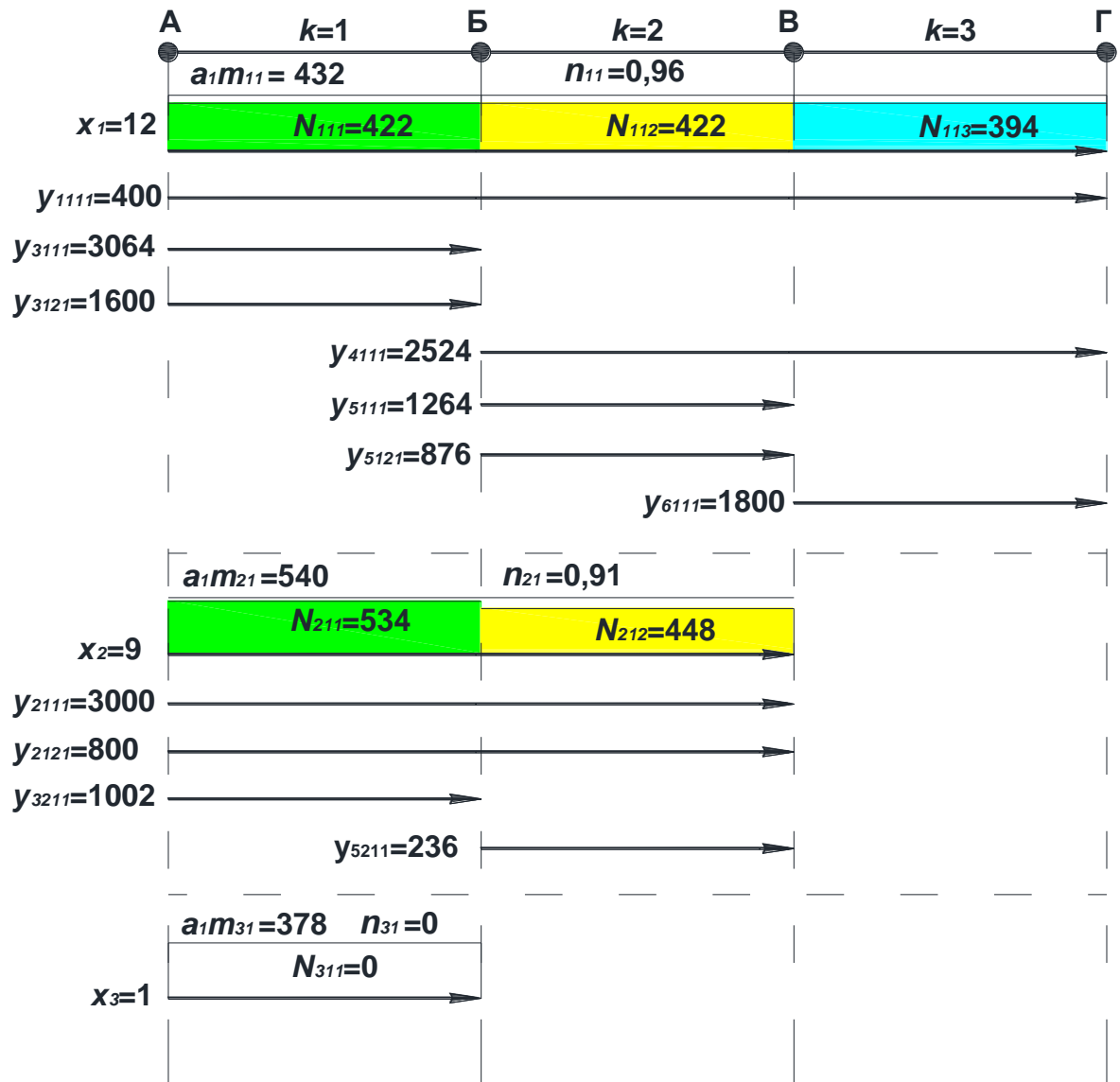


Рисунок. 2.7 – Диаграммы использования вместимости поездов по участкам для категории вагонов «Плацкарт».

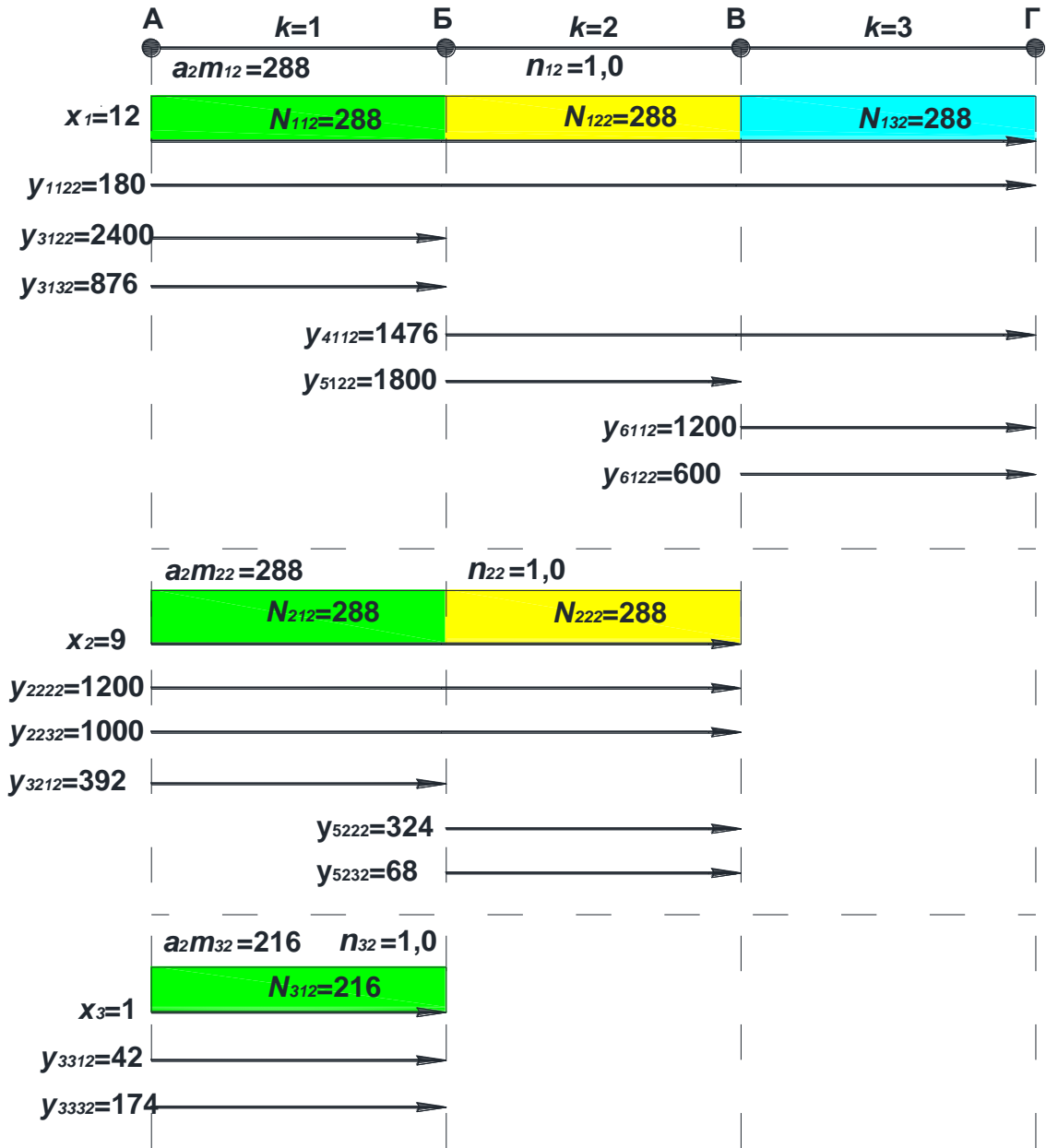


Рисунок 2.8 – Диаграммы изменения населенности поездов по участкам для категории вагонов «Купе».

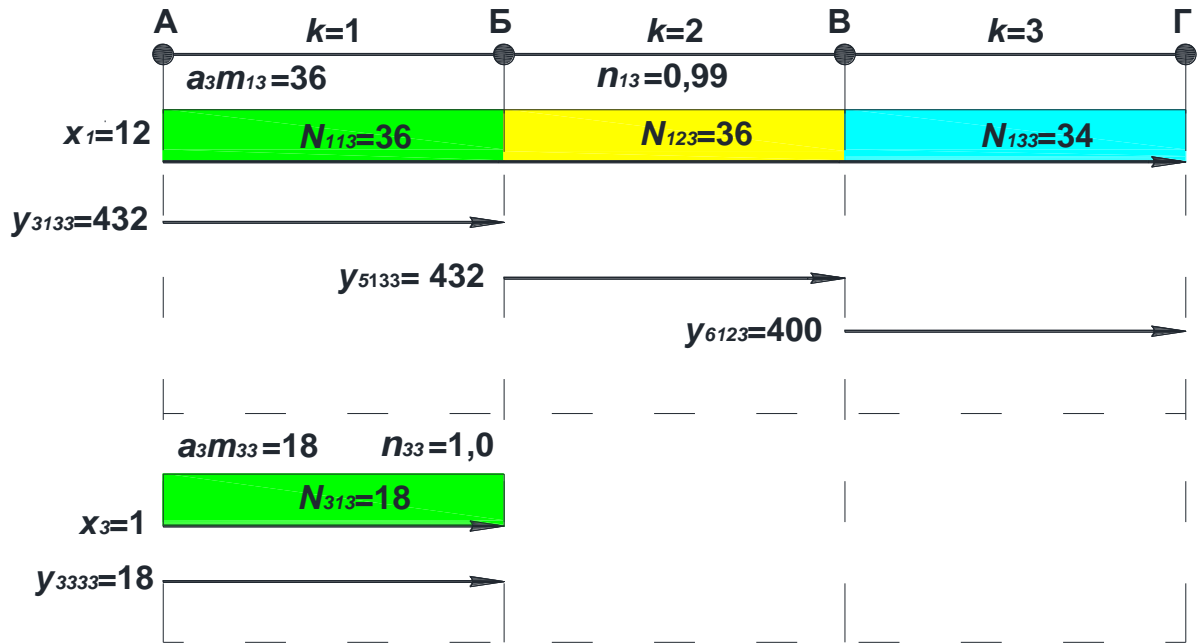


Рисунок 2.9 – Диаграммы изменения населенности поездов по участкам для категории вагонов «СВ».

При этом за счет динамического распределения пассажиропотоков по категориям мест можно увидеть, каким образом будет распределяться пассажиропоток при заданных схемах составов поездов. Это дает возможность при ограниченном парке подвижного состава сделать необходимые корректировки в схемах составов поездов и установить соответствие между спросом пассажиров на места в различных категориях вагонов и размерами движения поездов.

Данная задача позволяет как можно ближе подойти к реальным условиям при моделировании распределения пассажиропотоков по поездным назначениям, что является основной задачей при расчете плана формирования пассажирских поездов.

2.3.2. Математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов и определения схем их составов с учетом обеспечения беспересадочного сообщения пассажиропотоков сегментированных по типам мест.

При расчете плана формирования пассажирских поездов при сегментированных пассажиропотоках по категориям мест с фиксированными схемами составов поездов, населенность поездов может быть ниже допустимого уровня. Поэтому предлагается решить задачу расчета плана формирования пассажирских поездов при заданных схемах составов поездов. Данная задача будет иметь следующие условия:

- Условие освоения пассажиропотоков для каждого участка расчетной сети по смыслу остается прежним, но при этом меняется его структура:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{q=1}^Q \delta_{ijk} y_{ijql} \leq \delta_{jk} a_l v_{jl}; \quad \forall j, l, k \quad (2.21)$$

Где v_{jl} – число вагонов l -го типа j -го поездного назначения.

Так как для данной задачи схемы составов не задаются в качестве исходной информации, необходимо ввести условие определения схемы состава поезда, которое заключается в том, чтобы установить соответствие между максимально возможным количеством вагонов для определенного поездного назначения и общим количеством вагонов различных типов данного назначения:

$$(m_j^{max} - Q)x_j \geq \sum_{l=1}^Q v_{jl}; \quad \forall j \quad (2.22)$$

Где: m_j^{max} – максимальное число вагонов в составе поезда j -го назначения;

$(m_j^{max} - Q)$ – максимальное число вагонов в составе поезда с учетом погрешности округления числа вагонов до целого.

Схема состава поезда определяется после расчета плана формирования по формуле:

$$m_{jl} = \frac{v_{jl}}{x_j}; \quad \forall j; \forall l; m_{jl} \in Z \quad (2.23)$$

- Условие обеспечения беспересадочного сообщения пассажиров (2.14) и условие обеспечения спроса на места в вагонах разных типов (2.15) остаются прежними. Но при этом коэффициент, определяющий заданный уровень обеспечения спроса (ω_j) для данной задачи может варьироваться от 0,8 до 1. Это связано с тем, что схема состава поезда определяется исходя из структуры пассажиропотока и уменьшение данного коэффициента приведет к недостоверным результатам решения задачи.

- Критерием оптимальности для данной модели будет также максимальная прибыль перевозчика, но при этом эксплуатационные расходы будут делиться на две составляющие: поездную ($C_j x_j$) и вагонную ($c_{jl} v_{jl}$). Тогда целевая функция будет иметь вид:

$$F = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^Q \sum_{q=1}^Q D_{il} u_{ijql} - \sum_{j=1}^J C_j x_j - \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^Q c_{jl} v_{jl} \rightarrow \max; \quad (2.24)$$

где:

C_j – эксплуатационные затраты на поездную составляющую (оплата инфраструктуры, локомотива, работу локомотивных бригад, затраты на формирование и оборот поездов и т.д.) приходящиеся на введение в эксплуатацию 1-го поезд j -го назначения;

c_{jl} – эксплуатационные затраты на вагонную составляющую (оплата инфраструктуры, ремонт вагонов, заработная плата проводников и т.д.) приходящиеся на вагон l -го типа j -го назначения.

Пример 2.6. Необходимо определить оптимальное число и назначения пассажирских поездов и схемы их составов для условий и исходных данных примера 2.5. При этом максимальная длина состава принимается равной $m_j^{max}=20$ вагонов, количество категорий $Q=3$ (1 – Плацкарт, 2 – Купе, 3 – СВ), коэффициент, определяющий заданный уровень обеспечения спроса $\omega_j = \omega = 0,8$ затраты приходящиеся на поездную составляющую по

назначениям будут равны: $C_1 = 4500$; $C_2 = 3500$; $C_3 = 2000$; $C_4 = 3500$; $C_5 = 2000$; $C_6 = 2000$.

А затраты приходящиеся на вагонную составляющую составят:

$$c_{11} = c_{12} = c_{13} = 280; c_{21} = c_{22} = c_{23} = 200; c_{31} = c_{32} = c_{33} = 130;$$

$$c_{41} = c_{42} = c_{43} = 200; c_{51} = c_{52} = c_{53} = 130; c_{61} = c_{62} = c_{63} = 130.$$

Условие обеспечения беспересадочного сообщения пассажиров сохраняет свой вид из примера 2.5.

Условие обеспечения спроса на места в вагонах разных типов:

для плацкарта: $400 \cdot 0,8 \leq y_{1111}$; $3000 \cdot 0,8 \leq y_{2111} + y_{2211}$;

$$4500 \cdot 0,8 \leq y_{3111} + y_{3211} + y_{3311}; 4000 \cdot 0,8 \leq y_{4111} + y_{4411};$$

$$1500 \cdot 0,8 \leq y_{5111} + y_{5411} + y_{5511}; 3000 \cdot 0,8 \leq y_{6111} + y_{6411} + y_{6611};$$

для купе: $300 \cdot 0,8 \leq y_{1122}$; $2000 \cdot 0,8 \leq y_{2122} + y_{2222}$;

$$4000 \cdot 0,8 \leq y_{3122} + y_{3222} + y_{3322}; 3000 \cdot 0,8 \leq y_{5122} + y_{5422} + y_{5522};$$

$$1000 \cdot 0,8 \leq y_{6122} + y_{6422} + y_{6622};$$

для СВ: $1000 \cdot 0,8 \leq y_{2133}$; $1500 \cdot 0,8 \leq y_{3133} + y_{3333}$;

$$500 \cdot 0,8 \leq y_{5133} + y_{5433} + y_{5533};$$

Условие освоения пассажиропотоков для каждого участка расчетного полигона (2.21) будет следующим:

для категории вагонов плацкарт:

$$k = 1, j = 1: 54 \cdot v_{11} \geq y_{1111} + y_{2111} + y_{3111} + y_{1121} + y_{2121} + y_{3121};$$

$$k = 2, j = 1: 54 \cdot v_{11} \geq y_{1111} + y_{2111} + y_{4111} + y_{5111} + y_{1121} + y_{2121} + y_{5121};$$

$$k = 3, j = 1: 54 \cdot v_{11} \geq y_{1111} + y_{4111} + y_{6111} + y_{1121} + y_{6121}$$

$$k = 1, j = 2: 54 \cdot v_{21} \geq y_{2211} + y_{3211} + y_{2221} + y_{3221};$$

$$k = 2, j = 2: 54 \cdot v_{21} \geq y_{2211} + y_{5211} + y_{2221} + y_{5221};$$

$$k = 1, j = 3: 54 \cdot v_{31} \geq y_{3311} + y_{3321};$$

$$k = 2, j = 4: 54 \cdot v_{41} \geq y_{4411} + y_{5411} + y_{5421};$$

$$k = 3, j = 4: 54 \cdot v_{41} \geq y_{4411} + y_{6411} + y_{6421};$$

$$k = 2, j = 5: 54 \cdot v_{51} \geq y_{5511} + y_{5521};$$

$$k = 3, j = 6: 54 \cdot v_{61} \geq y_{6611} + y_{6621};$$

для категории вагонов купе:

$$k = 1, j = 1: 36 \cdot v_{12} \geq y_{1112} + y_{2112} + y_{3112} + y_{1122} + y_{2122} + y_{3122} + \\ + y_{2132} + y_{3132};$$

$$k = 2, j = 1: 36 \cdot v_{12} \geq y_{1112} + y_{2112} + y_{4112} + y_{5112} + y_{1122} + y_{2122} + \\ + y_{5122} + y_{2132} + y_{5132};$$

$$k = 3, j = 1: 36 \cdot v_{12} \geq y_{1112} + y_{4112} + y_{6112} + y_{1122} + y_{6122};$$

$$k = 1, j = 2: 36 \cdot v_{22} \geq y_{2212} + y_{3212} + y_{2222} + y_{3222} + y_{2232} + y_{3232};$$

$$k = 2, j = 2: 36 \cdot v_{22} \geq y_{2212} + y_{5212} + y_{2222} + y_{5222} + y_{2232} + y_{5232};$$

$$k = 1, j = 3: 36 \cdot v_{32} \geq y_{3312} + y_{3322} + y_{3332};$$

$$k = 2, j = 4: 36 \cdot v_{42} \geq y_{4412} + y_{5412} + y_{5422} + y_{5432};$$

$$k = 3, j = 4: 36 \cdot v_{42} \geq y_{4412} + y_{6412} + y_{6422};$$

$$k = 2, j = 5: 36 \cdot v_{52} \geq y_{5512} + y_{5522} + y_{5532};$$

$$k = 3, j = 6: 36 \cdot v_{62} \geq y_{6612} + y_{6622};$$

для категории вагонов СВ:

$$k = 1, j = 1: 18 \cdot v_{13} \geq y_{1123} + y_{2123} + y_{3123} + y_{2133} + y_{3133};$$

$$k = 2, j = 1: 18 \cdot v_{13} \geq y_{1123} + y_{2123} + y_{5123} + y_{2133} + y_{5133};$$

$$k = 3, j = 1: 18 \cdot v_{13} \geq y_{1123} + y_{6123};$$

$$k = 1, j = 3: 18 \cdot v_{33} \geq y_{3323} + y_{3333};$$

$$k = 2, j = 4: 18 \cdot v_{43} \geq y_{5423} + y_{5433};$$

$$k = 3, j = 4: 18 \cdot v_{43} \geq y_{6423};$$

$$k = 2, j = 5: 18 \cdot v_{53} \geq y_{5523} + y_{5533};$$

$$k = 3, j = 6: 18 \cdot v_{63} \geq y_{6623};$$

Условие определения схемы состава поезда:

$$17x_1 \geq v_{11} + v_{12} + v_{13}; 17x_2 \geq v_{21} + v_{22} + v_{23}; 17x_3 \geq v_{31} + v_{32} + v_{33};$$

$$17x_4 \geq v_{41} + v_{42} + v_{43}; 17x_5 \geq v_{51} + v_{52}; 17x_6 \geq v_{61} + v_{62} + v_{63};$$

При этом целевая функция составит:

$$\begin{aligned}
F = & 8(y_{1111} + y_{1121}) + 15(y_{1112} + y_{1122}) + 25y_{1123} + 6(y_{2111} + y_{2211} + y_{2121} \\
& + y_{2221}) + 11(y_{2112} + y_{2212} + y_{2122} + y_{2222} + y_{2132} + y_{2232}) + 20(y_{2123} + \\
& + y_{2133}) + 4(y_{3111} + y_{3211} + y_{3311} + y_{3121} + y_{3221} + y_{3321}) + 7(y_{3112} + y_{3212} + \\
& + y_{3312} + y_{3122} + y_{3222} + y_{3322} + y_{3132} + y_{3232} + y_{3332}) + 13(y_{3123} + y_{3323} \\
& + y_{3133} + y_{3333}) + 6(y_{4111} + y_{4411}) + 11(y_{4112} + y_{4412}) + 4(y_{5111} + y_{5211} \\
& + y_{5411} + y_{5511} + y_{5121} + y_{5221} + y_{5421} + y_{5521}) + 7(y_{5112} + y_{5212} + y_{5412} + \\
& + y_{5512} + y_{5122} + y_{5222} + y_{5422} + y_{5522} + y_{5132} + y_{5232} + y_{5432} + y_{5532}) + \\
& + 13(y_{5123} + y_{5423} + y_{5523} + y_{5133} + y_{5433} + y_{5533}) + 4(y_{6111} + y_{6411} + y_{6611} \\
& + y_{6121} + y_{6421} + y_{6621}) + 7(y_{6112} + y_{6412} + y_{6612} + y_{6122} + y_{6422} + y_{6622}) + \\
& + 13(y_{6123} + y_{6423} + y_{6623}) - 4500x_1 - 3000x_2 - 2000x_3 - 3000x_4 - \\
& - 2000x_5 - 2000x_6 - 280(v_{11} + v_{12} + v_{13}) - 200(v_{21} + v_{22} + v_{23}) - \\
& - 130(v_{31} + v_{32} + v_{33}) - 200(v_{41} + v_{42} + v_{43}) - 130(v_{51} + v_{52} + v_{53}) - \\
& - 130(v_{61} + v_{62} + v_{63}) \rightarrow \max;
\end{aligned}$$

Решим задачу, используя программный продукт LPsolve IDE 5.5.2.0. Результаты решения задачи приведены в табл. 2.8.

Прибыль от перевозки для данного примера составит $F = 18236$ усл. ед.

На рис. 2.10, 2.11 и 2.12 видно, что поезда по участкам и по типам вагонов заполнены равномерно на всем маршруте следования. Кроме этого, при сравнении полученных результатов примеров 2.5 и 2.6 (табл. 2.9) пассажиропотоки более равномерно распределяются во втором случае, о чем говорят коэффициенты использования вместимости. Это происходит из-за того что схемы составов поездов определяются, исходя из структуры пассажиропотока.

Расчет плана формирования пассажирских поездов и определение схем их составов, безусловно важен, так как в данном случае мы получаем схемы поездов наиболее близкие к спросу на перевозки, но при этом, не всегда возможно воспользоваться данной моделью. Во-первых, при расчете плана формирования на полигоне, где организовано пассажирское движение в

течение продолжительного периода времени, с годами уже сформировалось ядро графика, состоящее из поездов удобных для пассажиров и имеющих круглогодичное обращение, и схемы составов таких поездов кардинально менять нельзя, а во-вторых нельзя менять схемы составов для поездов, которые участвуют в общем обороте.

Применение данной модели будет эффективно при разработке плана формирования на новых полигонах, при внедрении новых категорий подвижного состава, а также комбинировано, где часть поездных назначений имеют определенную схемы составов, а у остальной части назначений схемы составов определяются при расчете.

Таблица 2.8.

Итоговая матрица распределения пассажиропотоков по назначениям для примера 2.6.

Поездные назначения Пассажиропотоки		$x_1 = 11$			$x_2 = 10$			$x_3 = 4$			$x_4 = 0$			$x_5 = 2$			$x_6 = 0$		
		ПЛ=11	К=6	СВ=1	ПЛ=2	К=12	СВ=4	ПЛ=0	К=15	СВ=3	ПЛ=0	К=0	СВ=0	ПЛ=2	К=16	СВ=0	ПЛ=0	К=0	СВ=0
П ₁ =700	ПЛ=400	320	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	К=300	0	300	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П ₂ =6000	ПЛ=3000	1628	0	-	872	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	К=2000	0	0	0	0	2000	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	СВ=1000	-	0	0	-	1000	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П ₃ =10000	ПЛ=4500	3872	0	-	0	0	-	0	628	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	К=4000	500	1359	0	0	684	0	0	1457	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	СВ=1500	-	503	139	-	0	677	-	0	181	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П ₄ =4000	ПЛ=4000	3500	500	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-
П ₅ =5000	ПЛ=1500	872	0	-	0	500	-	0	0	-	0	0	-	128	0	-	-	-	-
	К=3000	0	1361	0	0	184	316	0	0	0	0	0	0	0	1139	0	-	-	-
	СВ=500	-	0	139	-	0	361	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	-	-
П ₆ =4000	ПЛ=3000	2500	500	-	0	0	-	0	0	-	0	0	-	-	-	-	0	0	-
	К=1000	0	861	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0

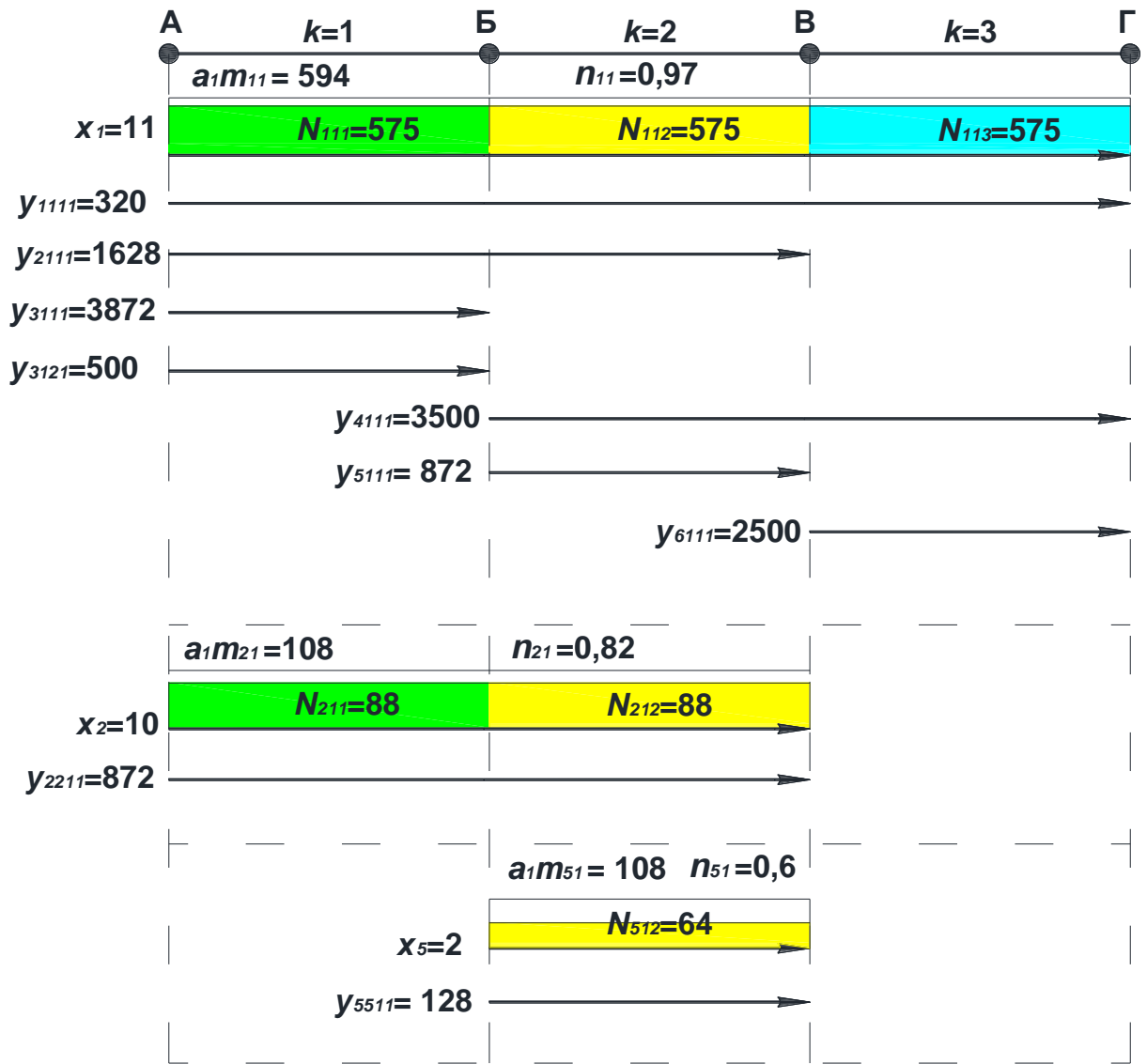


Рисунок 2.10 – Диаграммы использования вместимости поездов по участкам для типа вагонов «Плацкарт» для примера 2.6.

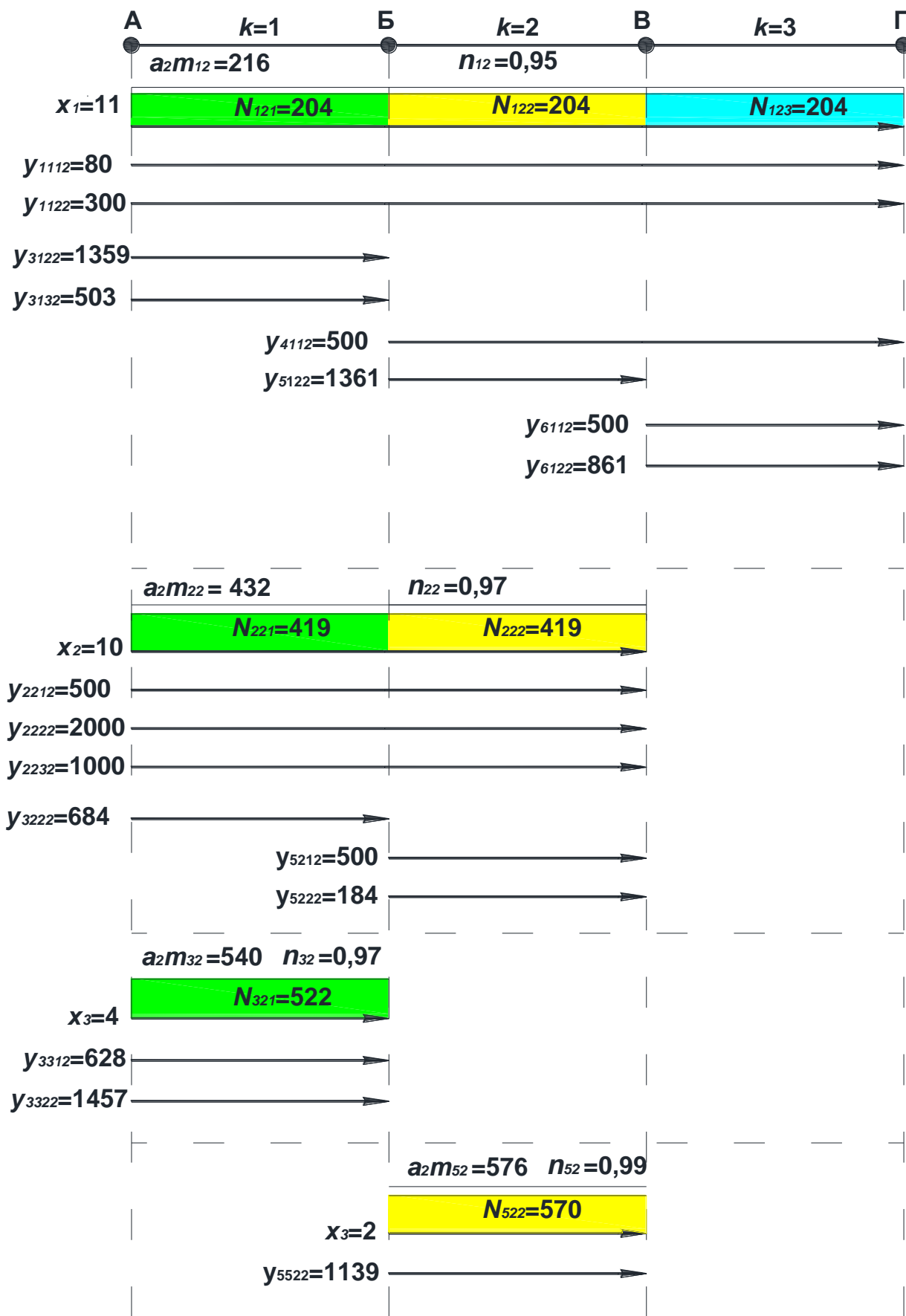


Рисунок 2.11 - Диаграммы использования вместимости поездов по участкам для типа вагонов «Купе» для примера 2.6.

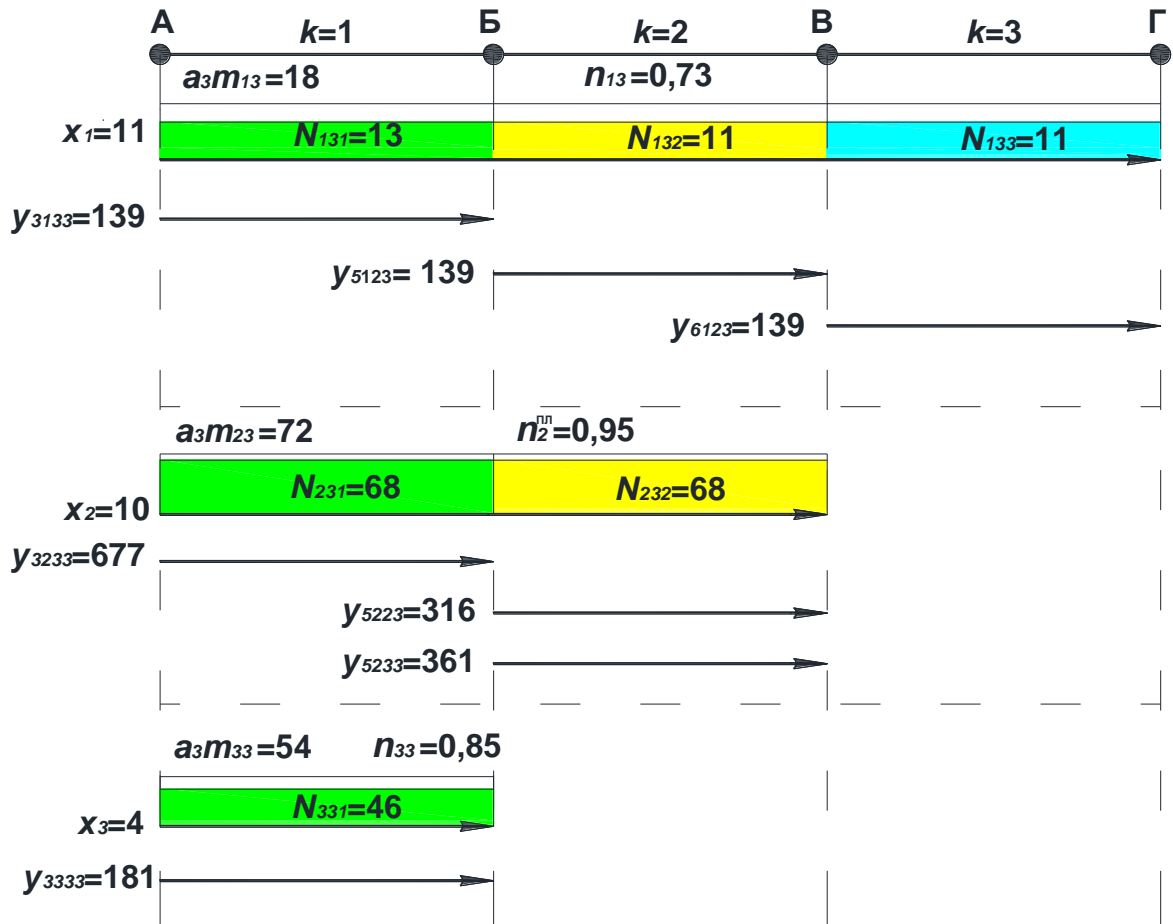


Рисунок 2.12 - Диаграммы использования вместимости поездов по участкам для типа вагонов «СВ» для примера 2.6.

Таблица 2.9

Назначение поездов	Пример 2.5					Пример 2.6				
	Число поездов	Схема состава			Коэф. исп. вмест-и (n_j)	Коэф. исп. Вмест-и (n_j)	Схема состава			Число поездов
		ПЛ	К	СВ			ПЛ	К	СВ	
x_1	12	8	8	2	0,97	0,95	11	6	1	11
x_2	9	10	8	0	0,94	0,94	2	12	4	10
x_3	1	7	6	1	0,38	0,95	0	15	3	4
x_4	0	8	7	1	-	-	0	0	0	0
x_5	0	5	5	2	-	0,92	2	16	0	2
x_6	0	5	5	2	-	-	0	0	0	0
Всего	22	-	-	-	0,93	0,95	-	-	-	27
Значение целевой функции						$F_{2.5} = 21406$				
						$F_{2.6} = 18236$				

2.4. Расчет плана формирования пассажирских поездов при колебаниях пассажиропотока во времени.

Структура планирования пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте делится следующим образом:

- долгосрочное планирование – представляет собой определение потребности в перевозочных средствах, инфраструктуре перевозок, контингенте работников на перспективу (от 2-5 до 5-7 лет) на основе долгосрочного прогноза пассажиропотоков с целью обеспечения возможности реализации следующих этапов планирования и управления качественно и экономически эффективно [Дисс. Никитин О. А. – стр.52-53];

- ежегодное планирование – представляет собой разработку (корректировку) плана формирования пассажирских поездов, расчет их схем обращения, периодичности и составности, а также определение потребности в перевозочных средствах, технических устройствах, оборудовании и материалах, контингенте работников на новый график на основе анализа и прогноза пассажиропотоков, комплексного анализа количественных и качественных показателей действующего графика [дис. Никитина О.А. стр. 54-55];

- оперативное планирование – представляет собой определение посуточной потребности в перевозочных средствах, оборудовании и материалах, контингенте работников на предстоящий краткосрочный период (от 1 до 60 суток) на основе оперативного прогноза пассажиропотоков и имеющегося в наличии технического обеспечения с целью достижения максимальной эффективности и качества пассажирских перевозок [16].

Важным вопросом ежегодного планирования при расчете плана формирования пассажирских поездов является период расчета ($T_{расч}$). Период расчета плана формирования пассажирских поездов – это период времени, за который производится расчет плана формирования: сутки, неделя, месяц и т.д. На сегодняшний день до сих пор нет однозначного ответа, какой период принимать при расчете плана формирования, а следовательно за какой

период брать исходные данные, то есть пассажиропотоки: за месяц максимальных перевозок, чтобы определить максимальные месячные размеры движения поездов, а потом для каждого поезда определять периодичность обращения, или наоборот за месяц минимальных перевозок, для того чтобы определить ядро графика, а уже в оперативном планировании определять необходимость дополнительных поездов, или брать среднесуточные пассажиропотоки, чтобы избежать получения таких результатов, как 1 поезд в месяц и т.д. Этот вопрос встает только потому, что задачу расчета плана формирования пассажирских поездов принято решать как статическую задачу, то есть при расчете не учитываются колебания пассажиропотоков в заданный период времени. Если задачу расчета плана формирования сформулировать как динамическую, то есть смоделировать ее с учетом колебания пассажиропотоков во времени, то пропадает острая проблема в определении периода расчета ($T_{\text{расч}}$) плана формирования.

Для решения поставленной задачи необходимо понять, возможно ли определить исходные данные, то есть пассажиропотоки, для расчета с достаточной долей достоверности. Если данную задачу использовать для решения оперативных задач, то определение суточных пассажиропотоков возможно с высокой долей вероятности, но если данную задачу решать для ежегодного планирования, то определение суточных пассажиропотоков весьма сложная задача. Ученые ВНИИЖТ в работах [31, 32] доказали, что пассажиропотоки имеют суточную неравномерность по дням недели, которая для каждого региона имеет свою динамику и закономерность, что дает возможность определить коэффициенты отклонения от среднесуточного пассажиропотока для каждого дня недели. Опираясь на данное исследование, временную задачу расчета плана формирования пассажирских поездов можно применять как в оперативном планировании, так и в ежегодном. Но при этом, если при оперативном планировании учитывается только суточная неравномерность структуры пассажиропотока, то при ежегодном планировании необходимо также учитывать и сезонную (месячную).

В связи с вышеизложенным, необходимо разработать такую модель расчета плана формирования пассажирских поездов, которая сможет учитывать колебания пассажиропотоков по дням недели, а также в прямом и обратном направлениях.

Методика расчета плана формирования пассажирских поездов при колебаниях пассажиропотока во времени может быть основана на математических моделях, представленных в данной главе. Для примера разберем, как будет выглядеть данная задача на основе модели (2.1) – (2.3).

Так как все рассмотренные задачи в качестве исходной информации использовали статическую информацию, то есть изменение пассажиропотоков во времени не предполагалось, необходимо ввести дополнительный индекс (t), который и будет показывать, как меняется пассажиропоток во времени. При этом, пассажиропотоки и поездные назначения в прямом и обратном направлениях будут иметь сквозную нумерацию. Это делается для того, чтобы не увеличивать количество индексов у переменных. Тогда условие беспересадочного сообщения пассажиров (2.1) и (2.2) будут иметь вид:

$$P_{it} = \sum_{j=1}^J \delta_{ij} y_{ijt}; \quad \forall i; \forall t; \quad (2.25)$$

$$\delta_{ik} a_j x_{jt} \geq \sum_{i=1}^I \delta_{ijk} y_{ijt}; \quad \forall j; \forall k; \forall t; \quad (2.26)$$

где: P_{it} – величина i -ой корреспонденции пассажиропотока в период времени t (чел.);

y_{ijt} – количество пассажиров i -ой корреспонденции пассажиропотока следующих в поезде j -го назначения в период времени t (чел.);

x_{jt} – количество поездов j -го назначения в период времени t .

Условие стационарности, то есть условие равенства числа прибывающих и отправляющихся поездов для каждой станции за

рассматриваемый промежуток времени, при этом уравниваться могут только поезда с одинаковыми схемами составов будет иметь вид:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \delta_{jsg}^{\text{отпр}} x_{jt} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \delta_{jsg}^{\text{приб}} x_{jt}; \quad \forall g; \quad (2.27)$$

где: T – общее количество дней в рассматриваемом периоде;

$$\delta_{js}^{\text{отпр}} = \begin{cases} 1, & \text{если поезд } j \text{ – го назначения } g \text{ – ой составности} \\ & \text{отправляется с } s \text{ – ой станции;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$\delta_{js}^{\text{приб}} = \begin{cases} 1, & \text{если поезд } j \text{ – го назначения } g \text{ – ой составности} \\ & \text{прибывает на } s \text{ – ую станцию;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Ограничение по пропускной способности участков и по перерабатывающей способности станций будут иметь вид:

$$N_k^{\text{уч}} \geq \sum_{j=1}^J \delta_{jk} x_{jt}; \quad \forall k; \quad \forall t; \quad (2.28)$$

$$N_s^{\text{ст}} \geq \sum_{j=1}^J \delta_{jsg}^{\text{отпр}} x_{jt}; \quad \forall s; \quad \forall t; \quad (2.29)$$

где: $N_k^{\text{уч}}$ – суточная пропускная способность k -го участка в прямом и обратном направлениях;

$N_s^{\text{ст}}$ – суточная пропускная способность s -ой станции.

Для выполнения ограничения по наличному парку вагонов необходимо знать количество составов в обороте, которое равняется времени оборота состава, деленное на период обращения поезда:

$$K_{\text{сост}} = \frac{2 T_{\text{пути}} + T_{\text{форм}} + T_{\text{об}}}{T_{\Pi}} \quad (2.30)$$

где: $2 T_{\text{пути}}$ – время в пути следования в прямом и обратном направлениях, час.;

$T_{\text{форм}}, T_{\text{об}}$ – время стоянки под технологическими операциями на станции формирования и оборота соответственно, час.;

$T_{\text{п}}$ – период обращения поезда (время между отправлениями поезда со станции формирования), час.

При этом период обращения поезда ($T_{\text{п}}$) можно найти, как частное между периодом расчета плана формирования пассажирских поездов ($T_{\text{расч}}$ – период времени, за который производится расчет плана формирования; сутки, неделя, месяц и т.д.) и общим количеством поездов данного назначения. Тогда для данной задачи период обращения поезда можно найти по формуле:

$$T_{\text{п}j} = 24 \frac{T_{\text{расч}}}{\sum_{t=1}^T x_{jt}}; \quad \forall j; \quad (2.31)$$

Так как для данной задачи предусматривается возможность неравных размеров движения по дням недели и сквозная индексация поездных назначений в прямом и обратном направлениях, то для каждого поездного назначения время в пути следования будет учитываться только в одну сторону, а время нахождения под технологическими операциями ($T_{\text{форм}} + T_{\text{об}}$), как среднее арифметическое между двумя величинами. Тогда формула (2.30) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} K_{\text{сост}j} &= \sum_{t=1}^T x_{jt} \frac{T_{\text{пути}j} + \frac{T_{\text{форм}j} + T_{\text{об}j}}{2}}{24T_{\text{расч}}} = \\ &= \sum_{t=1}^T x_{jt} \frac{2T_{\text{пути}j} + T_{\text{форм}j} + T_{\text{об}j}}{12T_{\text{расч}}}; \quad \forall j; \end{aligned} \quad (2.32)$$

Ограничение по наличному парку вагонов различных типов имеет вид:

$$N_l^{\text{ваг}} \geq \sum_{j=1}^J m_{jl} K_{\text{сост}j}; \quad \forall l; \quad (2.33)$$

где: $N_l^{\text{ваг}}$ – наличный парк вагонов l -го типа.

Исходя из формулы (2.32) ограничение по наличному парку вагонов различных типов будет иметь вид:

$$N_l^{\text{ваг}} \geq \sum_{j=1}^J m_{jl} \sum_{t=1}^T x_{jt} \frac{2T_{\text{пути}j} + T_{\text{форм}j} + T_{\text{об}j}}{12T_{\text{расч}}}; \quad \forall l; \quad (2.34)$$

Для данной задачи целевая функция (2.3) будет иметь вид:

$$F = \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T E_j x_{jt} \rightarrow \min \quad (2.35)$$

Пример 2.7. Исходные данные: величины среднесуточных корреспонденций пассажиропотоков (Π_i), вместимости поездов (a_j) и стоимостные оценки поездов (E_j) представлены на рис. 2.13. Необходимо рассчитать размеры движения, учитывая суточную неравномерность за 3 дня. Коэффициенты суточной неравномерности по дням (ε_t), будут равны: $\varepsilon_1 = 1.5$; $\varepsilon_2 = 0,5$; $\varepsilon_3 = 1,0$. Суточные пропускные способности участков для будут равны: $N_1^{yc} = 7$; $N_2^{yc} = 10$; $N_3^{yc} = 16$. Суточные пропускные способности станций будут равны: $N_1^{ct} = 8$; $N_2^{ct} = 7$; $N_3^{ct} = 12$.

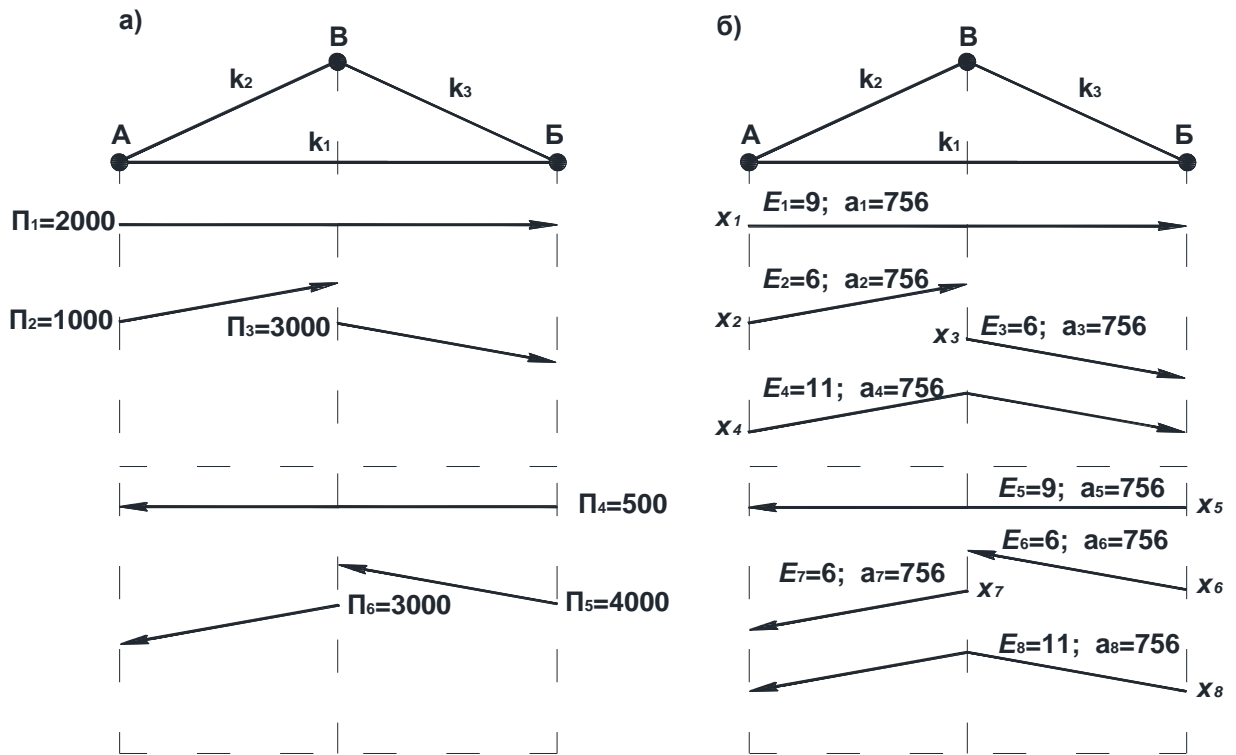


Рис. 2.13.

Условие беспересадочного сообщения пассажиров на первые сутки будет иметь вид:

в прямом направлении: $\Pi_{11} = \varepsilon_1 \Pi_1 = 1,5 \cdot 2000 = y_{111} + y_{141}$;
 $\Pi_{21} = \varepsilon_1 \Pi_2 = 1,5 \cdot 1000 = y_{221} + y_{241}$;

$$П_{31} = \varepsilon_1 П_3 = 1,5 \cdot 3000 = y_{331} + y_{341};$$

в обратном направлении: $П_{41} = \varepsilon_1 П_4 = 1,5 \cdot 500 = y_{451} + y_{481};$

$$П_{51} = \varepsilon_1 П_5 = 1,5 \cdot 4000 = y_{561} + y_{581};$$

$$П_{61} = \varepsilon_1 П_6 = 1,5 \cdot 3000 = y_{671} + y_{681};$$

Условие освоения пассажиропотоков на первые сутки будет следующим:

в прямом направлении: $j = 1; k = 1: 756 x_{11} \geq y_{111};$

$$j = 2, k = 2: 756 x_{21} \geq y_{221};$$

$$j = 3, k = 3: 756 x_{31} \geq y_{331};$$

$$j = 4, k = 2: 756 x_{41} \geq y_{141} + y_{241};$$

$$j = 4, k = 3: 756 x_{41} \geq y_{141} + y_{341};$$

в обратном направлении: $j = 5, k = 1: 756 x_{51} \geq y_{451};$

$$j = 6, k = 3: 756 x_{61} \geq y_{561};$$

$$j = 7, k = 2: 756 x_{71} \geq y_{671};$$

$$j = 8, k = 3: 756 x_{81} \geq y_{481} + y_{581};$$

$$j = 8, k = 2: 756 x_{81} \geq y_{481} + y_{681};$$

Условие беспересадочного сообщения пассажиров и условие освоение пассажиропотоков на вторые ($t=2$) и третьи сутки ($t=3$) будут идентичными, но при этом пассажиропотоки будут изменяться в соответствии с коэффициентами суточной неравномерности (ε_t).

Условие стационарности будет иметь вид:

для станции «А»: $x_{11} + x_{21} + x_{41} + x_{12} + x_{22} + x_{42} + x_{13} + x_{23} + x_{43} =$
 $= x_{51} + x_{71} + x_{81} + x_{52} + x_{72} + x_{82} + x_{53} + x_{73} + x_{83};$

для станции «Б»: $x_{31} + x_{71} + x_{32} + x_{72} + x_{33} + x_{73} = x_{21} + x_{61} + x_{22} +$
 $+ x_{62} + x_{23} + x_{63};$

для станции «В»: $x_{51} + x_{61} + x_{81} + x_{52} + x_{62} + x_{82} + x_{53} + x_{63} + x_{83} =$
 $= x_{11} + x_{31} + x_{41} + x_{12} + x_{32} + x_{42} + x_{13} + x_{33} + x_{43};$

Условие по перерабатывающей способности участков:

При этом целевая функция составит:

$$F = 9(x_{11} + x_{12} + x_{13}) + 6(x_{21} + x_{22} + x_{23}) + 6(x_{31} + x_{32} + x_{33}) + \\ + 11(x_{41} + x_{42} + x_{43}) + 9(x_{51} + x_{52} + x_{53}) + 6(x_{61} + x_{62} + x_{63}) + \\ + 6(x_{71} + x_{72} + x_{73}) + 11(x_{81} + x_{82} + x_{83}) \rightarrow \min;$$

Результаты расчета приведены в табл. 2.13.

Таблица 2.13.

Посуточное распределение поездопотоков для примера 2.7.

Сутки (t)	Поездные назначения							
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
$t = 1$	4	0	3	3	2	3	0	6
$t = 2$	2	0	1	1	0	1	0	2
$t = 3$	3	0	2	2	1	2	0	4

Как видно из результатов размеры движения посуточно, а также в прямом и обратном направлениях, распределились неравномерно. Этот пример показывает, что данная модель позволяет распределить поездопотоки таким образом, чтобы вместимость поездов использовалась максимально эффективно при неравных пассажиропотоках в прямом и обратном направлении. Уход от парного движения позволяет более рационально использовать подвижной состав, снизить пробег свободных мест, а также сократить потребный парк пассажирских вагонов.

При постановки временной задачи расчета плана формирования пассажирских поездов спектр решаемых задач существенно расширяется: во-первых, размеры движения поездов определяются в зависимости от изменения пассажиропотока в единицу времени, что позволяет смоделировать распределение пассажиропотоков, что приведет к повышению качественных показателей использования подвижного состава; во-вторых, появляется возможность оптимизации вагонного парка по сети за счет более рационального использования подвижного состава; в-третьих, решается задача распределения резервного парка вагонов по сети с точки зрения сокращения порожнего пробега резервных вагонов к станциям формирования дополнительных поездов в пиковые периоды.

2.5. Комплексная методика расчета плана формирования пассажирских поездов.

Разработанные в данной главе экономико-математические модели для оптимизации плана формирования пассажирских поездов позволяют производить расчеты для различных условий. Их применение возможно как самостоятельно друг от друга, так и совместно. Это становится возможным за счет того, что все представленные методы в качестве исходной информации используют корреспонденции пассажиропотоков. Их объединение и разработка комплексной методики расчета плана формирования позволит адаптировать расчет к различным условиям, что является основным требованием для получения достоверных результатов.

Комплексная методика расчета плана формирования пассажирских поездов представлена в виде алгоритма, который позволяет выбрать необходимый набор ограничений для конкретного пассажиропотока и поездного назначения в зависимости от заданных условий. Алгоритм разбит на несколько частей. На рис. 2.15 представлена I-ая часть алгоритма, которая отвечает за ввод исходной информации (блок №1) и выполняет сравнение пассажиропотоков с заданным уровнем беспересадочного сообщения (блоки №2, 3). В случае, если величина пассажиропотока меньше заданного уровня, то необходимо произвести проверку, имеются ли на расчетном полигоне станции, на которых предусматривается пересадка пассажиров (блоки №4, 5). Если нет, то формируется условие (2.6) по освоению густот пассажиропотоков (блок №6). В случае, если на полигоне предусмотрены ТПУ или для конкретных пассажиропотоков необходимо предусмотреть станцию пересадки, то формируются условия по определению их маршрута следования с пересадкой на конкретной станции (блоки № 7-9).

Исходная информация для расчета плана формирования пассажирских поездов состоит из следующих компонентов:

пассажирских поездов могут использоваться, как сегментированные по типу мест, так и несегментированные пассажиропотоки, так как расчет может производиться для разных условий и категорий поездов. Поэтому необходимо ввести матрицу инцидентий ($segment_i$), которая будет равна:

$$segment_i = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{ый пассажиропоток сегментирован по типу мест;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

- если $segment_i = 1$, то необходимо также задать коэффициент, определяющий заданный уровень обеспечения спроса – ω_i ;

- уровень беспересадочного сообщения – U . Если для пассажиропотока, который меньше заданного уровня необходимо предусмотреть определенную станцию пересадки, то необходимо ввести матрицу инцидентий:

$$peresadka_{is} = \begin{cases} 1, & \text{если } i - \text{ый пассажиропоток делает пересадку на } s - \text{ой} \\ & \text{станции;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

- массив поездных назначений – x_j , который содержит информацию о станциях отправления и назначения поездов данного назначения, а также их маршруте следования;

- массив схем составов поездных назначений - m_{jl} , который содержит информацию о количестве вагонов l -го типа в составе поезда j -го назначения. По условиям задачи, схема состава поезда может быть задана как в виде исходной информации, так и определяться при расчете плана формирования, поэтому необходимо ввести матрицу инцидентий ($sostav_j$), которая будет равна:

$$sostav_j = \begin{cases} 1, & \text{если схема состава поезда } j - \text{го назначения вводится в виде} \\ & \text{исходной информации;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

- если схема состава поезда j -го назначения не задается в качестве исходной информации, то для данного назначения необходимо указать максимальное число вагонов в составе поезда – m_j^{max} ;

- вместимости различных типов вагонов - a_i ;

- коэффициент колебания пассажиропотока по дням недели - μ_t .

Во II-ой части алгоритма (рис. 2.16) формируется условие по освоению пассажиропотоков.

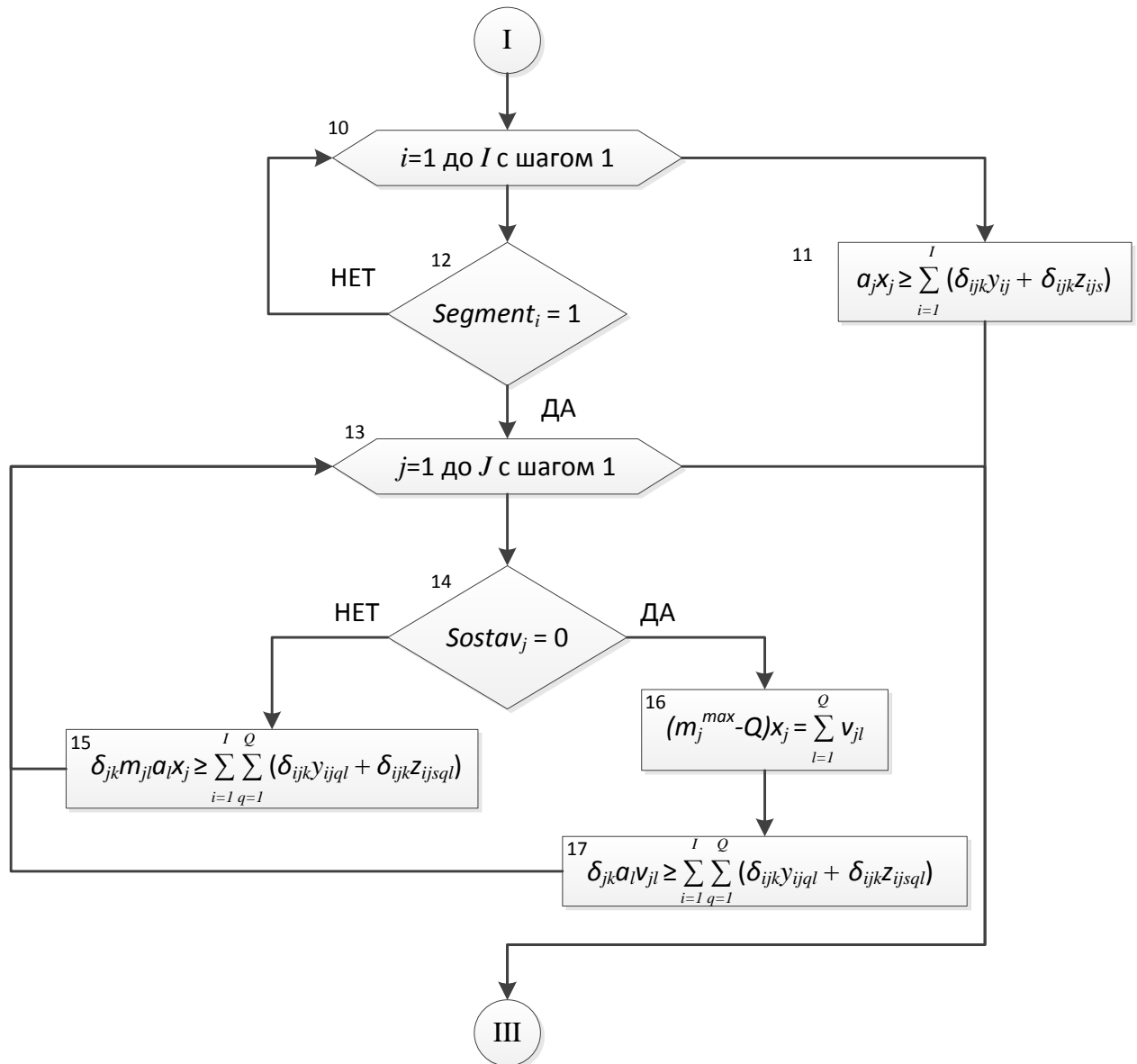


Рисунок 2.16 – II-ая часть алгоритма расчета плана формирования пассажирских поездов для различных условий.

Для формирования условия по освоению пассажиропотоков, в-первую очередь необходимо определить, сегментированные и несегментированные пассажиропотоки. Если все пассажиропотоки несегментированные, то выполняется условие (2.13) по освоению несегментированных пассажиропотоков с учетом пересадочных групп пассажиров (блок №11). Если все пассажиропотоки сегментированные или присутствуют и те и другие, то условие освоения пассажиропотоков необходимо выполнять для

всех пассажиропотоков, как для сегментированных. В этом случае несегментированным пассажиропотокам присваивается один из типов мест, а диапазон изменения заданного типа места, задается как максимально возможный. После проверки пассажиропотоков, производится выбор условий для поездных назначений (блоки №13, 14). Для поездных назначений с фиксированными схемами составов выполняется условие (2.17) с учетом пересадочных групп пассажиров (блок №15), для поездных назначений с незадаанными схемами составов выполняется условия (2.21) и (2.22), при этом в условие (2.21) добавляются пересадочные группы пассажиров (блоки №16, 17).

В III-ей части алгоритма формируется условие по беспересадочному следованию пассажиров (рис. 2.17).

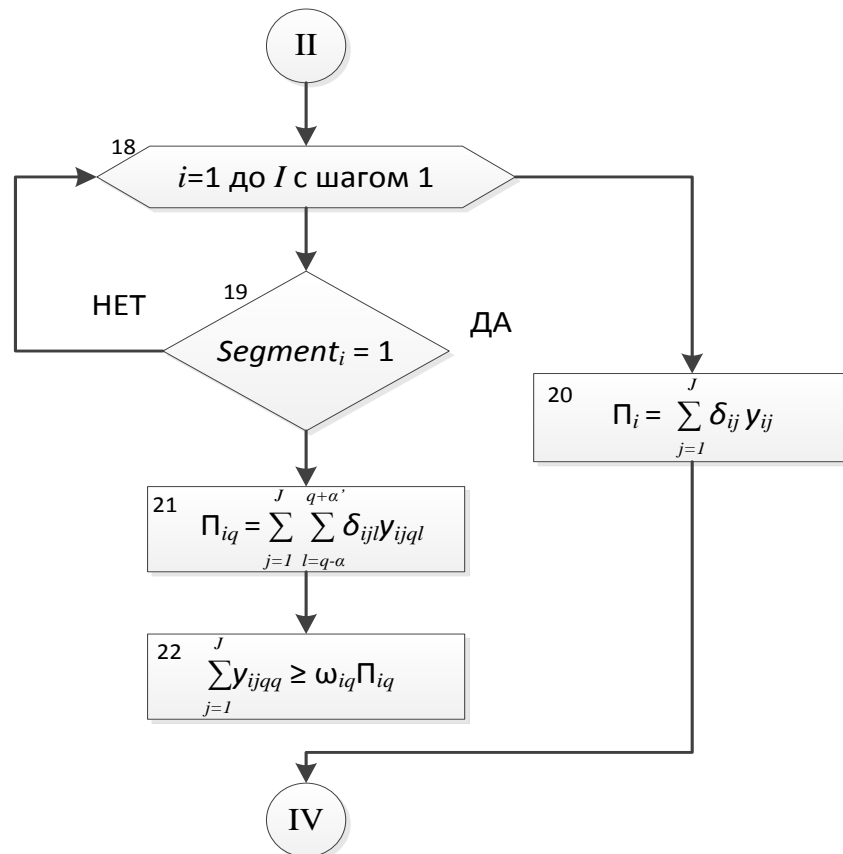


Рисунок 2.17 - III-я часть алгоритма расчета плана формирования пассажирских поездов для различных условий.

Идентично II-ой части, вначале производится проверка на сегментирование пассажиропотоков (блоки №18, 19). Для

несегментированных пассажиропотоков выполняется условие (2.1) (блок №20), для сегментированных пассажиропотоков выполняются условие беспересадочного сообщения (2.14) и условие обеспечения спроса на места в вагонах разных типов (2.15) (блоки №21, 22).

В IV-ой части алгоритма вводится условие стационарности, а также условия по пропускным способностям участков и станций, и по наличному парку вагонов.

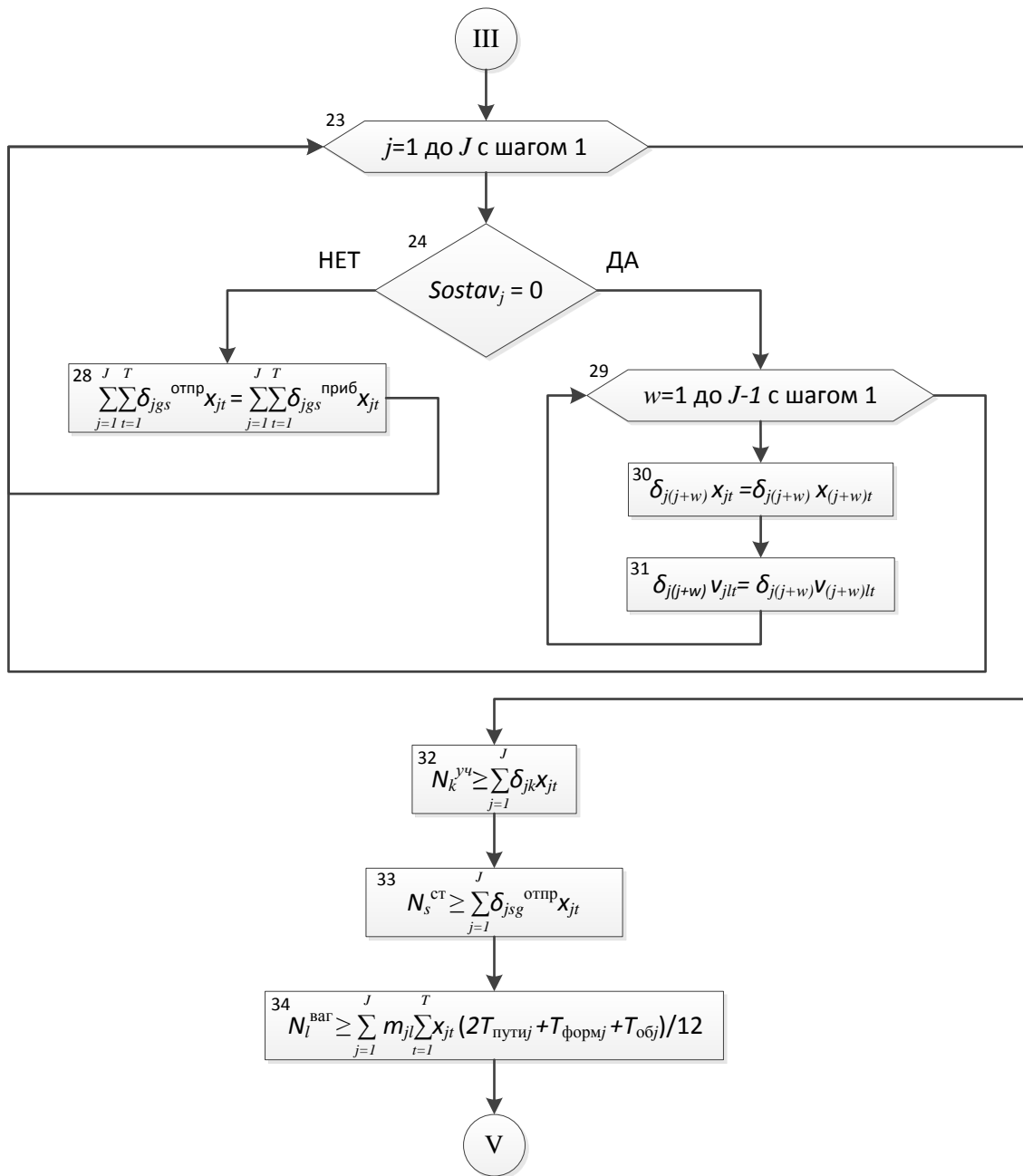


Рисунок 2.18 – IV-ая часть алгоритма расчета плана формирования пассажирских поездов для различных условий.

Для выполнения условия стационарности, необходимо чтобы поезда участвующие в едином обороте имели одинаковую схему состава, поэтому вначале производится проверка схем составов (блоки №23, 24). Если схема состава поездного назначения фиксирована, то выполняется условие (2.27), если же схема состава не задана, то количество поездов одного назначения в прямом и обратном сообщении и в разные сутки должно быть равно между собой (блоки №30, 31). После этого выполняются условия общие для всех поездных назначений и пассажиропотоков: условие по пропускной способности участков, условие по пропускной способности станций и условие по наличному парку вагонов (блоки №32, 33, 34).

В V-ой части алгоритма формируется целевая функция (рис 2.19).

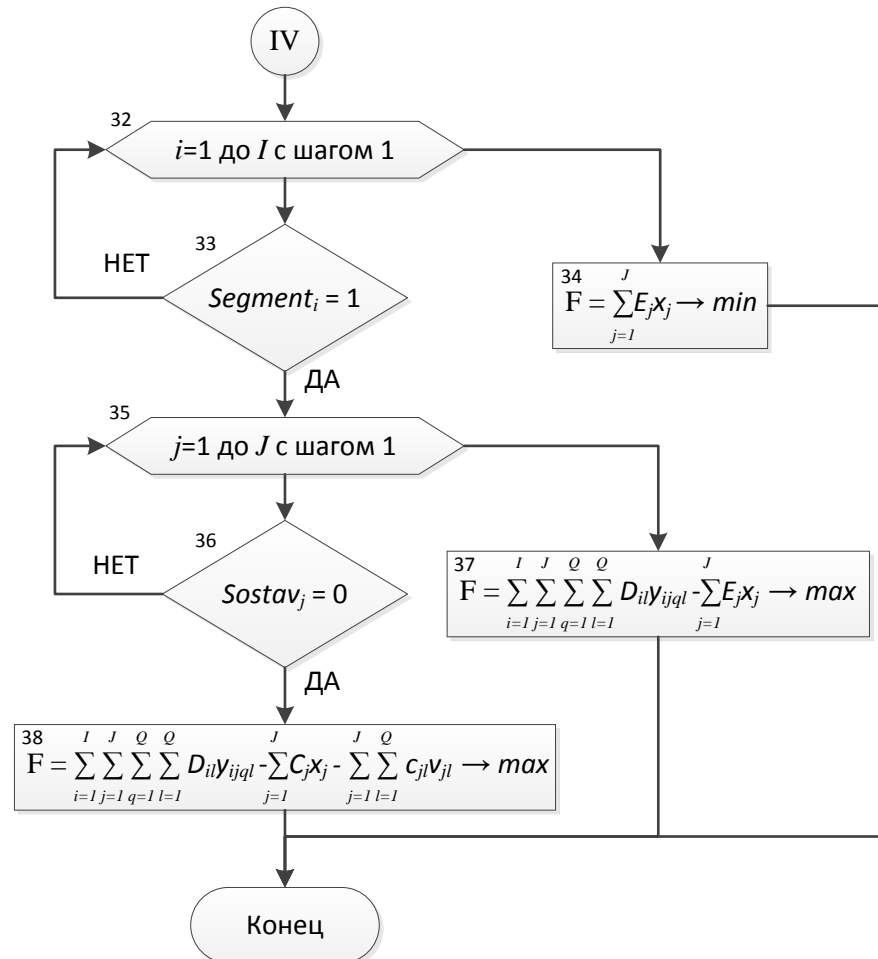


Рисунок 2.19 – V-ая часть алгоритма расчета плана формирования пассажирских поездов для различных условий.

Выбор целевой функции также зависит от вида пассажиропотока (сегментированный или не сегментированный) и от того, задана ли схемы

состава поезда или нет. Если пассажиропоток не сегментирован по типам мест (блоки №32, 33), то целевая функция будет иметь вид по формуле (2.3) (блок №34), если же пассажиропотоки сегментированы, то выполняется проверка на схему состава поезда (блоки №35, 36). Если схема состава фиксирована, то целевая функция будет вычисляться по формуле (2.18) (блок № 37). В случае, если в задаче присутствует поездные назначения с незадаанными схемами составов, то целевая функция определяется по формуле (2.24) (блок №38).

Данный алгоритм позволяет адаптировать задачу расчета плана формирования пассажирских поездов к различным условиям, что является основной целью для достижения результатов расчета, максимально приближенных к реальным условиям.

2.6. Методика определения стоимостных оценок пассажирских поездов.

Критерием оптимальности при расчете плана формирования пассажирских поездов, в данной работе, является экономический фактор, то есть либо минимизация эксплуатационных затрат, либо прибыль пассажирской компании от перевозок пассажиров.

Затраты перевозчика состоят из прямых затрат, связанных с эксплуатацией, содержанием и ремонтом пассажирских вагонов, затрат по продаже билетов (затрат по вагонной составляющей), и расходов в части локомотивной и инфраструктурной составляющих в виде плат по договору аренды локомотивов и за услуги ОАО «РЖД» по предоставлению инфраструктуры.

Расходы, относимые на введение в эксплуатацию одного поезд определенного назначения, могут быть представлены как сумма затрат, приходящаяся на поездную составляющую (C_j) и вагонную ($c_{jl}m_{jl}$):

$$E_j = C_j + c_{jl}m_{jl}; \quad (2.36)$$

При этом к расходам на поездную составляющую можно отнести затраты на инфраструктурную составляющую, зависящие от поезд-

километров, и локомотивную составляющую, зависящую от времени нахождения состава в пути следования:

$$C_j = I_{1j} \cdot k_{\text{инд}}^{\text{тар}} + C_{\text{лок}}; \quad (2.37)$$

где: I_{1j} – базовая тарифная ставка [62] в расчете за 1 поезд j -го назначения на всем пути следования по поясам дальности, в зависимости от типа тяги и категории поезда;

$k_{\text{инд}}^{\text{тар}}$ – коэффициент индексации тарифов, действующий на расчетный период;

$C_{\text{лок}}$ – локомотивная составляющая.

Расходные ставки в части локомотивной составляющей рассчитываются на основе платежей, которые производятся по Договору аренды пассажирских локомотивов с экипажем (локомотивными бригадами) в пассажирском движении, заключенного между ОАО «ФПК» и ОАО «РЖД» (далее - Договор аренды локомотивов). Данный Договор аренды включает следующие виды плат за:

- аренду локомотивов;
- услуги по управлению арендованными локомотивами локомотивными бригадами Арендодателя;
- услуги по обеспечению переданных в аренду локомотивов дизельным топливом;
- услугу по отоплению пассажирских вагонов в пути следования на электрической тяге.

$$C_{\text{лок}} = C_{\text{лок-ч}}^{\text{пост-т}} + C_{\text{лок-ч}}^{\text{пер-т}} + C_{\text{лок-ч}}^{\text{тепл}}; \quad (2.38)$$

Стоимость аренды электровозов на постоянном и на переменном токе, а так же стоимость аренды тепловозов на участках рассчитывается по формулам:

$$C_{\text{лок-ч}}^{\text{пост-т}} = \sum N * t^{\text{пост-т}} * (e_{\text{лок-ч}}^{\text{пост-т}} + e_{\text{бриг-ч}}^{\text{пост-т}}) + C_{\text{эл}}^{\text{пост-т}}; \quad (2.39)$$

$$C_{\text{лок-ч}}^{\text{пер-т}} = \sum N * t^{\text{пер-т}} * (e_{\text{лок-ч}}^{\text{пер-т}} + e_{\text{бриг-ч}}^{\text{пер-т}}) + C_{\text{эл}}^{\text{пер-т}}; \quad (2.40)$$

$$C_{\text{лок-ч}}^{\text{тепл}} = \sum N * t^{\text{тепл}} * (e_{\text{лок-ч}}^{\text{тепл}} + e_{\text{бриг-ч}}^{\text{тепл}}) + C_{\text{диз}}; \quad (2.41)$$

Стоимость требуемого количества электроэнергии и дизельного топлива рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{эл}}^{\text{пост-т пер}} = \sum Q_{\text{бр}} S_{\text{пер}}^{\text{пост-т}} * \frac{\rho_{\text{эл}}}{10000} * e_{\text{эл}}; \quad (2.42)$$

$$C_{\text{диз}} = \sum Q_{\text{бр}} S^{\text{тепл}} * \frac{\rho_{\text{диз}}}{10000} * e_{\text{диз}}; \quad (2.43)$$

Т-км бр для поездов на локомотивной тяги рассчитывается по формуле:

$$\sum Q_{\text{бр}} S_{\text{пер}}^{\text{пост-т/тепл}} = (\sum n * m + \sum N * M) * s_{\text{пер}}^{\text{пост-т/тепл}}; \quad (2.44)$$

где: $t_{\text{пер}}^{\text{пост-т/тепл}}$ – время в пути следования по участку с соответствующим родом тяги (электрическая на постоянном или переменном токе или тепловозная), ч;

$s_{\text{пер}}^{\text{пост-т/тепл}}$ – длина участка с соответствующим родом тяги, км;

$e_{\text{лок-ч}}^{\text{пост-т/тепл}}$ – расчетная ставка локомотивов соответствующего рода тяги (электрическая на постоянном или переменном токе или тепловозная), руб;

$e_{\text{бриг-ч}}^{\text{пост-т/тепл}}$ – расчетная ставка локомотивных бригад тяговой единицы соответствующего рода тяги (электрическая на постоянном или переменном токе или тепловозная), руб;

$e_{\text{эл/диз}}$ – стоимость 1 кВт-ч электроэнергии или 1 кг дизельного топлива, руб;

$\rho_{\text{эл/диз}}$ – норма расхода на 10.000 т-км бр электроэнергии или дизельного топлива, кВт-ч / кг;

m – средняя масса одного пассажирского вагона, т;

M – средняя масса тяговой подвижной единицы, т.

Расходные ставки и нормы расходов локомотивов в качестве примера приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14

Расходные ставки и нормы расходов локомотивов

Локомотив	ЭП2К	ЭП1М	ТЭП-70	ЭД4МК
локомотиво-ч (поездо-ч), руб	992,17	1 088,58	1 320,17	2 667,95
Вагоно-ч, руб	0,00	0,00	0,00	172,15
Бригадо-ч, руб	1 647,00	1 647,00	1 772,00	0,00
Норма расхода электроэнергии (кВт-ч) и дизельного топлива (кг) на 10000 т-км бр	137,00	162,80	12,00	0,00
Вагвагоно-км, руб	31,30			9,24

Расходы, приходящиеся на вагонную составляющую можно найти:

$$c_{jl} = (I_{2j} + I_3)k_{\text{инд}}^{\text{тар}} + C_{\text{зав}j}^{\text{поезд}}; \quad (2.45)$$

где: I_{2j} - базовая тарифная ставка [62] в расчете за 1 вагон j -го назначения на всем пути следования по поясам дальности, в зависимости от категории поезда;

I_3 - базовая тарифная ставка [62] в расчете за 1 вагон j -го назначения, не зависящая от длины маршрута следования;

$C_{\text{зав}}^{\text{ваг}}$ – затраты приходящиеся на 1 вагон j -го назначения зависящие от объемов перевозок.

Расчет единичных расходных ставок производится на основе отчетных данных по прямым расходам от перевозок в пассажирском движении дальнего сообщения филиалов и ОАО «ФПК», соответствующих экономических и эксплуатационных показателей работы. Единичные расходные ставки представляют собой удельные величины эксплуатационных расходов, рассчитанные делением отчетной величины зависящих от объемов перевозок расходов за определенный период на величину соответствующего измерителя работы подвижного состава за тот же период. После расчета ставок зависящие от объемов перевозок расходы по конкретному поезду за период определяются путем умножения расходных ставок на измерители эксплуатационной работы данного поезда:

$$C_{\text{зав}}^{\text{поезд}} = e_{nt}^{\text{ФПК}} * nt^{\text{поезд}} + e_{nS}^{\text{ФПК}} * nS^{\text{поезд}} + e_{nt_{\text{дв}}}^{\text{ФПКваг_для_пас}} * nt_{\text{дв}}^{\text{ваг_для_пас}} + e_n^{\text{ФПК}} * n^{\text{поезд}} \quad (2.46)$$

где: $e_{nt}^{\text{ФПК}}$ - единичная расходная ставка ОАО «ФПК» на вагоно-час пассажирского вагона инвентарного парка, руб/ваг-час;

$nt^{\text{поезд}}$ - вагоно-часы пассажирского вагона в составе поезда, ваг-час;

$e_{nS}^{\text{ФПК}}$ - единичная расходная ставка АО «ФПК» на вагоно-км пассажирского вагона, руб/ваг-км;

$nS^{\text{поезд}}$ - вагоно-километровая работа поезда, ваг-км;

$e_{nt_{\text{дв}}}^{\text{ФПКваг_для_пас}}$ - единичная расходная ставка АО «ФПК» на вагоно-час в движении вагона для перевозки пассажиров, руб/ваг-час в движении;

$nt_{\text{дв}}^{\text{ваг_для_пас}}$ - вагоно-часы вагона для перевозки пассажиров в движении поезда, ваг-час в движении;

$e_n^{\text{ФПК}}$ - единичная расходная ставка АО «ФПК» на отправленный пассажирский вагон, руб/отпр. ваг;

$n^{\text{поезд}}$ - количество отправленных пассажирских вагонов в поезде, ваг.

Перечень единичных ставок представлен в таблице 2.15

Таблица 2.15

Перечень единичных ставок для АО «ФПК»

Наименование единичной расходной ставки	Условное обозначение	Единица измерения
Вагоно-час пасс. вагона инвентарного парка	$e_{nt}^{\text{ФПК}}$	руб./ваг-час
Вагоно-км пасс. вагона	$e_{nS}^{\text{ФПК}}$	руб./ваг-км
Вагоно-час пасс. вагона в движении	$e_{nt_{\text{дв}}}^{\text{ФПКваг_для_пас}}$	руб./ваг-час в дв.
Отправленный пасс. вагон	$e_n^{\text{ФПК}}$	руб./отпр.ваг

Методика определения стоимостных оценок пассажирских поездов позволяет определять разделить затраты на вагонную и поездную составляющие и рассчитать их как отдельно друг от друга, так и вместе. Данный фактор позволяет применять ее как для моделей расчета плана

формирования с фиксированными схемами составов поездов, так и для моделей с незадаанными схемами составов.

Выводы по главе 2.

1. Модель расчета плана формирования при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков использует в качестве исходных данных перспективные корреспонденции пассажиропотоков, что дает возможность учитывать начальный и конечный пункт назначения пассажира. Таким образом, появляется возможность учесть одно из главных условий разработки плана формирования пассажирских поездов – беспересадочное сообщение пассажиров. Кроме этого по результатам решения задачи можно получить данные о распределении пассажиропотока по поездам, что позволяет уже на стадии планирования определить пункты и объемы посадки-высадки пассажиров для каждого поезда в отдельности.

2. Так как модель расчета плана формирования при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков не учитывает предпочтения пассажиров по типам мест, ее рекомендуется применять на полигонах, где эксплуатируется только один тип вагонов, например высокоскоростной подвижной состав, который в большинстве случаев имеет один тип вагонов и составы постоянного формирования.

3. Расчет плана формирования по предложенной модели при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков показывает, что количество пересадок пассажиров и их расположение можно смоделировать. Это достаточно важный фактор при планировании перевозок на больших полигонах, где располагаются крупные города, транспортные узлы, транзит пассажиров в которых серьезно затрудняет работу железнодорожного транспорта. Решение данной задачи позволит перераспределить потоки, разгрузить транзитные пункты. Кроме этого, организация пассажиропотоков с пересадками на тех станциях, где располагаются транспортно-пересадочные комплексы, инфраструктура

которых с комфортом позволяет поменять вид транспорта или пересесть на другой поезд, позволит улучшить качество перевозок, что в-первую очередь улучшит качество перевозок и повысит комфорт и удобство пассажиров.

4. Сегментирование спроса на перевозки в зависимости от типа пассажирских вагонов с учетом ресурса вагонного парка при расчете плана формирования пассажирских поездов должно повысить уровень удовлетворения спроса пассажиров на перевозки, может привести к переходу части пассажиропотока с альтернативных видов транспорта на железнодорожный.

5. Модель расчет плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков, сегментированных по типу мест при условии максимизации прибыли пассажирской компании позволяет повысить прибыль или сократить убыточность пассажирских перевозок при одновременном повышении их качества.

6. Расчет плана формирования пассажирских поездов при колебаниях пассажиропотока во времени позволяет распределить поездопотоки таким образом, чтобы вместимость поездов использовалась максимально эффективно при неравных пассажиропотоках в прямом и обратном направлении. Уход от парного движения позволяет более рационально использовать подвижной состав, снизить пробег свободных мест, а также сократить потребный парк пассажирских вагонов.

7. Комплексная методика расчета плана формирования пассажирских поездов позволяет адаптировать задачу расчета плана формирования пассажирских поездов к различным условиям эксплуатации.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДКИ ОСВОЕНИЯ ПОТОКОВ БАГАЖА И ГРУЗОБАГАЖА НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ.

3.2 Постановка задачи и обоснование теоретических принципов выбора оптимальных параметров системы освоения потоков багажа и грузобагажа.

Организация почтово-багажных перевозок на сети железных дорог - крупномасштабная задача. Исходными данными для данной задачи будут: корреспонденции перспективных вагонопотоков потоков багажа и грузобагажа за месяц максимальных перевозок или на ближайший месяц, массив поездных назначений, стоимостные оценки поездных назначений, учитывающие эксплуатационные затраты, расчетная сеть (расчетный полигон).

Важным моментом в решении данной комплексной проблемы является выбор критерия оптимальности, который и характеризует в конечном итоге эффективность выбранного варианта.

Для расчета принимаются текущие эксплуатационные расходы, связанные с почтово-багажными перевозками. Таким образом, для решения задачи оптимизации организации почтово-багажных перевозок требуется найти вариант, доставляющий минимум затрат от почтово-багажных перевозок.

При решении рассматриваемой задачи также учитывается комплекс различных ограничений (условий):

- условие полного освоения заданных вагонопотоков;
- условие безотцепочного проследования вагона от станции отправления до станции назначения;

Таким образом, разработка оптимального плана формирования почтово-багажных поездов является оптимизационной задачей, решить которую возможно с помощью известных экономико-математических методов.

3.2. Алгоритм расчета плана формирования багажных и грузобагажных поездов.

План формирования почтово-багажных поездов имеет двойную природу. С одной стороны почтово-багажные поезда, как и пассажирские следуют по расписанию, поэтому расчетное количество поездов напрямую влияет на расписание движения. С другой стороны это грузовые перевозки, и важными факторами являются временные затраты на накопление вагонов на станциях отправления и на переработку составов в пути следования. Кроме этого, почтово-багажные перевозки, по своей специфике, имеют большой объем мелких отправок, поэтому сформировать одnogруппный поезд достаточно сложно, даже на базе мощных вагонопотоков. в связи с участившимися случаями мошенничества на сети железных дорог введен запрет на частичную погрузку-выгрузку вагонов в пути следования. Поэтому, если в вагоне находится груз назначением на разные станции, то на каждой из них будет происходить отцепка данного вагона от состава одного поезда и прицепка его к другому поезду. Такая система организации перевозок, безусловно, затрудняет работу багажных служб с мелкими отправлениями, но ИМЕЮЩИЕСЯ развитие инфраструктуры не позволяет бороться другими способами с недобросовестными компаниями операторами и приемосдатчиками почтово-багажных вагонов. Поэтому необходимо разработать алгоритм по расчету плана формирования, учитывающий факты приведенные выше. На рис. 3.1 приведен алгоритм расчета плана формирования багажных и грузобагажных поездов.

Расчет плана формирования делится на 3 этапа.

I этап: Расчет плана формирования на долгосрочный период. Анализ вагонопотоков показал, что данные величины в основном имеют стохастический характер, поэтому для большей точности результатов плана формирования, расчет рекомендуется производить ежегодно.

Максимально допустимая периодичность отправления поезда принимается один раз в неделю. Практика показывает, что при большем

периоде между отправлениями поездов одного назначения, грузоотправители будут пользоваться услугами альтернативных видов транспорта, и накопить вагоны на полносоставный поезд будет невозможно. Поэтому по результатам расчета плана формирования все назначения, количество которых будет меньше 4 раз в месяц, исключаются из расчета плана формирования. Чтобы не производить корректировок результатов расчета, которые могут привести к снижению точности, в качестве периода расчета целесообразно принять недельный срок, а не традиционные расчеты на сутки или месяц.

Практика также показывает, что отправление почтово-багажных вагонов в составе пассажирских поездов может быть рассмотрена наряду с формированием отдельных почтово-багажных поездов. При этом имеются следующие преимущества:

- нет необходимости формирования новых ниток графика;
- прицепляемые вагоны не влияют на скорость пассажирского поезда, потому что используют неизрасходованный запас локомотивной тяги;
- повышается доход от пассажирского поезда;
- затраты от пассажирского поезда не увеличиваются.

Поэтому в расчет должны включаться не только почтово-багажные поезда, но и пассажирские, в составе которых возможно отправлять почтово-багажные вагоны.

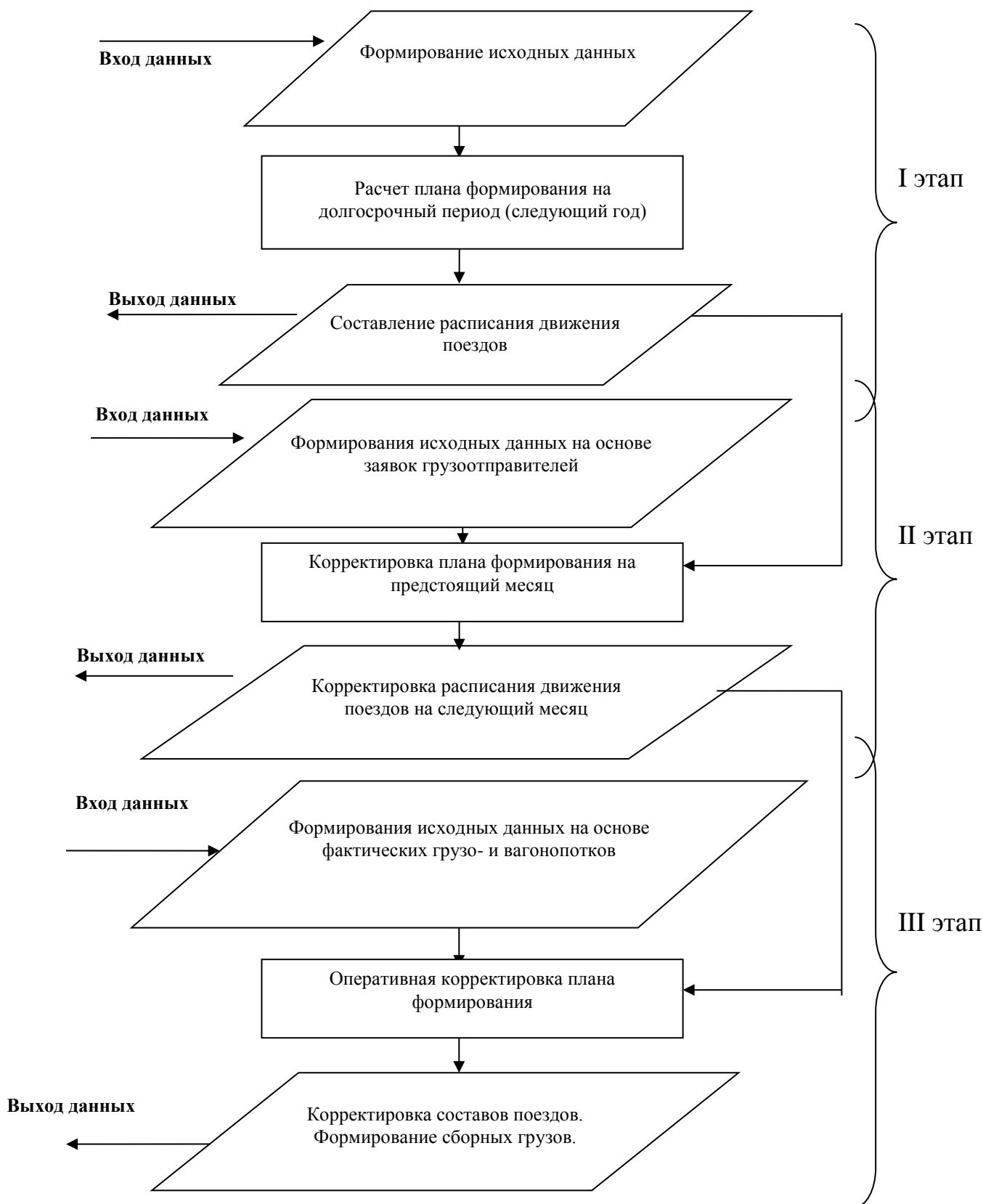


Рисунок 3.1 – Алгоритм расчета плана формирования багажных поездов и групп прицепных вагонов.

II этап: Корректировка плана формирования на следующий месяц. По технологии работы повагонных отправок все юридические и частные лица должны подать заявки о повагонных отправлениях на месяц вперед. Поэтому для получения наиболее эффективного варианта плана формирования необходимо производить его корректировку каждый месяц, опираясь на прогнозируемые данные о мелких отправлениях и фактические данные о повагонных отправлениях.

III этап: Оперативная корректировка плана формирования. Расчет производится по фактическим грузо- и вагонопотокам. Корректировка производится в режиме реального времени с учетом объема поступающих грузов. Исходные данные о грузо- и вагонопотоках должны поступать со станций отправления сразу после оформления перевозочных документов. Таким образом, в исходные данные будут включены все представленные грузы и вагоны к перевозке, что исключает возможность ошибки, то есть нарушение срока доставки и т.д. Результаты расчета должны также в оперативном порядке поступать на станции отправления и назначения грузо- и вагонопотоков.

3.3. Методика расчета стоимостной оценки багажного и грузобагажного поезда.

Эксплуатационные затраты на багажные и грузобагажные поезда в части затрат перевозчика по инфраструктуре и собственника подвижного состава предлагается определить по формуле (3.1):

$$C_{\text{экс}}^{\text{багаж}} = e_{\text{п-км}}^{\text{общ}} + e_{\text{в-км}}^{\text{общ}} \cdot m ; \quad (3.1)$$

где m – состав багажного поезда, (ваг.);

$e_{\text{в-км}}^{\text{общ}}$ – эксплуатационные затраты на вагон i -го направления, (руб/ваг-км);

$e_{\text{п-км}}^{\text{общ}}$ – эксплуатационные затраты на поезд j -го назначения, (руб/п-км);

Так как состав почтово-багажного поезда неизвестная величина, поэтому целесообразно разделить затраты на две составляющие: вагонную и поездную.

Вагонная составляющая рассчитывается для вагонопотока в целом:

$$e_{\text{в-км}}^{\text{общ}} = I_2 + C_{\text{зав}}^{\text{баг}}; \quad (\text{руб/в-км}); \quad (3.2)$$

где: I_2 - базовая тарифная ставка [62] в расчете за 1 вагон на всем пути следования по поясам дальности, в зависимости от категории поезда;

$C_{зав}^{баг}$ – прямые расходы, зависящие от объема перевозок;

$$C_{зав}^{баг} = e_{nt} * nt^{баг} + e_{nS} * nS^{баг} + e_{nt_{\text{дв}}} * nt_{\text{дв}}^{багаж_{\text{ваг}}} + e_{n_{\text{отпр}}^{багаж}} * n_{\text{отпр}}^{багаж_{\text{ваг}}}; \quad (3.4)$$

где: e_{nt} – стоимость ваг-часа, руб/ваг-час;

e_{nS} – стоимость ваг-км, руб/ваг-км;

$e_{nt_{\text{дв}}}$ – стоимость ваг-часа в движении, руб/ваг-час;

$e_{n_{\text{отпр}}}^{багаж}$ – стоимость отправленной тонны багажа, руб/т;

$nt^{баг}$ – вагоно-часы багажных вагонов в составе поезда, ваг-час;

$nS^{баг}$ – вагоно-километровая работа почтово-багажных вагонов в составе поезда, ваг-км;

$nt_{\text{дв}}^{багаж_{\text{ваг}}}$ – вагоно-часы в движении почтово-багажных вагонов в составе поезда, ваг-часы в движении;

$n_{\text{отпр}}^{багаж_{\text{ваг}}}$ – количество отправленных вагонов в составе поезда, ваг.

Поездная составляющая принимает вид по формуле (2.37):

$$e_{\text{п-км}}^{\text{общ}} = I_{1j} \cdot k_{\text{инд}}^{\text{тар}} + C_{\text{лок}};$$

Для задачи расчета плана формирования багажных и грузобагажных поездов и групп прицепных вагонов в составе пассажирских поездов поездная и вагонная составляющие рассчитываются отдельно друг от друга, так как состав багажного поезда, а также число прицепных вагонов в составе пассажирских поездов определяется, исходя из расчета.

3.4. Математическая модель расчета плана формирования почтово-багажных поездов.

Общая постановка задачи оптимизации почтово-багажных перевозок заключается в выборе такого варианта плана формирования, при котором суммарные эксплуатационные затраты от перевозок будут стремиться к минимуму, при следующих условиях [44]:

- полное освоение заданных вагонопотоков;
- безотцепочное следование вагона по маршруту следования.

В качестве исходных данных используются следующие величины:

- корреспонденции вагонопотоков за расчетный период;
- массив поездных назначений;
- стоимостные оценки поездных назначений;
- стоимостные оценки вагонопотоков;
- максимальное количество вагонов в составе поезда по каждому участку или поездному назначению;

Для решения поставленной задачи введены следующие условия:

- условие полного освоения заданных вагонопотоков:

$$\sum_{j=1} \delta_{ij} y_{ij} = B_i; \quad (3.5)$$

где:

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{если станция зарождения и погашения } i - \text{ой корреспонденции} \\ \text{вагонопотка входит в маршрут } j - \text{го поездного назначения} \\ 0 - \text{в противном случае;} \end{cases}$$

y_{ij} – количество вагонов в составе j -го поездного назначения принадлежащих i -ой корреспонденции вагонопотока;

B_i – количество вагонов i -ой корреспонденции вагонопотока;

- условие безотцепочного следования вагонов в составе поезда:

$$\sum_i \sum_k \delta_{ijk} y_{ij} \leq m_k x_j; \quad (3.6)$$

где:

$$\delta_{ijk} = \begin{cases} 1 - \text{если станция зарождения и станция погашения } i - \text{ой корреспонденции} \\ \text{вагонопотока входит в маршрут } j - \text{го назначения и следует} \\ \text{по } k - \text{ому участку;} \\ 0 - \text{в противном случае;} \end{cases}$$

x_j – количество поездов j -го поездного назначения;

m_k – максимальное количество вагонов в составе поезда на k -ом участке;

- целевая функция – суммарные затраты на накопление и переработку будут иметь вид:

$$F = \sum_{i=1} C_i^{газ} B_i + \sum_j \sum_i \sum_m \delta_{ijm} y_{ij} T_j^{HAK} C^{HAK} + \sum_j \sum_i \sum_b \delta_{ijb} y_{ij} t_{OBR} C_{OBR} + \sum_j \sum_i \sum_n \delta_{ijn} y_{ij} t_j^{HAK} C^{HAK} + \sum_{j=1} C_j^n x_j \longrightarrow \min; \quad (3.7)$$

где: $C_i^{газ}$ – эксплуатационные затраты, приходящиеся на 1 вагон i -го вагонопотока;

C^{HAK} – затраты на накопления вагонов (руб/час);

C_{OBR} – затраты на обработку вагонов на станции переработки состава (руб/час);

C_j^n – эксплуатационные затраты, приходящиеся на 1 поезд j -го назначения;

$$\delta_{ijm} = \begin{cases} 1 - \text{если группа вагонов } i - \text{ой корреспонденции вагонопотока } j - \text{го назначения} \\ \text{накапливается на } m - \text{ой станции отправления поезда;} \\ 0 - \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$\delta_{ijn} = \begin{cases} 1 - \text{если группа вагонов } i - \text{ой корреспонденции вагонопотока } j - \text{го назначения} \\ \text{накапливается на } n - \text{ой станции переработки поезда;} \\ 0 - \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$\delta_{ijb} = \begin{cases} 1 - \text{если группа вагонов } i\text{-ой корреспонденции вагонопотока } j\text{-го назначения} \\ \text{обрабатывается на } b\text{-ой станции переработки поезда;} \\ 0 - \text{в противном случае;} \end{cases}$$

T_j^{HAK} ; t_{jn}^{HAK} – время на накопление 1-го вагона j -го назначения i -ой корреспонденции вагонопотока на станциях отправления или n -ой станции переработки поезда соответственно;

$$T_j^{HAK} = \frac{24}{\sum_i \delta_{ijm} B_i}; \quad t_{jn}^{HAK} = \frac{24}{\sum_i \delta_{ijn} B_i};$$

t_{OBR} – время на обработку 1-го вагона на станции переработки состава;

Таким образом, задача (3.5) – (3.7) оптимизирует потоки на расчетной сети таким образом, чтобы затраты от перевозок были минимальными, а время доставки было наименьшим. Это позволяет не только повысить эффективность почтово-багажных перевозок, но и конкурентоспособность по отношению к морскому и автомобильному транспорту, а также грузовым перевозкам на железнодорожном транспорте.

Пример:

Исходные данные: расчетный полигон (рисунок 3.2), величины корреспонденций среднесуточных вагонопотоков, массив поездных назначений, эксплуатационные затраты на вагонную и поездную составляющие, время на обработку 1-го вагона на станции переработки $t_{obr} = 2$ мин., затраты на накопление 1-го вагона $C^{HAK} = 1$ у.е., затраты на обработку 1 вагона $C_{obr} = 1$ у.е., максимальное количество вагонов в составе поезда $n_k = 20$.

Решение:

- затраты времени на накопление вагонов на станциях отправления будут следующими:

$$T_1^{HAK} = \frac{24}{B_1} = \frac{24}{10} = 2,4;$$

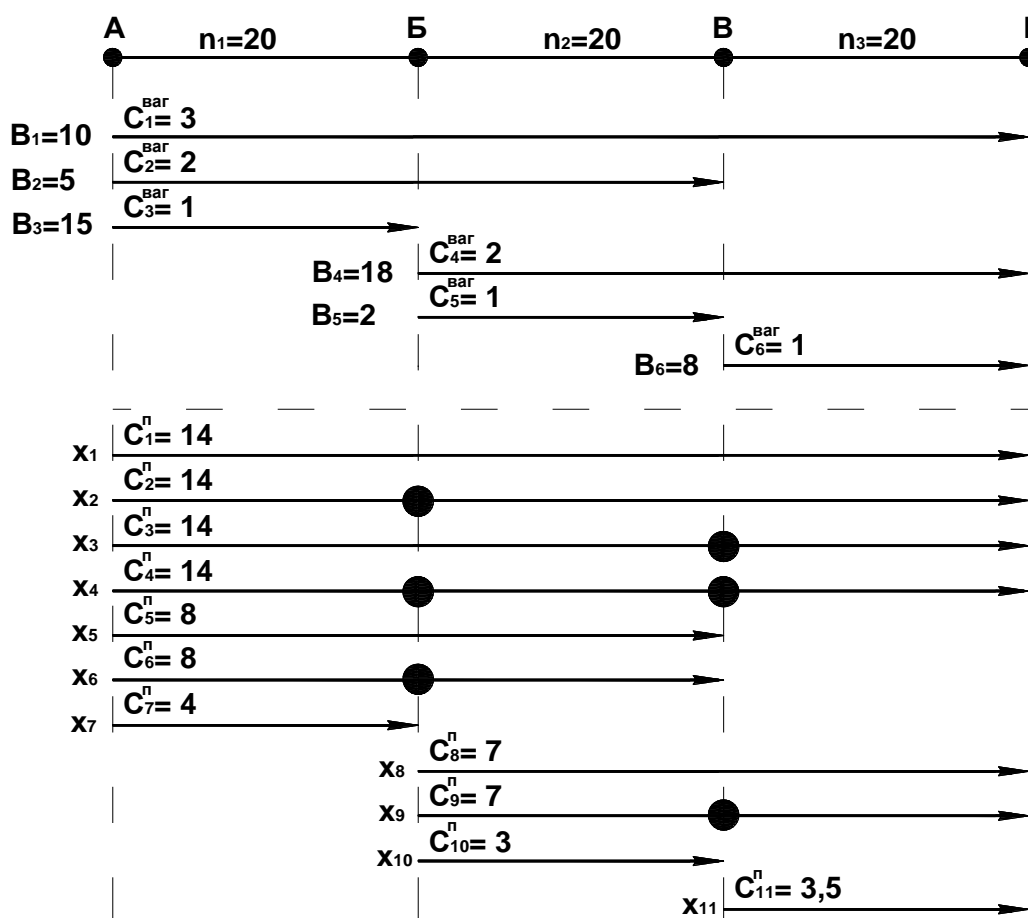
$$T_2^{HAK} = \frac{24}{B_1 + B_3} = \frac{24}{25} = 0,96;$$

$$T_3^{HAK} = \frac{24}{B_1 + B_2} = \frac{24}{15} = 1,6;$$

$$T_4^{HAK} = \frac{24}{B_1 + B_2 + B_3} = \frac{24}{30} = 0,8;$$

$$T_5^{HAK} = \frac{24}{B_2} = \frac{24}{5} = 4,8;$$

$$T_6^{HAK} = \frac{24}{B_2 + B_3} = \frac{24}{20} = 1,2;$$



- - станция переработки поезда

Рисунок 3.2 - Расчетный полигон.

$$T_7^{HAK} = \frac{24}{B_3} = \frac{24}{15} = 1,6;$$

$$T_8^{HAK} = \frac{24}{B_4} = \frac{24}{18} = 1,4;$$

$$T_9^{HAK} = \frac{24}{B_4 + B_5} = \frac{24}{20} = 1,2;$$

$$T_{10}^{HAK} = \frac{24}{B_5} = \frac{24}{2} = 12;$$

$$T_{11}^{HAK} = \frac{24}{B_6} = \frac{24}{8} = 3;$$

- затраты времени на накопление вагонов на станциях переработки

поездов:

$$t_{0202}^{HAK} = \frac{24}{B_4} = \frac{24}{18} = 1,4;$$

$$t_{0303}^{HAK} = \frac{24}{B_6} = \frac{24}{8} = 3;$$

$$t_{0402}^{HAK} = \frac{24}{B_4 + B_5} = \frac{24}{20} = 1,2;$$

$$t_{0403}^{HAK} = \frac{24}{B_6} = \frac{24}{8} = 3;$$

$$t_{0602}^{HAK} = \frac{24}{B_5} = \frac{24}{2} = 12;$$

$$t_{0903}^{HAK} = \frac{24}{B_6} = \frac{24}{8} = 3;$$

Условие полного освоения заданных вагонопотоков:

$$y_{0101} + y_{0102} + y_{0103} + y_{0104} = 10;$$

$$y_{0203} + y_{0204} + y_{0205} + y_{0206} = 5;$$

$$y_{0302} + y_{0304} + y_{0306} + y_{0307} = 15;$$

$$y_{0402} + y_{0404} + y_{0408} + y_{0409} = 18;$$

$$y_{0504} + y_{0506} + y_{0509} + y_{0510} = 2;$$

$$y_{0603} + y_{0604} + y_{0609} + y_{0611} = 8;$$

Условие безотцепочного следования вагонов в составе поезда:

Для 1-го поездного назначения:

$$y_{0101} \leq 20x_1;$$

Для 2-го поездного назначения:

по 1-му участку: $y_{0102} + y_{0302} \leq 20x_2;$

по 2-му и 3-му участкам: $y_{0102} + y_{0402} \leq 20x_2;$

Для 3-го поездного назначения:

по 1-му и 2-му участкам: $y_{0103} + y_{0203} \leq 20x_3;$

по 3-му участку: $y_{0103} + y_{0603} \leq 20x_3;$

Для 4-го поездного назначения:

по 1-му участку: $y_{0104} + y_{0204} + y_{0304} \leq 20x_4;$

по 2-му участку: $y_{0104} + y_{0204} + y_{0404} + y_{0504} \leq 20x_4;$

по 3-му участку: $y_{0104} + y_{0408} + y_{0608} \leq 20x_4;$

Для 5-го поездного назначения:

$$y_{0205} \leq 20x_5;$$

Для 6-го поездного назначения:

по 1-му участку: $y_{0206} + y_{0306} \leq 20x_6;$

по 2-му участку: $y_{0206} + y_{0506} \leq 20x_6;$

Для 7-го поездного назначения:

$$y_{0307} \leq 20x_7;$$

Для 8-го поездного назначения:

$$y_{0408} \leq 20x_8;$$

Для 9-го поездного назначения:

по 2-му участку: $y_{0408} + y_{0508} \leq 20x_8;$

по 3-му участку: $y_{0408} + y_{0608} \leq 20x_8;$

Для 10-го поездного назначения:

$$y_{0510} \leq 20x_{10};$$

Для 11-го поездного назначения:

$$y_{0611} \leq 20x_{11};$$

При этом целевая функция будет выглядеть так:

$$F = 3*10 + 2*5 + 1*15 + 2*18 + 1*2 + 8*1 + \{2,4y_{0101} + 0,96(y_{0102} + y_{0302}) + 1,6(y_{0103} + y_{0203}) + 0,8(y_{0104} + y_{0204} + y_{0304}) + 4,8y_{0205} + 1,2(y_{0206} + y_{0306}) + 1,6y_{0307} + 1,4y_{0408} + 1,2(y_{0409} + y_{0509}) + 12y_{0510} + 3y_{0611}\} + [2(y_{0102} + y_{0302} + y_{0402}) + 2(y_{0103} + y_{0203} + y_{0603}) + 2(y_{0104} + y_{0204} + y_{0304} + y_{0404} + y_{0504}) + 2(y_{0104} + y_{0204} + y_{0404} + y_{0504} + y_{0604}) + 2(y_{0206} + y_{0306} + y_{0506}) + 2(y_{0409} + y_{0509} + y_{0609})] + [1,4y_{0402} + 3y_{0602} + 1,2(y_{0404} + y_{0504}) + 3y_{0604} + 12y_{0506} + 3y_{0609}] + [14x_1 + 14x_2 + 14x_3 + 14x_4 + 8x_5 + 8x_6 + 4x_7 + 7x_8 + 7x_9 + 3x_{10} + 3,5x_{11}]$$

→ min ;

Данная задача решается с помощью линейного программирования как целочисленная. Результаты расчета приведены в таблице 3.2.

Матрица распределения вагонов по назначениям.

Поездные назначения Вагонопотоки	$x_1=0$	$x_2=0$	$x_3=1$	$x_4=0$	$x_5=0$	$x_6=0$	$x_7=1$	$x_8=0$	$x_9=1$	$x_{10}=0$	$x_{11}=0$
	$V_1 = 10$	0	0	10	0	-	-	-	-	-	-
$V_2 = 5$	-	-	5	0	0	0	-	-	-	-	-
$V_3 = 15$	-	0	-	0	-	0	15	-	-	-	-
$V_4 = 18$	-	0	-	0	-	-	-	0	18	-	-
$V_5 = 2$	-	-	-	0	-	0	-	-	2	0	-
$V_6 = 8$	-	0	8	0	-	-	-	-	0	-	0

При этом значение целевой функции будет следующим:
 $F = 260,6$ усл. ед.

Данная методика расчета плана формирования позволяет учесть затраты на накопление вагонов, на прицепку/отцепку вагонов в пути следования, при этом также учитываются все остальные эксплуатационные затраты, что дает возможность объективно оценить полученный результат. Кроме этого, в задаче учтено условие следования вагонов от станции отправления до станции назначения в одном поезде, что значительно повышает срок доставки грузов. Для почтово-багажных перевозок этот фактор является одним из главных.

Расчет плана формирования по представленной методике должен оптимизировать потоки таким образом, чтобы получить максимальный эффект от используемого парка подвижного состава, максимально сократить эксплуатационные затраты на перевозку, а также повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта в области багажных и грузобагажных перевозок.

3.5. Методика расчета числа багажных купе в составе пассажирского поезда

Правилами перевозок пассажиров, багажа, грузобагажа [49] предусмотрена *обязанность перевозчика перевезти багаж пассажира ближайшим поездом соответствующего назначения, в котором имеется вагон, предназначенный для перевозки багажа*. Зачастую это приводит к ситуации, когда багажные вагоны следуют практически пустыми. Кроме этого количество перевезенного багажа в 2013г. составляет всего 0,5% от общего грузооборота багажных перевозок, а количество пассажиров, отправивших багаж в 2013г. составляет 0,03% от общего числа пассажиров.

На основе этих факторов можно выделить ряд серьезных проблем, возникающих для перевозчика:

- неэффективная организация багажных перевозок (перепробеги и низкая загрузка вагонов);
- необходимость иметь на праве собственности или аренды подвижной состав, предназначенный для перевозки багажа;
- необходимость формирования поездов с вагонами, предназначенными для перевозки багажа;
- необходимость содержания багажного отделения в пунктах отправления и прибытия пассажиров.

Из этого следует, что перевозчик заведомо должен нести значительные издержки от перевозки багажа. Отсутствие изменений в текущей ситуации может спровоцировать возникновение финансовых рисков и, прежде всего, повышение убытков от перевозки багажа.

Решить эту проблему возможно только изменением технологии перевозки багажа. «Федеральная пассажирская компания» предлагает, решить данную проблему обратившись к зарубежному опыту, где багаж всегда следует с пассажиром в одном поезде, без участия в этом процессе багажного отделения. Соответственно, для перевозки багажа в

пассажирских поездах дальнего следования в условиях России предлагается выделять специализированные купе – багажные купе. Но при такой технологии перевозки возникает вопрос, достаточно ли будет выделенных площадей для перевозки необходимого количества багажа [63].

Для решения этой проблемы необходимо рассмотреть характер изменения таких неизвестных величин, как объем или масса багажной отправки. При этом под багажной отправкой понимается общее количество багажных мест, отправляемых пассажиром по одному перевозочному документу. В ходе проведенных исследований было обработано около 1000 багажных отправок. Для обработки данных воспользуемся методами математической статистики [52]. Так как в багаж сдаются, чаще всего, вещи относительно легкие, но при этом объемные (средний удельный вес багажа равен 60-70 кг/м³), то основным ограничением будет являться вместимость купе не по массе, а по объему. Поэтому в качестве исследуемой случайной величины принимаем объем багажной отправки.

Разобьем полученную выборку на разряды. Для этого рассчитаем интервал группирования:

$$I = \frac{x_{max} - x_{min}}{1 + 3,2 \lg n}, \quad (3.8)$$

где: x_{max} , x_{min} – наибольшее и наименьшее значение объема багажной отправки;

n – общее число наблюдений;

Далее определим частоту каждого разряда:

$$P_i^* = \frac{m_i}{\sum m_i}; \quad (3.9)$$

где: m_i – количество значений объема багажной отправки в i -ом разряде;

После этого рассчитаем следующие величины:

- математическое ожидание объема багажной отправки:

$$M^*[x] = \sum_{i=1}^k \bar{x}_i P_i^* \quad (3.10)$$

где: \bar{x}_i – среднее значение i -го разряда;

k – число разрядов;

- дисперсию:

$$D^*[x] = \alpha_2^* - (M^*[x])^2; \quad (3.11)$$

где: α_2^* - второй начальный момент объема багажной отправки, который равен:

$$\alpha_2^* = \sum_{i=1}^k x_i^2 P_i^* \quad (3.12)$$

- среднее квадратическое (стандартное) отклонение:

$$\sigma_x^* = \sqrt{D^*[x]}; \quad (3.13)$$

Для построения гистограммы необходимо вычислить плотность распределения объема багажной отправки:

$$f_i(x) = \frac{P_i}{I}; \quad (3.14)$$

По формуле (3.8) определим интервал группирования случайной величины:

$$I = \frac{V_{max} - V_{min}}{1 + 3,2 \lg n} = \frac{7,5 - 0,05}{1 + 3,2 \lg 849} = 0,72 \text{ м}^3; \text{ при этом } k = 11;$$

В таблице 3.3 приведены основные расчетные величины.

Таблица 3.3.

№ разряда	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Всего
Границы разряда	0,05- 0,77	0,77- 1,49	1,49- 2,21	2,21- 2,93	2,93- 3,65	3,65- 4,37	4,37- 5,09	5,09- 5,81	5,81- 6,53	6,53- 7,25	7,25- 7,97	
Количество отправок в разряде (m_i)	222	270	169	106	38	14	14	9	3	2	2	849
Частота разряда (P_i^*)	0,26	0,32	0,2	0,13	0,05	0,016	0,016	0,011	0,004	0,002	0,002	1
Средней объем в разряде (\bar{V}_i)	0,51	1,07	1,82	2,54	3,24	3,99	4,7	5,38	6,33	7,13	7,43	44,12
Плотность распределения ($f_i(V)$)	0,36	0,45	0,28	0,17	0,06	0,02	0,02	0,015	0,005	0,003	0,003	-
Математическое ожидание (M[V])	1,55											
Дисперсия (D*[V])	1,27											
Среднее квадратическое отклонение (σ_x^*)	1,13											

На основе полученных данных построим гистограмму распределения объема багажной отправки (рисунке 3.3).

Гистограмма распределения объема багажной отправки (V)

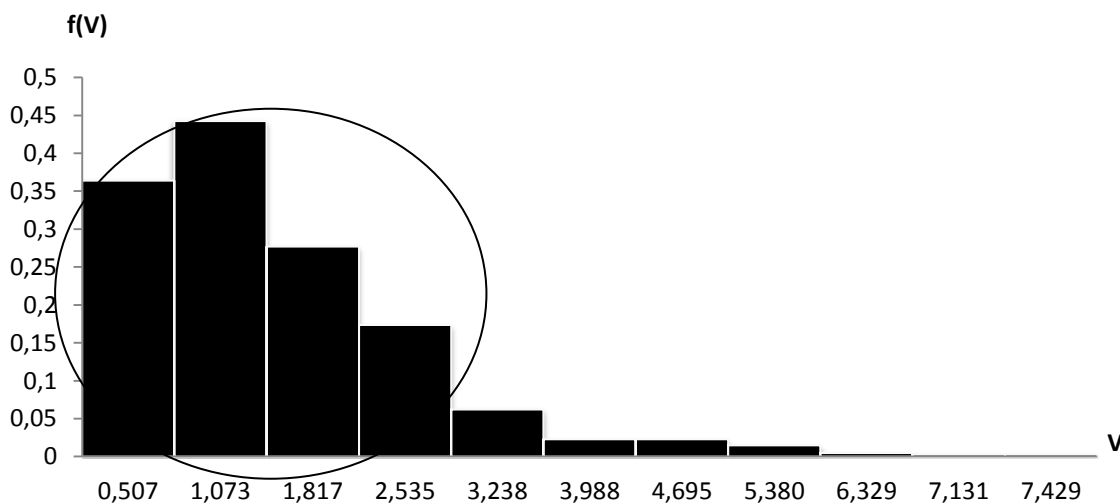


Рисунок 3.3

Как видно из гистограммы основная часть объема багажных отправок находится в диапазоне первых четырех групп. Поэтому для дальнейших расчетов можно определить объем одной отправки следующим образом:

$$V_{60}^{\text{расч}} = M[V] + \sigma[V]; \quad (3.14)$$

$$V_{60}^{\text{расч}} = 1,55 + 1,13 = 2,68 \text{ м}^3,$$

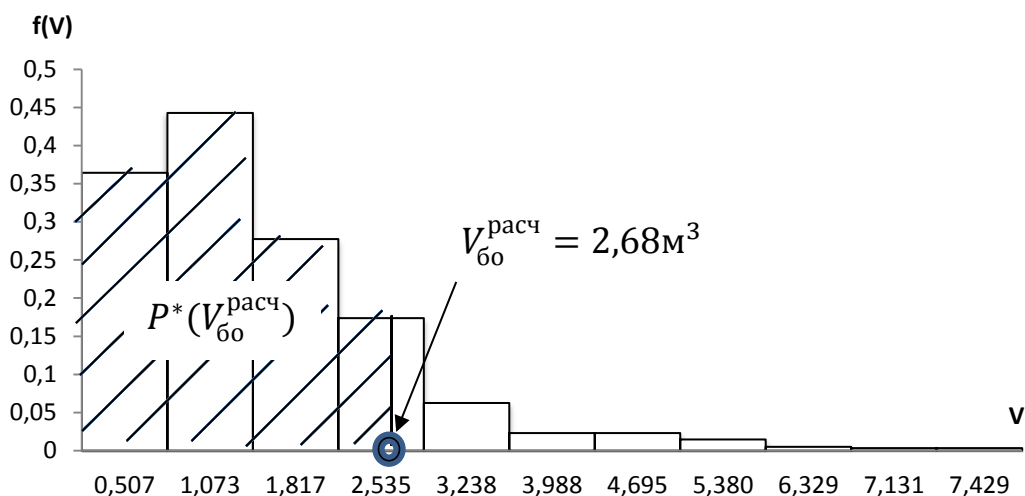
при этом

$$P^*(V_{60}^{\text{расч}}) = 0,85,$$

где $P^*(V_{60}^{\text{расч}})$ - вероятность того, что объем багажной отправки будет меньше или равен $V_{60}^{\text{расч}}$;

Графически эта вероятность представляет из себя площадь заштрихованной фигуры на рис. 3.4. Так как вероятность $P^*(V_{60}^{\text{расч}})$ достаточно велика (0,85), то расчетный объем одной отправки принимаем равным 2,68 м³.

Определение расчетного объема багажной отправки



Рисунке 3.4

Далее необходимо определить потребное количество купе для перевозки багажа и возможность выделения такого количества купе в составе пассажирского поезда. В качестве расчетного полигона выберем направление Москва – Воркута, одно из самых востребованных направлений по перевозке багажа.

Количество купе для перевозки багажа в пассажирском поезде можно определить по формуле:

$$K_{БК} = \frac{V_{60}^{\text{расч}} Q_6^{\text{п-д}}}{V_{БК}^{\text{расч}}}; \quad (3.15)$$

где: $Q_6^{\text{п-д}}$ – количество человек с багажом в поезде;

$V_{БК}^{\text{расч}}$ – расчетный объем багажного купе (общий объем купе $9,177 \text{ м}^3$, размеры прохода в купе для погрузки-выгрузки багажа $0,65 \times 2,1 \times 2,3 \text{ м}$, соответственно расчетный объем купе для перевозки багажа равен $6,04 \text{ м}^3$).

Количество пассажиров с багажом в конкретном поезде определить с достаточной долей вероятности проблематично, так как статистические данные содержат информацию только о перевозке багажа в прицепных вагонах, и не содержат данных, о том в каком конкретно поезде

проследовал сам пассажир. Поэтому количество пассажиров с багажом в поезде можно определить по формуле:

$$Q_6^{п-д} = \max(\delta_{ij} q_i) n_6^{сут}; \quad (3.16)$$

где: $\delta_{ij} =$

$\begin{cases} 1 - \text{если маршрут } i - \text{го назначения следует по } j - \text{му участку;} \\ 0 - \text{в противном случае;} \end{cases}$

$n_6^{сут}$ - суточный коэффициент неравномерности распределения

пассажиров с багажом по дням за месяц; рассчитывается по формуле:

$$n_6^{сут} = \frac{q_{max}^6}{q_{cp}^6}; \quad (3.17)$$

q_i - количество пассажиров с багажом, приходящееся на 1 поезд на i -ом участке; рассчитывается по формуле:

$$q_i = \frac{\Gamma_i^6}{m_i^п}; \quad (3.18)$$

где: q_{max}^6 - максимальное количество пассажиров с багажом, отправленное за сутки;

q_{cp}^6 - среднее количество пассажиров с багажом за месяц;

Γ_i^6 - месячная густота пассажиров с багажом на i -ом участке;

$m_i^п$ - количество пассажирских поездов, проходящее по i -му участку за месяц;

Результаты расчетов количества багажных купе в составе поездов на направлении Москва-Воркута приведены в табл. 3.4.

Результаты расчетов показывают, что наибольшее количество багажных купе, выделяемых в пассажирских поездах, будет равно 3-м. Данный результат можно считать удовлетворительным, так как максимальный коэффициент использования вместимости принимается равным 0,9, поэтому выделение 3-х багажных купе не должно отразиться на населенности поездов.

Таблица 3.4.

Результаты расчетов количества багажных купе в составе пассажирских поездов на направлении Москва – Воркута.

№ поезда	Станция отправления	Станция назначения	Периодичность отправления	Кол-во пасс. с багажом, $Q_{б}^{п-д}$	Количество багажных купе в поезде, $K_{бк}$
260/259	Москва	Вологда	по будням	2	1
42/41	Москва	Воркута	ежед	3	2
376/375	Москва	Воркута	ежед	3	2
120/119	Москва	Котлас	ежед	3	2
22/21	Москва	Лабытнанги	раз в два дня	5	3
210/209	Москва	Лабытнанги	раз в два дня	5	3
224/223	Москва	Сосногорск	раз в два дня	3	2
34/33	Москва	Сыктывкар	раз в два дня	3	2
126/125	Москва	Череповец	ежед	2	1
102/101	Москва	Ярославль	ежед	2	1
104/103	Москва	Ярославль	ежед	2	1
106/105	Москва	Ярославль	ежед	2	1
286/285	Ярославль	Вологда	чет	2	1
616/615	Печора	Усинск	ежед	1	1
692/691	Печора	Усинск	ежед	1	1

3.6. Экономическая эффективность перевозки багажа в вагонах пассажирских поездов.

Для определения экономической эффективности выделения багажных купе в составе пассажирских поездов, сравним данную технологию перевозки багажа и существующую. Расчет произведем для направления Москва-Воркута за июль 2013г.

Текущие расходы, связанные с перевозкой багажа и грузобагажа можно определить следующим образом:

$$P_{баг} = Э_{баг.отд.} + Э_{экс.}, \quad (3.19)$$

где $Э_{баг.отд.}$ – расходы на содержание багажных отделений;

$Э_{экс.}$ – эксплуатационные расходы по пробегу багажных вагонов.

Для выбранного полигона расходы на содержание багажных отделений будут следующими:

$$\mathcal{E}_{\text{баг.отд.}} = \mathcal{E}_{\text{баг.отд.}}^{\text{М}} + \mathcal{E}_{\text{баг.отд.}}^{\text{сев.дор}}, \quad (3.20)$$

где $\mathcal{E}_{\text{баг.отд.}}^{\text{М}}$ – расходы на содержание багажного отделения Москвы – Пассажирской Ярославской (10,5 млн. руб./мес);

$\mathcal{E}_{\text{баг.отд.}}^{\text{сев.дор}}$ – расходы на содержание багажных отделений Северной дороги (19,2 млн руб./мес);

$$\text{тогда} \quad \mathcal{E}_{\text{баг.отд.}} = 10,5 + 19,2 = 29,7 \text{ млн. руб./мес.} \quad (3.21)$$

Так как на направлении Москва-Воркута перевозка багажа осуществляется только в багажных вагонах в составе пассажирских поездов, то эксплуатационные расходы можно определить следующим образом:

$$\mathcal{E}_{\text{экс}} = \sum_{i=1}^k \left(\frac{n_i * C_{\text{поезд}}^i}{m_i} + b_i * C_{\text{ваг}}^i \right), \quad (3.22)$$

где n_i – количество i -ых поездов в месяц;

m_i – количество вагонов в составе i -ого поезда;

$C_{\text{поезд}}^i$ – эксплуатационные затраты на i -ый поезд, руб;

b_i – количество багажных вагонов в i -ом поезде;

$C_{\text{ваг}}^i$ – затраты на 1 багажный вагон в i -ом поезде, руб;

k – общее число поездных назначений на направлении Москва-Воркута.

При этом эксплуатационные затраты на поезд будут равны:

$$C_{\text{поезд}}^i = (e_i^{I1} + e^{\text{лок}}) L_i, \quad (3.23)$$

где e_i^{I1} – инфраструктурная составляющая, зависящая от поезда-км (руб/км);

$e^{\text{лок}}$ – затраты на аренду локомотива и локомотиво-бригад (руб/км);

L_i – длина маршрута следования i -го поездного назначения;

$$C_{\text{ваг}}^i = (e_i^{I2} + e^{\text{ваг}}) * L_i, \quad (3.24)$$

где e_i^{I2} – инфраструктурная составляющая, зависящая от ваг-км (руб/км);

$e^{\text{ваг}}$ – суммарные затраты на ремонт, амортизацию и обслуживание вагонов (руб/км);

Результаты расчетов приведены в таблица 3.5.

Таблица 3.5

Эксплуатационные расходы по пробегу багажных вагонов на направлении Москва-Воркута

№ поезда	ст. входа на полигон (отправления)	ст. выхода с полигона (назначения)	Количество поездов в месяц	Затраты, руб
42/41	Москва	Воркута	30	1 057 151,4
376/375	Москва	Воркута	30	1 057 151,4
120/119	Москва	Котлас	30	5 369 81,67
22/21	Москва	Лабытнанги	15	692 215,23
210/209	Москва	Лабытнанги	15	692 215,23
224/223	Москва	Сосногорск	15	465 179,66
34/33	Москва	Сыктывкар	15	421 476,69
126/125	Москва	Череповец	30	339 705,7
677/678	Микунь (Кослан)	Сыктывкар	15	63 607,07
306/305	Микунь (Сыктывкар)	Усинск	30	356 972,75
616/615	Печора	Усинск	30	139 408,0
692/691	Печора	Усинск	30	139 408,0
Итого				5 961 472,8

Общие эксплуатационные затраты составили 5 961 472,8 руб.

При этом общие расходы будут равны:

$$P = \mathcal{E}_{\text{баг.отд.}} + \mathcal{E}_{\text{экс.}} = 29\,700\,000 + 5\,961\,472,8 = 35\,661\,473,8 \text{ руб.}$$

Доход от перевезенного багажа рассчитывается по следующей формуле:

$$D = \sum_{i=1}^k T_i * n_i * Q_{\text{ср}}, \quad (3.31)$$

где T_i – тариф на перевозку багажа для i -го поездного назначения;

n_i – количество поездов i -го назначения в месяц;

$Q_{\text{ср}}$ – средняя загрузка багажного вагона (принимается равной 10т).

Для каждого поезда доход рассчитывается отдельно, так как тариф зависит от расстояния. Тарифная ставка берется в соответствии с тарифным руководством [6]. Результаты приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.6

Доходы от перевозки багажа на направлении Москва-Воркута за июль 2013г.

№ поезда	ст. входа на полигон (отправления)	ст. выхода с полигона (назначения)	Расстояние, км	ставка за вагон, руб	Количество поездов в месяц	Доход, руб
42/41	Москва	Воркута	2282	42754,1	30	1 282 623,0
376/375	Москва	Воркута	2282	42754,1	30	1 282 623,0
120/119	Москва	Котлас	1077	25759,0	30	772 770,0
22/21	Москва	Лабытнанги	2383	45718,5	15	685 777,5
210/209	Москва	Лабытнанги	2383	45718,5	15	685 777,5
224/223	Москва	Сосногорск	1557	33151,4	15	497 271,0
34/33	Москва	Сыктывкар	1398	30194,5	15	452 917,5
126/125	Москва	Череповец	620	19475,5	30	584 265,0
306/305	Микунь (Сыктывкар)	Усинск	660	20214,7	30	606 441,0
616/615	Печора	Усинск	156	12526,7	30	375 801,0
692/691	Печора	Усинск	156	12526,7	30	375 801,0
Итого						7 602 067,5

Суммарный доход составил 7 602 067,5 руб.

Рассчитаем общую прибыль от перевозки багажа на направлении Москва – Воркута:

$$П = Д - Р, \quad (3.32)$$

$$П = 7 602 067,5 - 35 661 473,8 = -28 059 406,3 \text{ руб.}$$

Как видно из полученных результатов, существующая технология перевозки багажа является убыточной для перевозчика.

При выделении багажных купе в составе пассажирских поездов расходы, связанные с перевозкой багажа будут следующие:

$$P_{\text{б.купе}} = \mathcal{E}_{\text{купе}} + 2 * \mathcal{E}_{\text{пров.}}^{\text{доп.}} \text{ (руб/мес)} \quad (3.33)$$

где $\mathcal{E}_{\text{купе}}$ – затраты на выделение багажных купе в составе пассажирских поездов;

$\mathcal{E}_{\text{пров.}}^{\text{доп.}}$ – доплата проводникам пассажирских вагонов, в которых выделяется багажное купе, за дополнительные функции по погрузке-выгрузке багажа и материальную ответственность, (20% от заработной платы),

$$\mathcal{E}_{\text{купе}} = \sum m_i * k_i^{\text{бк}} * 4 * C_i^{\text{купе}}, \quad (3.34)$$

где m_i – количество поездов в месяц i -ого назначения с багажным купе;

$k_i^{\text{бк}}$ – количество багажных купе в i -ом поезде;

$C_i^{\text{купе}}$ – стоимость 1-ого купейного места в i -ом поезде.

$$\mathcal{E}_{\text{пров.}}^{\text{доп.}} = \sum (2 * 0,2 * Z_{\text{п}} * k_i^{\text{бк}}) \quad (3.35)$$

где $Z_{\text{п}}$ – заработная плата проводника, (в среднем принимается равным 25000 руб/мес.);

Расчеты представлены в таблице 3.7.

Итого суммарные затраты составили 11 121 060 руб.

Доходы от перевозки багажа останутся такими же, как в предыдущем варианте. Таким образом, прибыль будет равна:

$$\Pi = 7\ 602\ 067,5 - 11\ 121\ 060 = -3\ 518\ 993 \text{ руб.}$$

Произведенные расчеты показали, что использование багажных купе приведет к существенному сокращению расходов пассажирской компании. Кроме этого, технология перевозки багажа в пассажирских вагонах повысит качество пассажирских перевозок, так как багаж будет следовать всегда в одном поезде с пассажиром, что не маловажно при выборе транспорта для поездки.

Таблица 3.7

Затраты на использование багажных купе

№ поезда	ст. входа на полигон (отправления)	ст. выхода с полигона (назначения)	количество поездов в месяц	Количество багажных купе в поезде	Стоимость купейного места, руб	Стоимость багажных купе в поезде, руб	Доплата проводникам, руб	Затраты, руб
260/259	Москва	Вологда	20	1	2666	213280	10000	217280
42/41	Москва	Воркута	30	2	6284	1508160	20000	1516160
376/375	Москва	Воркута	30	2	5794	1390560	20000	1398560
120/119	Москва	Котлас	30	2	3583	859920	20000	867920
22/21	Москва	Лабытнанги	15	3	9329	1679220	30000	1691220
210/209	Москва	Лабытнанги	15	3	6768	1218240	30000	1230240
224/223	Москва	Сосногорск	15	2	4787	574440	20000	582440
34/33	Москва	Сыктывкар	15	2	5825	699000	20000	707000
126/125	Москва	Череповец	30	1	3750	450000	10000	454000
102/101	Москва	Ярославль	30	1	2368	284160	10000	288160
104/103	Москва	Ярославль	30	1	2368	284160	10000	288160
106/105	Москва	Ярославль	30	1	2368	284160	10000	288160
286/285	Ярославль	Вологда	15	1	1592	95520	10000	99520
227	Микунь	Сыктывкар	15	1	1296	77760	10000	81760
635/636	Микунь (Печора)	Сыктывкар	30	1	1195	143400	10000	147400
306/305	Микунь (Сыктывкар)	Усинск	30	2	2515	603600	20000	611600
305/304	Микунь (Усинск)	Сыктывкар	30	1	1195	143400	10000	147400
616/615	Печора	Усинск	30	1	1342	161040	10000	165040
692/691	Печора	Усинск	30	1	1342	161040	10000	165040
ИТОГО								11 121 060

Выводы по главе 3.

1. Разработанный алгоритм расчета плана формирования почтово-багажных поездов разделяет данную задачу на 3 этапа. Расчет плана формирования на следующий год, корректировка плана формирования перед каждым месяцем и корректировка плана формирования в режиме реального времени по фактическим грузо- и вагонопотокам. Такой порядок действий позволит уменьшить потери при ошибочных прогнозах, а также это поможет более точно распределить поездопотоки для каждого месяца в отдельности.

2. В методике расчета стоимостной оценки почтово-багажного поезда учтены особенности существующих тарифов, касающихся взаимоотношений между перевозчиком и владельцем инфраструктуры. Расходы разделены на две составляющие: «вагонную» и «поездную». Это позволяет при расчете плана формирования оптимизировать не только поездопотоки, но и формирование состава поезда.

3. Преимущества разработанной математической модели расчета плана формирования почтово-багажных поездов в том, что в качестве исходных данных принимаются не густоты вагонопотоков, а струи вагонопотоков. Это позволяет сохранить информацию о станции отправления и станции назначения вагонопотока, более точно учесть затраты на накопление и затраты на станциях переработки поездов. Кроме этого модель позволяет детально проанализировать состав поезда, что немало важно при составлении плана формирования поездов.

4. Разработанная методика расчета плана формирования позволяет учесть затраты на накопление вагонов, на прицепку/отцепку вагонов в пути следования эксплуатационные затраты на поездную и вагонную составляющую, что дает возможность объективно оценить полученный результат. Кроме этого, в задаче учтено условие следования вагонов от станции отправления до станции назначения в одном поезде, что значительно

повышает срок доставки грузов. Для почтово-багажных перевозок этот фактор является одним из главных.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПЛАНА ФОРМИРОВАНИЯ ПАССАЖИРСКИХ И БАГАЖНЫХ ПОЕЗДОВ НА ВЫБРАННЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ И ПОЛИГОНАХ

4.1. Анализ результатов расчета числа и назначений пассажирских поездов на полигоне Москва – Архангельск – Воркута.

Схема расчетного полигона Москва – Архангельск – Воркута показана на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Схема расчетного полигона Москва – Архангельск – Воркута

Массив возможных поездных назначений представлен в таблице 4.1. перспективные корреспонденции пассажиропотоков на 2014г представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.1

Массив возможных поездных назначений.

№ поезда	Маршрут	Композиция состава	Вместимость	Количество поездов	Расходы по пробегу поезда, тыс. руб.
16/15	Москва - Архангельск	7К+7П+1СВ	676	x_1	389,1
22/21	Москва - Лабытнанги	7К+7П+1СВ	676	x_2	699,4
24/24	Москва - Сыктывкар	11К+5П+1СВ	712	x_3	749,0
34/33	Москва - Сосногорск	7К+7П+1СВ	676	x_4	486,7
42/41	Москва - Воркута	11К+5П+1СВ	712	x_5	915,2
60/59	Москва - Вологда	5К+12П+1СВ	874	x_6	232,3
126/125	Москва - Череповец	5К+12П+1СВ	874	x_7	267,3
210/209	Москва - Лабытнанги	11К+5П+1СВ	712	x_8	1232,5
234/233	Москва - Архангельск	7К+7П+1СВ	676	x_9	387,4
318/317	Москва - Архангельск	7К+7П+1СВ	676	x_{10}	775,1
320/319	Москва – Котлас Ю.	7К+7П+1СВ	676	x_{11}	374,0
372/371	Котлас Ю. - Архангельск	5К+12П+1СВ	874	x_{12}	532,4
376/375	Москва - Воркута	7К+7П+1СВ	676	x_{13}	668,8

Таблица 4.3

Перспективные корреспонденции пассажиропотоков на направлении Москва - Архангельск – Воркута
на июль 2014 года.

Ст. назначения Ст. отправления	Москва	Ярославль	Данилов	Вологда	Череповец	Коноша	Архангельск	Котлас Южный	Микунь	Сыктывкар	Сосногорск	Печора	Усинск	Лабытнанги	Воркута
Москва	-	47497	827	19903	10578	874	31898	4235	2458	5371	1411	2639	3874	5419	6952
Ярославль	52468	-	176	3633	850	652	4874	912	261	490	337	448	31	141	395
Данилов	1232	286	-	298	25	51	456	11	11	5	16	14	0	7	19
Вологда	15236	3864	684	-	569	1394	7182	833	223	452	140	218	58	131	270
Череповец	8561	1643	0	671	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Коноша	1056	432	154	1462	-	-	4315	338	133	291	27	56	11	42	15
Архангельск	28356	3764	876	8753	-	5493	-	10691	-	-	-	-	-	-	-
Котлас Южный	5803	1346	0	643	-	462	-	-	644	74	171	529	293	187	471
Микунь	1915	354	65	346	-	85	-	664	-	1900	354	652	327	153	1014
Сыктывкар	6843	265	5	653	-	164	-	120	1652	-	926	2509	3481	-	569
Сосногорск	1498	465	15	214	-	30	-	152	465	1234	-	1011	565	102	587
Печора	2135	324	15	320	-	64	-	632	524	2785	952	-	7187	116	630
Усинск	3265	0	0	42	-	10	-	321	468	3156	462	6879	-	-	-
Лабытнанги	6354	233	10	56	-	52	-	210	164	-	85	85	-	-	-
Воркута	6579	679	22	153	-	14	-	412	1243	647	619	615	-	-	-

Для расчета плана формирования пассажирских поездов на заданном полигоне используется математическая модель расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиров, представленная в пункте 2.2. Для мощных корреспонденций пассажиропотоков был задан уровень беспересадочного сообщения $U = 1000$ человек в месяц. Результаты расчетов представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Результат расчёта плана формирования при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков.

№ поезда	Сообщение		Композиция состава	Вместимость	Кол-во поездов в месяц	% использования вместимости
	Начало маршрута	Конец маршрута				
15/16	Москва-Ярославская	Архангельск	7К+7П+1СВ	676	32	92
24/24	Москва-Ярославская	Сыктывкар	11К+5П+1СВ	676	16	91
33/34	Москва-Ярославская	Сосногорск	7К+7П+1СВ	676	16	86
41/42	Москва-Ярославская	Воркута	11К+5П+1СВ	712	31	94
125/126	Москва-Ярославская	Череповец	5К+12П+1СВ	874	35	81
233/234	Москва-Ярославская	Архангельск	7К+7П+1СВ	676	40	86
319/320	Москва-Ярославская	Котлас Ю.	7К+7П+1СВ	676	32	81
371/372	Котлас Южный	Архангельск	5К+12П+1СВ	874	14	85
375/376	Москва-Ярославская	Воркута	7К+7П+1СВ	676	35	86
Итого:					251	87

В таблице 4.4. представлены данные действующего плана формирования. Сумма затрат для расчетного варианта плана формирования составила 128 274 751 руб., а для существующего 147 871 241 руб. Экономия затрат в месяц составит 19 596 490 руб. или 13,2%. Кроме этого, если сравнить процент использования вместимости по поездам, то для полученного плана формирования он составил 87%, а для действующего плана формирования 72%. Данный показатель возрос во многом за счет

**Действующий план формирования на полигоне
Москва – Архангельск – Воркута на расчетный период**

Поезд	Сообщение		Кол-во поездов в месяц	% использова- ния вместимости
	Начало	Конец		
16/15	Москва-Ярославская	Архангельск	30	82
21/22	Москва-Ярославская	Лабытнанги	8	71
23/24	Москва-Ярославская	Сыктывкар	15	65
33/34	Москва-Ярославская	Сыктывкар	15	74
41/42	Москва-Ярославская	Воркута	31	80
60/59	Москва-Ярославская	Вологда I	31	52
126/125	Москва-Ярославская	Череповец	31	86
209/210	Москва-Ярославская	Лабытнанги	8	68
233/234	Москва-Ярославская	Архангельск	15	82
317/318	Москва-Ярославская	Архангельск	15	68
319/320	Москва-Ярославская	Котлас-Южн.	31	65
371/372	Котлас-Южн.	Архангельск	31	68
375/376	Москва-Ярославская	Воркута	31	85
Итого:			293	72

сокращения размеров движения пассажирских поездов, но при этом пассажиры распределились более равномерно. Кроме этого, одним из преимуществ полученного по расчетам плана формирования является выполнение заданного уровня беспересадочного сообщения, что безусловно положительно повлияло на распределение пассажиропотоков.

Результаты расчета на данном полигоне представленные в работе использовались АО «ФПК» при разработке плана формирования на 2014г, о чем свидетельствует «Акт о внедрении» №12438/ФПК от 03 декабря 2014 года (Приложение 1).

4.2. Анализ результатов расчета числа и назначений пассажирских поездов на направлении Москва – Адлер.

Схема расчетного направления Москва – Адлер и схема поездопотоков представлена на рисунке 4.2.

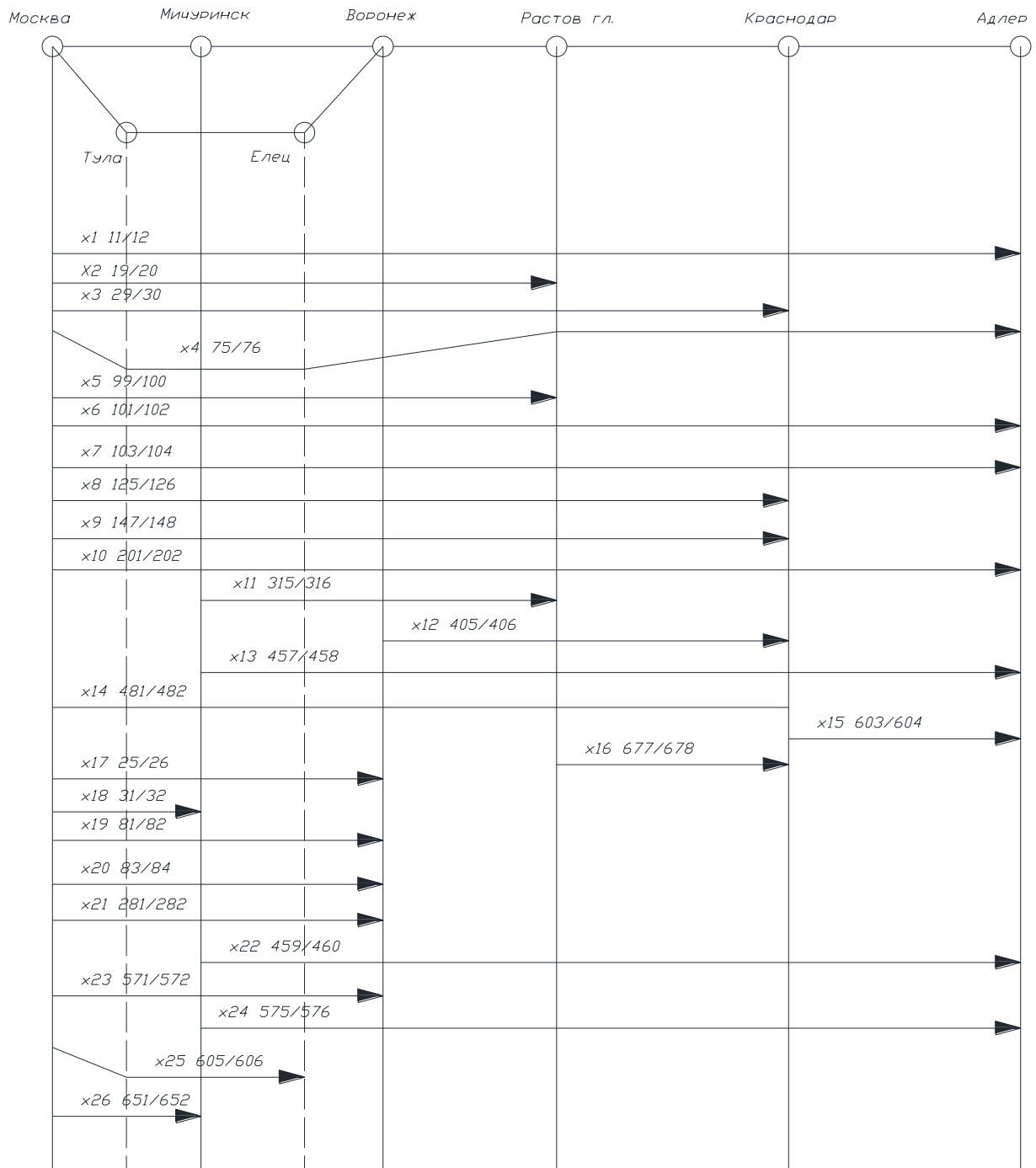


Рисунок 4.2 – Схема расчетного направления Москва – Адлер.

Перспективные корреспонденции пассажиропотока, сегментированные по типам мест и расходы по пробегу поездов представлены в таблицах 4.5, 4.6 соответственно.

Таблица 4.5

Перспективные корреспонденции пассажиропотоков на направлении
Москва - Адлер на август 2014 г.

Пассажиропоток	Корреспонденция пассажиропотока				
	СВ	К	ПЛ	О(С)	Всего
Москва - Адлер	3950	60217	192833	0	257000
Москва - Краснодар1	351	5001	5957	0	11309
Москва - Ростов Гл.	610	9426	11770	160	21966
Москва - Воронеж	1366	12548	19620	0	33534
Москва - Мичуринск	36	1459	7725	737	9957
Москва - Тула	12	1186	5255	1056	7509
Москва - Елец	82	832	1221	0	2135
Мичуринск - Адлер	21	400	419	0	840
Мичуринск - Краснодар1	3	67	68	0	138
Мичуринск - Ростов Гл.	2	116	145	0	263
Мичуринск - Воронеж	2	311	679	0	992
Тула - Адлер	48	1259	2986	0	4293
Тула - Краснодар1	0	109	346	0	455
Тула - Ростов Гл.	2	169	335	0	506
Тула - Воронеж	1	110	101	0	212
Тула - Елец	0	2	10	0	12
Елец - Адлер	1	334	505	0	840
Елец - Краснодар1	0	37	103	0	140
Елец - Ростов Гл.	0	49	221	0	270
Елец - Воронеж	0	21	11	0	32
Воронеж - Адлер	313	9565	11459	31	21368
Воронеж - Краснодар1	36	492	787	1	1316
Воронеж - Ростов Гл.	46	768	958	6	1778
Ростов Гл. - Адлер	236	6148	11907	0	18291
Ростов Гл. - Краснодар1	21	526	973	0	1520
Краснодар1 - Адлер	513	5080	10888	38	16519
ИТОГО	7652,0	116232,0	287282,0	2029,0	

Расходы по пробегу поездов на направлении Москва – Адлер

№ поезда	Сообщение		Вместимость	Расходы по пробегу поезда в одном направлении, руб
	Начало маршрута	Конец маршрута		
11/12	Адлер	Москва Каз	516	485166
19/20	Ростов	Москва Каз	558	349906
29/30	Новороссийск	Москва Каз	586	410067
75/76	Адлер	Москва Кур	712	723081
101/102	Адлер	Москва Каз	450	488881
103/104	Москва Каз	Адлер	564	447711
125/126	Москва Каз	Новороссийск	722	466014
147/148	Москва Каз	Новороссийск	874	523346
201/202	Адлер	Москва Каз	874	528341
481/482	Новороссийск	Москва Павел	722	485876
677/678	Ростов	Новороссийск	440	90659,2
25/26	Москва Павелецкая	Воронеж	756	276445
31/32	Москва Павелецкая	Тамбов	972	242777
81/82	Москва Павелецкая	Воронеж	666	213945
83/84	Москва Павелецкая	Лиски	716	213507
281/282	Москва Павелецкая	Воронеж	738	245954
459/460	Тамбов	Адлер	658	475768
571/572	Москва Павелецкая	Воронеж	360	124782
575/576	Тамбов	Адлер	360	332987
605/606	Москва Павелецкая	Елец	684	132911
651/652	Москва Павелецкая	Тамбов	1098	166314

Направление Москва – Адлер не является изолированным полигоном, за счет чего появляется большой процент транзитных потоков. Для того чтобы не нарушить структуру пассажиропотока и сохранить поезда, пользующиеся высоким спросом, в данном расчете было введено ядро графика, в котором поезда населенностью выше 85% сохраняют свои размеры движения из действующего плана формирования. Для уменьшения размерности задачи из расчета были исключены транзитные поезда и в соответствии с этим скорректированы величины корреспонденций пассажиропотоков. Данные об использовании вместимости поездов действующего плана формирования приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6

Процент использования вместимости пассажирских поездов на направлении Москва - Адлер

Поезд	Сообщение		% использования вместимости
	Начало	Конец	
11/12	Адлер	Москва Каз	78
19/20	Ростов	Москва Каз	59
29/30	Новороссийск (Краснодар)	Москва Каз	97
76/75	Адлер	Москва Кур	79
99/100	Ростов	Москва Каз	65
102/101	Адлер	Москва Каз	98
103/104	Москва Каз	Адлер	94
125/126	Москва Каз	Новороссийск	90
147/148	Москва Каз	Новороссийск	94
201/202	Адлер	Москва Каз	95
482/481	Новороссийск	Москва Павел	77
603/604	Адлер	Краснодар	57
677/678	Ростов	Новороссийск (Краснодар)	75
25/26	Москва Пав	Воронеж	54
31/32	Москва Пав	Тамбов	62
81/82	Москва Пав	Воронеж	60
83/84	Москва Пав	Лиски	80
281/282	Москва Пав	Воронеж	48
459/460	Тамбов	Адлер	89
571/572	Москва Пав	Воронеж	60
575/576	Тамбов	Адлер	54
605/606	Москва Пав	Елец	44
651/652	Москва Пав	Тамбов	39
Среднее значение:			71

Для расчета плана формирования на направления Москва – Адлер в данной работе применялась математическая модель, представленная в пункте 2.3.1 – «Модель расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения с фиксированными схемами составов». Нижний уровень беспересадочного сообщения пассажиропотоков был принят равным $U = 1000$ пассажиров в месяц.

Результаты расчета представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7

Результаты расчета плана формирования пассажирских поездов на полигоне Москва – Адлер

№ поезда	Сообщение Начало маршрута	Конец маршрута	Вместимость	Число поездов в месяц	% использования вместимости
11/12	Москва	Адлер	516	58	91
29/30	Новороссийск	Москва	586	59	85
75/76	Адлер	Москва	712	64	81
101/102	Адлер	Москва	450	55	86
103/104	Москва	Адлер	564	60	84
125/126	Москва	Новороссийск	722	40	95
147/148	Москва	Новороссийск	874	31	93
201/202	Адлер	Москва Каз	874	45	82
457/458	Адлер	Тамбов	928	31	78
25/26	Москва	Воронеж	756	31	87
459/460	Тамбов	Адлер	658	16	75
605/606	Москва	Елец	684	15	88
Всего:				505	85

Расчетная выручка от продажи билетов составит 505 334 548 руб. при этом затраты по пробегу поездов составят 243 926 085 руб. Таким образом расчетная прибыль компании составила 261 408 462 руб. в месяц. За счет введения в обращение поездов с более дальними маршрутами следования

удалось сократить размеры движения и сократить пробег свободных мест в поездах и, как следствие, сократить расходы на перевозки.

4.3. Анализ результатов расчета числа и назначений багажных и грузобагажных поездов и вагонов на полигоне Москва – Санкт-Петербург – Архангельск – Воркута.

На рисунке 4.3 представлен расчетный полигон Москва – Санкт-Петербург – Архангельск – Воркута.

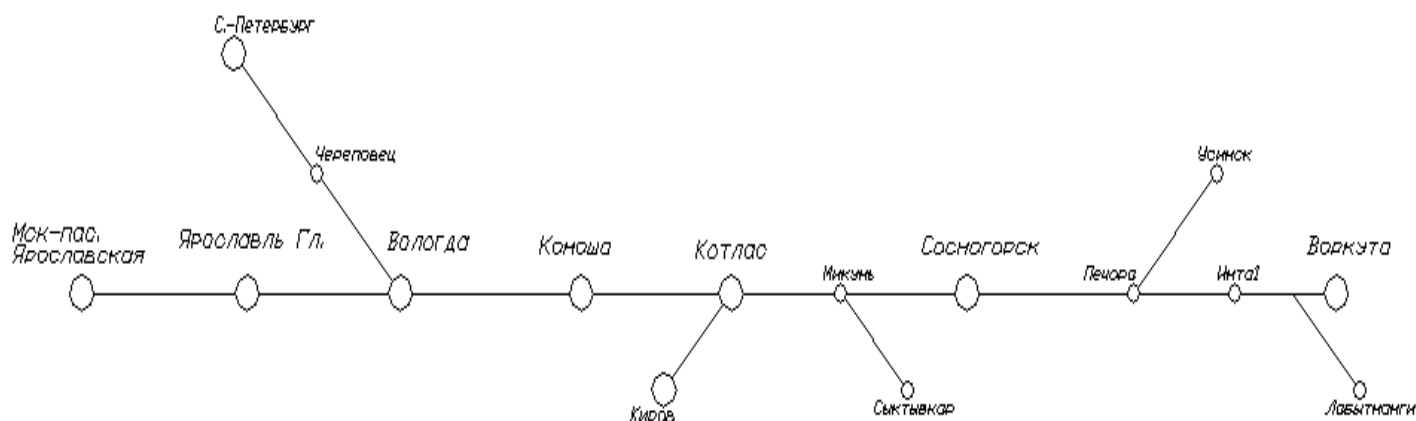


Рисунок 4.3 – Расчетный полигон Москва – Санкт-Петербург – Архангельск – Воркута.

В таблице 4.8 приведены величины корреспонденций вагонопотоков грузобагажа за 2013г на расчетном полигоне.

Массив поездных назначений для расчета плана формирования почтово-багажных поездов формируется из действующих почтово-багажных поездов, а также из новых маршрутов. Выбор новых маршрутов производился по основным вагонопотокам (более 10 вагонов в месяц). В массиве поездных назначений содержится информация:

- станция отправления, станция назначения;
- длина маршрута следования;
- имя переменной, которая будет использоваться при расчете плана формирования;

В таблице 4.9 приведен массив поездных назначений.

Таблица 4.8.

Величины и корреспонденции почтово-багажных вагонопотоков на полигоне
Москва – Санкт-Петербург – Архангельск – Воркута.

N п/п	Маршрут		Расстояние	Количество вагонов
1	С.-Петербург	Воркута	2371	25
2	С.-Петербург	Лабытнанги	2300	7
3	Москва	Воркута	2298	23
4	Киров	Воркута	1563	53
5	Киров	Инта	1295	26
6	Киров	Лабытнанги	1692	39
7	Киров	Печора	1115	35
8	Киров	Усинск	1271	51
9	Лабытнанги	Воркута	261	17
10	Котлас Южн.	Воркута	1186	10
11	Котлас Южн.	Усинск	894	9
12	Ярославль	Воркута	1972	22
13	Ярославль	Лабытнанги	2101	10
14	Ярославль	Котлас Южн.	795	29
15	Ярославль Г.	Сосногорск	1298	4
16	Череповец	Воркута	1882	7
17	Сыктывкар	Воркута	1048	4
18	Сыктывкар	Усинск	756	26
19	Сосногорск	Лабытнанги	826	3
20	Сосногорск	Печора	249	11
21	Вологда	Котлас Южн.	522	10
22	Вологда	Сосногорск	1084	4
23	Сосногорск	инта 1	440	4

Таблица 4.9

Массив поездных назначений

№ п-п	Маршрут следования		Расстояние	Имя переменной
1	Санкт-Петербург	Воркута	2371	x_1
2	Киров	Лабытнанги	1698	x_2
3	Киров	Воркута	1569	x_3
4	Киров	Инта	1301	x_4
5	Киров	Печора	1121	x_5
6	Москва	Воркута	2285	x_7
7	Киров	Усинск	1191	x_8
8	Ярославль	Воркута	2000	x_{11}
9	Ярославль	Лабытнанги	2124	x_{12}

Для определения необходимости назначения новых почтово-багажных поездов на расчетном полигоне, расчет плана формирования необходимо производить совместно с расчетом прицепных групп вагонов к пассажирским поездам. Для этого в табл. 4.10 приведен перечень пассажирских поездов, обращающихся на данном полигоне.

Таблица 4.10

Пассажирские поезда на направлении Москва - Воркута

№ п/п	Станция отправления	Станция назначения
319/320	Москва-Ярославская	Котлас-Южн.
23/24	Москва-Ярославская	Сыктывкар
33/34	Москва-Ярославская	Сосногорск
21/22	Москва-Ярославская	Лабытнанги
209/210	Москва-Ярославская	Лабытнанги
375/376	Москва-Ярославская	Воркута
41/42	Москва-Ярославская	Воркута
205/206	Москва-Ярославская	Воркута
387/388	Санкт - Петербург Ладож.	Воркута
99/100	Киров Пасс.	Воркута
635/636	Сыктывкар	Воркута
951/952	Печора	Усинск
953/954	Воркута	Лабытнанги

Эксплуатационные затраты, приходящиеся на поездную и вагонную составляющую, приведены в таблицах 4.11 и 4.12.

Таблица 4.11

Эксплуатационные затраты, приходящиеся на поездную составляющую.

№ п-п	Маршрут следования		Номер переменной	Всего, руб.
1	Санкт-Петербург	Воркута	x_1	487984,4
2	Киров	Лабытнанги	x_2	361340,9
3	Киров	Воркута	x_3	337066
4	Киров	Инта	x_4	286634,4
5	Москва	Воркута	x_5	471801,1
6	Киров	Усинск	x_7	265934,9
7	Ярославль	Воркута	x_8	418170,5
8	Ярославль	Лабытнанги	x_{11}	441504,5

Эксплуатационные затраты, приходящиеся на вагонную составляющую.

№ п/п	Маршрут		Переменная	Всего
1	С.-Петербург	Воркута	у2401	89194,96
2	С.-Петербург	Воркута	у0101	89001,05
3	Москва	Воркута	у2103	86661,51
4	Москва	Воркута	у2203	83005,13
5	Москва	Воркута	у2303	85990,46
6	Москва	Воркута	у0703	84889,10
7	Киров	Воркута	у0304	61754,21
8	Киров	Воркута	у2504	62707,87
9	Киров	Инта	у0305	53927,35
10	Киров	Инта	у2505	50216,75
11	Киров	Инта	у0205	49982,75
12	Киров	Инта	у0405	49982,75
13	Киров	Лабытнанги	у0206	65627,80
14	Киров	Печора	у0307	48354,01
15	Киров	Печора	у2507	44940,10
16	Киров	Печора	у0207	43428,95
17	Киров	Печора	у0407	43428,95
18	Киров	Печора	у0807	43428,95
19	Киров	Усинск	у0808	46311,00
20	Котлас Южн.	Воркута	у0310	50013,70
21	Котлас Южн.	Воркута	у2110	46520,19
22	Котлас Южн.	Воркута	у2210	42891,77
23	Котлас Южн.	Воркута	у2310	53570,72
24	Котлас Южн.	Воркута	у2410	50178,41
25	Котлас Южн.	Воркута	у2510	46014,02
26	Котлас Южн.	Воркута	у0110	44603,60
27	Котлас Южн.	Воркута	у0710	45140,00
28	Котлас Южн.	Воркута	у1110	45140,00
29	Котлас Южн.	Усинск	у0811	34683,55
30	Ярославль	Воркута	у2112	78515,23
31	Ярославль	Воркута	у2212	74529,50
32	Ярославль	Воркута	у2312	77711,27
33	Ярославль	Воркута	у0712	74552,75
34	Ярославль	Воркута	у1112	74083,40
35	Ярославль	Лабытнанги	у1913	81966,98
36	Ярославль	Лабытнанги	у2013	81966,98
37	Ярославль	Лабытнанги	у1213	81966,98
38	Ярославль	Котлас Южн.	у1514	35408,77

№ п/п	Маршрут		Переменная	Всего
39	Ярославль	Котлас Южн.	y1614	34943,45
40	Ярославль	Котлас Южн.	y1814	35743,95
41	Ярославль	Котлас Южн.	y1914	36806,57
42	Ярославль	Котлас Южн.	y2014	36806,57
43	Ярославль	Котлас Южн.	y2114	36146,70
44	Ярославль	Котлас Южн.	y2214	34897,15
45	Ярославль	Котлас Южн.	y2314	38099,98
46	Ярославль	Котлас Южн.	y0714	31380,65
47	Ярославль	Котлас Южн.	y1114	31425,35
48	Ярославль	Котлас Южн.	y1214	31380,65
49	Ярославль	Сосногорск	y1915	57824,03
50	Ярославль	Сосногорск	y2015	57824,03
51	Ярославль	Сосногорск	y2115	58958,57
52	Ярославль	Сосногорск	y2215	53660,98
53	Ярославль	Сосногорск	y2315	55432,27
54	Ярославль	Сосногорск	y0715	48282,20
55	Ярославль	Сосногорск	y1115	48282,20
56	Ярославль	Сосногорск	y1215	48282,20
57	Ярославль	Сосногорск	y1815	48282,20
58	Череповец	Воркута	y2416	75564,65
59	Череповец	Воркута	y0116	70398,35
60	Сосногорск	Лабытнанги	y1919	44792,93
61	Сосногорск	Лабытнанги	y2019	44792,93
62	Сосногорск	Лабытнанги	y0219	33134,45
63	Сосногорск	Лабытнанги	y1219	33134,45
64	Сосногорск	Печора	y0320	21327,00
65	Сосногорск	Печора	y1920	26103,17
66	Сосногорск	Печора	y2020	26103,17
67	Сосногорск	Печора	y2120	15955,52
68	Сосногорск	Печора	y2220	15723,88
69	Сосногорск	Печора	y2320	27233,22
70	Сосногорск	Печора	y2420	26360,54
71	Сосногорск	Печора	y2520	18285,10
72	Сосногорск	Печора	y2620	16671,29
73	Сосногорск	Печора	y0120	10842,05
74	Сосногорск	Печора	y0220	10842,05
75	Сосногорск	Печора	y0420	10842,05
76	Сосногорск	Печора	y0720	10842,05
77	Сосногорск	Печора	y0820	10842,05
78	Сосногорск	Печора	y1120	10842,05
79	Сосногорск	Печора	y1220	10842,05

№ п/п	Маршрут		Переменная	Всего
80	Вологда	Котлас Южн.	y1521	25738,75
81	Вологда	Котлас Южн.	y1621	28858,65
82	Вологда	Котлас Южн.	y1821	30939,95
83	Вологда	Котлас Южн.	y1921	39771,45
84	Вологда	Котлас Южн.	y2021	40465,90
85	Вологда	Котлас Южн.	y2121	26158,98
86	Вологда	Котлас Южн.	y2221	24582,34
87	Вологда	Котлас Южн.	y2321	33499,91
88	Вологда	Котлас Южн.	y2421	39559,35
89	Вологда	Котлас Южн.	y0121	23201,51
90	Вологда	Котлас Южн.	y0721	23389,25
91	Вологда	Котлас Южн.	y1121	23121,05
92	Вологда	Котлас Южн.	y1221	23389,25
93	Вологда	Сосногорск	y1922	43574,90
94	Вологда	Сосногорск	y2022	43574,90
95	Вологда	Сосногорск	y2122	42238,00
96	Вологда	Сосногорск	y2222	42266,05
97	Вологда	Сосногорск	y2322	42800,40
98	Вологда	Сосногорск	y2422	49822,90
99	Вологда	Сосногорск	y0122	40693,10
100	Вологда	Сосногорск	y0722	41497,70
101	Вологда	Сосногорск	y1122	40156,70
102	Вологда	Сосногорск	y1222	40424,90
103	Вологда	Сосногорск	y1822	40693,10
104	Сосногорск	Инта	y1923	31510,65
105	Сосногорск	Инта	y0323	26089,28
106	Сосногорск	Инта	y2023	31104,38
107	Сосногорск	Инта	y2123	23905,90
108	Сосногорск	Инта	y2223	24412,20
109	Сосногорск	Инта	y2323	23905,90
110	Сосногорск	Инта	y2423	24226,10
111	Сосногорск	Инта	y2523	24172,05
112	Сосногорск	Инта	y2623	17261,75
113	Сосногорск	Инта	y0123	17127,65
114	Сосногорск	Инта	y0223	17261,75
115	Сосногорск	Инта	y0423	17127,65
116	Сосногорск	Инта	y0723	17261,75
117	Сосногорск	Инта	y1123	17127,65
118	Сосногорск	Инта	y1223	17261,75
119	Воркута	Лабытнанги	y2809	12747,35
120	Сыктывкар	Воркута	y2617	43179,30

На основе методики расчета плана формирования почтово-багажных поездов, приведенной в пункте 3.4 произведен расчет плана формирования багажных и грузобагажных поездов и групп прицепных вагонов. Результаты расчета представлены в таблицах 4.13 и 4.14.

Таблица 4.13

Результаты расчета числа и назначений багажных и грузобагажных поездов.

№ п/п	Маршрут следования почтово-багажного поезда	№ пер.	Кол-во поездов в месяц
1	С.-Петербург – Воркута	x ₁	4
2	Киров – Лабытнанги	x ₂	4
3	Киров – Воркута	x ₃	4
4	Киров - Усинск	x ₈	4

Таблица 4.2

Результаты расчета числа и назначений групп прицепных вагонов в составе пассажирских поездов.

№ п/п	Маршрут следования пассажирского поезда	Маршрут следования прицепной группы	№ пер.	Кол-во вагонов в месяц
1	С.-Петербург-Воркута	Котлас - Воркута	y2410	12
2	М.-Ярославская – Воркута	Ярославль – Воркута	y2212	24
3	М.-Ярославская – Лабытнанги	Ярославль – Лабытнанги	y1913	12
4	М.-Ярославская – Котлас	Ярославль – Котлас	y1514	14
5	М.-Ярославская – Сыктывкар	Ярославль - Котлас	y1614	7
6	М.-Ярославская – Сосногорск	Ярославль - Котлас	y1814	4
7	М.-Ярославская – Москва-Воркута	Ярославль - Котлас	y2214	2
8	Воркута-Лабытнанги	С.Петербург - Лабытнанги	z28021	6
9	Воркута-Лабытнанги	Воркута-Лабытнанги	y2809	15
10	Сыктывкар-Воркута	Сыктывкар-Воркута	y2617	6
11	Сыктывкар-Воркута	Сыктывкар-Усинск	z2618	24
12	Печора-Усинск	Сыктывкар-Усинск	z2718	24
13	С.-Петербург – Воркута	С.-Петербург – Лабытнанги	z24021	6
14	М.-Ярославская – Лабытнанги	Ярославль-Сосногорск	y2015	4

Результаты расчетов показывают необходимость введения в обращение 16 багажных и грузобагажных поездов 4-х назначений со средним составом поезда в 19 вагонов. Кроме того, целесообразно сохранить группы прицепных вагонов (до 2-х вагонов в группе) в составах пассажирских поездов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе на основе анализа отечественного опыта определены направления исследований в области повышения эффективности пассажирских перевозок в дальнем сообщении. Сделан вывод о необходимости перейти от разработки математических моделей расчета плана формирования пассажирских поездов на основе агрегированных данных о перспективных пассажиропотоках в виде густот пассажиропотока к моделям основанным на применении непосредственно перспективных корреспонденций пассажиропотоков, что позволит:

- прояснить картину освоения пассажиропотоков поездами;
- создать возможность освоения одной и той же корреспонденции поездами различных маршрутов;
- выполнить декомпозицию сетевой задачи расчета плана формирования пассажирских поездов на ряд задач полигонного уровня.

2. Введение требования, обеспечивающего выполнение беспересадочных сообщений для основного потока пассажиров, повысит качество и комфортабельность пассажирских перевозок и конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

3. Анализ научных работ выполненных в области организации перевозок почты, багажа и грузобагажа показывает, что задачу расчета плана формирования багажных и грузобагажных поездов необходимо решать в комплексе с задачей расчета плана формирования пассажирских поездов, учитывая возможность перевозки багажа и грузобагажа в багажных вагонах в составе пассажирских поездов.

4. Модель расчета плана формирования при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков использует в качестве исходных данных перспективные корреспонденции пассажиропотоков, что дает возможность учитывать начальный и конечный пункт назначения пассажира. Таким образом, появляется возможность учесть одно из главных условий разработки плана формирования пассажирских поездов –

беспересадочное сообщение пассажиров. Кроме этого по результатам решения задачи можно получить данные о распределении пассажиропотока по поездам, что позволяет уже на стадии планирования определить пункты и объемы посадки-высадки пассажиров для каждого поезда в отдельности. Так как данная модель не учитывает предпочтения пассажиров по типам мест, ее рекомендуется применять на полигонах, где эксплуатируется только один тип вагонов, например высокоскоростной подвижной состав, который в большинстве случаев имеет один тип вагонов и составы постоянного формирования.

5. Расчет плана формирования по предложенной модели при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков показывает, что количество пересадок пассажиров и их расположение можно смоделировать. Это достаточно важный фактор при планировании перевозок на больших полигонах, где располагаются крупные города, транспортные узлы, транзит пассажиров в которых серьезно затрудняет работу железнодорожного транспорта. Решение данной задачи позволит перераспределить потоки, разгрузить транзитные пункты. Кроме этого, организация пассажиропотоков с пересадками на тех станциях, где располагаются транспортно-пересадочные комплексы, инфраструктура которых с комфортом позволяет поменять вид транспорта или пересесть на другой поезд, позволит улучшить качество перевозок, что в-первую очередь улучшит качество перевозок и повысит комфорт и удобство пассажиров.

6. Сегментирование спроса на перевозки в зависимости от типа пассажирских вагонов с учетом ресурса вагонного парка при расчете плана формирования пассажирских поездов должно повысить уровень удовлетворения спроса пассажиров на перевозки, может привести к переходу части пассажиропотока с альтернативных видов транспорта на железнодорожный. Модель расчет плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения пассажиропотоков, сегментированных по типу мест при условии максимизации прибыли

пассажиркой компании позволяет повысить прибыль или сократить убыточность пассажирских перевозок при одновременном повышении их качества.

7. Расчет плана формирования пассажирских поездов при колебаниях пассажиропотока во времени позволяет распределить поездопотоки таким образом, чтобы вместимость поездов использовалась максимально эффективно при неравных пассажиропотоках в прямом и обратном направлении. Уход от парного движения позволяет более рационально использовать подвижной состав, снизить пробег свободных мест, а также сократить потребный парк пассажирских вагонов.

8. Комплексная методика расчета плана формирования пассажирских поездов позволяет адаптировать задачу расчета плана формирования пассажирских поездов к различным условиям эксплуатации.

9. Преимущества разработанной математической модели расчета плана формирования почтово-багажных поездов в том, что в качестве исходных данных принимаются не густоты вагонопотоков, а струи вагонопотоков. Это позволяет сохранить информацию о станции отправления и станции назначения вагонопотока, более точно учесть затраты на накопление и затраты на станциях переработки поездов. Кроме этого модель позволяет детально проанализировать состав поезда, что немало важно при составлении плана формирования поездов. Разработанная методика расчета плана формирования позволяет учесть затраты на накопление вагонов, на прицепку/отцепку вагонов в пути следования эксплуатационные затраты на поездную и вагонную составляющую, что дает возможность объективно оценить полученный результат. Кроме этого, в задаче учтено условие следования вагонов от станции отправления до станции назначения в одном поезде, что значительно повышает срок доставки грузов. Для почтово-багажных перевозок этот фактор является одним из главных.

10. Реализация методики расчета плана формирования пассажирских поездов разработанных в диссертации на направлениях Москва – Архангельск

– Воркута, включающих направления Московской и Северной железных дорог, на полигоне Москва – Адлер, включающей направления Московской, Юго-Восточной и Северо-Кавказской железных дорог позволяет заключить следующее:

- показана работоспособность предлагаемых математических моделей и адекватность полученных решений реальным условиям практики работы железных дорог;

- сокращаются размеры движения пассажирских поездов при условии удовлетворения спроса на перевозки пассажиров, в том числе и при сегментировании пассажиропотока по типу мест в вагонах разных категорий;

- увеличивается степень обеспечения беспересадочных сообщений пассажиров;

- сокращаются перевозочные затраты на полигоне Москва –Архангельск – Воркута по сравнению с действующим вариантом плана формирования на 13,2%;

- прибыль на полигоне Москва – Адлер составит 261 408 462 руб. в месяц максимальных перевозок (по данным 2014 года).

11. Реализация методики расчета плана формирования багажных и грузобагажных поездов на полигоне Москва – Санкт-Петербург – Архангельск – Воркута позволяет сделать вывод о том, что:

- предлагаемая в диссертации методика и математическая модель освоения потоков багажа и грузобагажа работоспособна и решения, получаемые на основе этой математической модели адекватно отражают реальные условия работы железных дорог в области багажных перевозок;

- показана необходимость введения в обращение 16 багажных и грузобагажных поездов 4-х назначений в месяц со средним составом поезда в 19 вагонов. Также приведено основание возможности для сохранения группы прицепных вагонов (до 2-х вагонов в группе) в составах пассажирских поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Баландин, А.М. Программа повышения скоростей движения [Текст]/ А.М. Баландин, С.С. Жабров, Ю.В. Попов // Железнодорожный транспорт, 1986. – №5. с.12-14.
2. Батурина, Н.А. Методика расчета плана формирования пассажирских поездов на направлениях с интенсивным грузовым движением [Текст]: автореф. дисс. канд. тех. наук: 05.22.08/ Батурина Надежда Алексеевна. – Москва, 1988. – 24 с.
3. Батурина, Н.А. Расчет плана формирования пассажирских поездов с учетом изменения пассажиропотока во времени [Текст]/ Н.А. Батурина// Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 657: Оптимизация эксплуатационной работы железных дорог. – М.: МИИТ, 1981. – с. 107-115.
4. Беленький, М.Н. Улучшение планирования показателей пассажирских перевозок [Текст]/ М.Н. Беленький// Железнодорожный транспорт, 1970. – №6. с. 65-70.
5. Беляк, А. И. К вопросу об установлении размеров и структуры транзитных пассажиропотоков [Текст]/ А.И. Беляк// Труды ВНИИЖТ, 1984. – с.53-58.
6. Бублик, Г.П. Пути повышения рентабельности багажных перевозок [Текст]/ Г.П. Бублик// Сборник трудов ТашИИТа. Выпуск 61. – Ташкент: ТашИИТ, 1969. – с.135-141.
7. Бублик Г.П. О развитии багажных перевозок на железных дорогах СССР [Текст]/ Г.П. Бублик// Научные труды ТашИИТ. Выпуск 50: Вопросы экономики транспорта. – Ташкент: ТашИИТ, 1969. – с. 80-86.
8. Бурдакова, Г.А. Выбор схемы формирования поездов [Текст]/ Г.А. Бурдакова, В.А. Федоров// Труды ВНИИЖТ, 1982. – с. 78-88.
9. Власов, В.Н. Ускоренная доставка и переработка багажа [Текст]/ В.Н. Власов, М.А. Фадеев// Железнодорожный транспорт, 1965. – №8. с. 24-26.

10. Власов, В.Н. Размещение и развитие багажных и почтовых устройств на крупных пассажирских станциях [Текст]: автореф. дисс. канд. тех. наук: 05.22.08/ В.Н. Власов. – Новосибирск, 1968. – 21 с.

11. Высоцкий, Ю.Л. Организация сдвоенных пассажирских поездов [Текст]/ Ю.Л. Высоцкий// Железнодорожный транспорт, 1984. – №7. с. 55-56

12. Гоманков, Ф.С. Исследования вопросов совершенствования схемы обращения пассажирских поездов [Текст]: автореф. дисс. канд. тех. наук: 05.22.08// Гоманков Федор Степанович. – Москва, 1973. – 23с.

13. Гуляев, Я.Ф. Исследование организации и механизации багажных операций в больших железнодорожных узлах [Текст]: дисс. канд. техн. наук/ Я.Ф. Гуляев. – Москва, 1954. – 134 с.

14. Давыдов, Г.С. Организация обращения пассажирских поездов повышенной длины на Северо-Кавказской железной дороге [Текст]/ Г.С. Давыдов, В.Н. Зубков, В.Н. Еременко// Сборник научных трудов РИИЖТ. Выпуск 182: Вопросы увеличения пропускной и провозной способности железных дорог. – Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1985. – с. 41-46.

15. Дмитриенко, А.В. Пассажирские перевозки в условиях перехода к рынку [Текст]/ А.В. Дмитриенко, Е.В. Покацкая// Железнодорожный транспорт, 1994. – №4. с. 2-10.

16. Жабров, С.С. Оптимизация оперативного управления пассажирскими перевозками в прямом и местном сообщениях [Текст]: автореф. канд. тех. наук: 05.22.08/ С.С. Жабров. – Москва, 1977. – 25 с.

17. Никитин, О.А. Выбор структуры управления пассажирскими перевозками [Текст]: дисс. канд. тех. наук: 05.22.08/ Никитин Олег Аникеевич. – Москва, 2006. – 288 с.

18. Жабров, С.С. Оценка величины неудовлетворенного спроса на перевозки пассажиров железнодорожным транспортом [Текст]/ С.С. Жабров, Ю.В. Попов// Труды ВНИИЖТ, 1984. – с.58-65.

19. Загордан, М.И. Пассажирские перевозки [Текст]: научное издание/ М.И. Загордан, Ф.И. Кравец. – М.: Транспечать, 1931. – 258 с.

20. Инструктивные указания по расчету плана формирования пассажирских поездов [Текст]/ Ю.О. Пазойский, В.Г.Шубко, Н.А. Батурина. – М.: МИИТ, 1987. – 60 с.

21. Ихненко, Н.П. Длинносоставные и сдвоенные пассажирские поезда [Текст]/ Н.П. Ихненко, Б.А. Кривошей, О.В. Березань// Железнодорожный транспорт, 1985. – №12. с. 27-29.

22. Киселев, А.Н. Выбор рациональных схем формирования составов пассажирских поездов [Текст]: автореф. дисс.канд. тех. наук: 05.22.08/ Киселев Александр Николаевич. – Москва, 1988. – 23 с.

23. Клигман, В.В. Основные принципы составления рациональной схемы обращения дальних пассажирских поездов [Текст]/ В.В. Клигман// Сборник научных трудов МИИТ. Выпуск 203: Вопросы организации вагонопотоков, графика движения и пропускной способности железных дорог. – Москва: МИИТ, 1965. – с. 162-188.

24. Кобзев, П.П. Автоматизация расчета пассажиропотоков дальнего следования [Текст]/ П.П. Кобзев, Е.В. Грицевская// Железнодорожный транспорт, 1970. – №7. с. 33-35.

25. Колпаков, В.С. Совершенствование пассажирских перевозок [Текст]: научное издание/ В.С. Колпаков, Шубко В.Г. – М.: Транспорт, 1983. – 191с.

26. Кочнев, Ф.П. Пассажирские станции и вокзалы [Текст]: научное издание/ Ф.П. Кочнев. – М.: Трансжелдориздат, 1950. – 300 с.

27. Кочнев, Ф.П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте [Текст]: учебник/ Ф.П. Кочнев. – М.: Транспорт, 1980. – 496 с.

28. Левин, Д.Ю. Пути освоения перспективных пассажиропотоков [Текст]/Д. Ю. Левин, В.И. Лукашев// Труды ВНИИЖТ, 1984. – с. 125-142.

29. Лукашев, В.И. Пути освоения пассажиропотоков на перспективу [Текст]: научное издание/ В.И. Лукашев и др. – М.: Транспорт, 1985. – 40 с.

30. Лукашев, В.И. К созданию автоматизированной системы управления пассажирскими перевозками [Текст]/ В.И. Лукашев, К.Ф. Семин// Труды ВНИИЖТ, 1982 – с. 88-94.

31. Макарова, Е.А. Повышение эффективности организации пассажирских перевозок на базе использования информационной среды АСУ «Экспресс» [Текст]: автореф. дисс. канд. тех. наук/ Макарова Елена Алексеевна. – Москва, 1999. – 29 с.

32. Марчук, Б.Е. Организация управления пассажирскими перевозками на базе средств вычислительной техники [Текст]/ Б.Е. Марчук// Труды ВНИИЖТ, 1984. – с. 27-44.

33. Михальцев, Е.В. Пассажирские перевозки на железных дорогах [Текст]/ Е.В. Михальцев. – М.: Транспечать, НКПС, 1937. – 145 с.

34. Начученко, А.С. План формирования почтово-багажных поездов и вагонов [Текст]: автореф. дисс. канд. тех. наук: 05.22.08/ А.С. Начученко. – Москва, 1987. – 28 с.

35. Пазойский, Ю.О. Расчет плана формирования пассажирских поездов с учетом спроса на категорию мест в поездах [Текст]/ Ю.О. Пазойский, О.Н. Панова// Труды третьей научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте», М., МИИТ, 2000.

36. Панова, О.Н. План формирования пассажирских поездов при условии удовлетворения спроса на категории мест [Текст]: дисс. канд. тех. наук: 05.22.08/ Панова Ольга Николаевна. – Москва, 2001. – 174 с.

37. Пазойский, Ю.О. Организация пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте (в примерах и задачах) [Текст]: научное издание/ Ю.О. Пазойский, Л.С. Рябуха, В.Г. Шубко. – М.Транспорт, 1991. – 240 с.

38. Пазойский, Ю.О. Математическая модель оптимизации пассажирских перевозок в дальнем сообщении [Текст]/ Ю.О. Пазойский, Д.В. Глазков// Вестник ВНИИЖТ, 2004 - №2. с. 39-41.

39. Пазойский, Ю.О. Математическая модель установления функции спроса пассажиров на перевозки в дальнем сообщении [Текст]/ Ю.О. Пазойский, Д.В. Глазков// Вестник ВНИИЖТ, 2004 – №6. с. 39-41.

40. Пазойский, Ю.О. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели методы и решения) [Текст]: учебное пособие/Ю.О. Пазойский, В.Г. Шубко, С.П. Вакуленко. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – 342 с.

41. Пазойский, Ю.О. Математическая модель расчета плана формирования почтово-багажных поездов [Текст] / Ю.О. Пазойский, М.Ю. Савельев // Наука и техника транспорта, 2012. – №1. с.68-72.

42. Пазойский, Ю.О. Расчет плана формирования поездов ФПК [Текст]/ Ю.О. Пазойский, Б.Ф. Андреев, М.Ю. Савельев// Мир транспорта, 2010. – №5. с.84-88.

43. Пазойский, Ю.О. Определение взаимосвязи почтово-багажных грузо- и вагонопотоков [Текст]/ Ю.О. Пазойский, М.Ю. Савельев// Материалы Международной научно-практической конференции «Подготовка и переподготовка кадров – основа обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте (Кишинев, Эврика, 2013). – 2013. – с.169-175.

44. Пазойский, Ю.О. Повышение безопасности перевозок почты, багажа и грузобагажа за счет рационального распределения работы между пассажирскими станциями [Текст] / Ю.О. Пазойский, М.Ю. Савельев // Двенадцатая научно-практическая конференция «Безопасность движения поездов». – 2011. – с.IX-17-IX-18.

45. Пазойский, Ю.О. Определение оптимального числа и назначения пассажирских поездов при условии обеспечения беспересадочного сообщения [Текст]/ Ю.О. Пазойский, М.Ю. Савельев// Materiale Conferintei Internationale «Sisteme de transport si logistica» (Chisinau, Evrica, 2009). – 2009. – с .368-377.

46. Петров, Д.В. Передовые методы труда багажных работников [Текст]: научное издание/ Д.В. Петров. – М.: Трансжелдориздат; 1954. – 115с.

47. Плахов, Г.Н. Прогнозирование и планирование пассажирских перевозок [Текст]/ Г.Н. Плахов// Железнодорожный транспорт, 1972. – №7. с. 23-25.

48. Покацкая, Е.В. Пассажирские перевозки в условиях перехода к рынку [Текст]/ Е.В. Покацкая, А.В. Дмитриенко// Железнодорожный транспорт, 1994. – №4. с. 2-10.

49. Правила перевозок пассажиров, багажа, грузобагажа железнодорожным транспортом, утвержденным приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 19.12.2013 года №473

50. Правдин, Н.В. Прогнозирование пассажирских потоков: Методика, расчеты, примеры [Текст]: научное издание/ Н.В. Правдин, В.Я. Негрей. – М.: Транспорт, 1980. – 222 с.

51. Правдин, Н.В. Механизация и автоматизация багажно-почтовых операций [Текст]: научное издание/Н.В. Правдин, В.А. Федоров. – М.:Транспорт, 1968. – 128 с.

52. Акулиничев, В.М. Математические методы в эксплуатации железных дорог [Текст]: учебное пособие/ В.М. Акулиничев, В.А. Кудрявцев, А.Н. Корешков. – М.: Транспорт, 1981. – с.223.

53. Пузин, А.И. Пути совершенствования пассажирских перевозок [Текст]/ А.И. Пузин, В.А. Федоров// Железнодорожный транспорт, 1959 – №3. с. 6-7.

54. Рудых, А.М. Оптимальный вес и скорость почтово-багажных поездов [Текст]: дисс. канд. тех. наук: 05.22.08/ Рудых Алла Михайловна – Москва,1969. – 328 с.

55. Федоров, В.А. Совершенствование пассажирских и багажных перевозок [Текст]/ под. ред. В. А. Федорова // Труды ЦНИИ МПС. Выпуск 444. – М.: Транспорт, 1971. – с. 93-149.

56. Федоров, В.А. Составление эксплуатационных требований и основные положения для технического задания на проектирование устройств

механизации и автоматизации багажных перевозок [Текст]: научное издание/ В.А. Федоров. – М.: Транспорт, 1963 – 25 с.

57. Федоров, В.А. Моделирование пассажиропотоков дальнего следования на ЕС ЭВМ [Текст]/ В.А. Федоров, В.И. Лукашев// Межвузовский сборник научных трудов. Выпуск 593: Вопросы управления перевозочным процессом на железных дорогах. – М.: МИИТ, 1977. – с.51-53.

58. Филиппов, М.М. Важный резерв овладения пассажирскими перевозками [Текст]/ М.М. Филиппов, М.М. Уздин, Л.Е. Блюдов, С.Н. Фисенко// Труды ЛИИЖТ, 1982. – с.27-34.

59. Чурилов, Г.П. Перевозки пассажиров и багажа [Текст]: научное издание/ Г.П. Чурилов. – М.: Трансжелдориздат, 1967 – 158. с.

60. Шубко, В. Г. План формирования пассажирских поездов (теория, методика, расчеты) [Текст]: автореф. дисс. док. тех. наук: 05.22.08/ Шубко Владимир Григорьевич. – Москва, 1985. – 40 с.

61. Шубко, В. Г. Повышение качества организации пассажирских перевозок [Текст]/ В.Г. Шубко, А.И. Жербина, Ю.О. Пазойский и др.// Труды МИИТ, 1988. - Выпуск 806: процессы, связанные только с продажей билетов. – с. 60-82.

62. Приказ ФСТ России от 27.07.2010 N 156-т/1 (ред. от 09.11.2012, с изм. от 05.12.2014) "Об утверждении тарифов, сборов и платы на работы (услуги), связанные с перевозкой пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом общего пользования во внутригосударственном сообщении и пробегом пассажирских вагонов, выполняемые в составе дальних поездов ОАО "Российские железные дороги", ОАО "Федеральная пассажирская компания", ОАО "Пассажирская компания "Сахалин", ОАО "АК "Железные дороги Якутии" и на работы (услуги) по использованию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования, оказываемые ОАО "Российские железные дороги", ОАО "АК "Железные дороги Якутии", при данных перевозках, цен (тарифов) на работы (услуги) по использованию инфраструктуры железнодорожного транспорта

общего пользования, оказываемые ОАО "Российские железные дороги" при осуществлении перевозок пассажиров, багажа и грузобагажа железнодорожным транспортом общего пользования в пригородном сообщении в субъектах Российской Федерации, а также правил их применения (Тарифное руководство)" (Зарегистрировано в Минюсте России 08.09.2010 N 18394).

63. Савельев, М.Ю. Организация перевозки багажа в вагонах пассажирских поездов [Текст] / М.Ю. Савельев // Транспорт: наука, техника, технология. – 2013. – №9. – С.70-74.

ПРИЛОЖЕНИЯ



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ ПАССАЖИРСКАЯ КОМПАНИЯ»
(АО «ФПК»)

« 03 » декабря 2014 г.

№ 12438/ФПК

**Акт
о внедрении**

Результаты диссертационного исследования Савельева Максима Юрьевича на тему «Выбор оптимальных параметров системы освоения потоков пассажиров, багажа и грузобагажа на сети железных дорог Российской Федерации», представленные на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.08 – «Управление процессами перевозок», а именно:

- методика расчета плана формирования пассажирских поездов при обеспечении беспересадочного сообщения струй пассажиропотоков, превышающих заданный уровень;
- методика освоения потоков багажа и грузобагажа на сети железных дорог;
- использованы АО «ФПК» при разработке плана формирования пассажирских поездов на полигоне Северной железной дороги Москва-Архангельск-Воркута на 2014 год и получили положительную оценку.

Предложенные методы, алгоритмы, а также инструментарий рассмотрены в компании и приняты к внедрению.

Первый заместитель
Генерального директора АО «ФПК»



В.И. Каляпин