

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Е. С. Воеводин

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 __ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Определение структуры городского пассажирского общественного
транспорта в зависимости от транспортного спроса»

23.04.01 – «Технология транспортных процессов»

23.04.01.01 – «Организация перевозок и управление на автомобильном
транспорте»

Пояснительная записка

Научный руководитель _____ к. т. н., доцент Е. В. Фомин
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник _____ Р. В. Янов
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент _____ М. Г. Омышев
подпись, дата инициалы, фамилия

Красноярск 2021

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Е. С. Воеводин

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 20 __ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Определение структуры городского пассажирского общественного транспорта в зависимости от транспортного спроса» содержит 81 страницу текстового документа, 13 иллюстраций, 45 формул, 10 таблиц, 1 приложение, 53 использованных источника.

МАРШРУТНАЯ СЕТЬ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА, ПАССАЖИРСКИЕ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ, СТРУКТУРА ПАРКА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА, ГОРОДСКИЕ ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ, ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ, ТРАНСПОРТНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ПАССАЖИРСКИХ КОРРЕСПОНДЕНЦИЙ, ФАКТОРЫ ВЫБОРА ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ, ВЕРОЯТНОСТЬ ВЫБОРА ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ, ВЕСОВЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ФАКТОРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.

В основном разделе:

- Предоставлен анализ структуры и методик определения оптимальной структуры парка подвижного состава;
- Рассмотрена классификация подвижного состава общественного транспорта;
- Определены недоработки существующих методик, не учитывающие транспортного поведения пассажиров в условиях городских пассажирских перевозок.

Научная новизна:

- Посредством анализа выявлены основные факторы транспортного поведения пассажиров;
- Разработана математическая модель выбора пути следования пассажиров;

– Сформулированы вопросы и составлены формы анкет, направленные на выявление предпочтений пассажирских корреспонденций на городском пассажирском транспорте при выборе маршрута.

В результате работы, согласно цели магистерской диссертации:

– Рассчитаны необходимые значения параметров разработанной модели вероятности выбора пути следования;

– Дана наглядная проверка работоспособности и соответствие разработанной модели вероятности на практике.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ГЛАВА. Общая характеристика структуризации парка ПС.....	9
1.1. Структура парка подвижного состава.....	9
1.2. Классификация автобусов.....	12
1.3. Методы формирования оптимальной структуры парка ПС.....	14
1.4. Факторы, влияющие на формирование структуры парка ПС.....	26
1.5. Факторы, влияющие на выбор пути следования пассажиров.....	30
1.6. Вывод по главе.....	34
2 ГЛАВА. Разработки математической модели.....	35
2.1. Разработка математической модели выбора пути следования пассажиров.....	35
2.2. Определение значений основных параметров разработанной модели.....	42
2.3. Выводы по главе.....	44
3 ГЛАВА. Методика проведения опроса пассажирских корреспонденций... ..	45
3.1. Описание методики проведения опроса пассажирских корреспонденций.....	46
3.2. Разработка форм анкет опроса пассажирских корреспонденций.....	53
3.3. Обработка результатов.....	58
3.4. Выводы по главе.....	59
4 ГЛАВА. Экспериментальное определение весовых коэффициентов разработанной модели и проверка соответствия модели на основе проведенного исследования.....	61
4.1. Определение численных значений весовых коэффициентов разработанной модели.....	62
4.2. Проверка соответствия модели на основе проведенного исследования.....	65
4.3. Выводы по главе.....	69

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	70
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	80

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы магистерской диссертации заключается в развитии городов, населения, высокому росту автомобилизации населения, приводящих к образованию транспортных проблем. Это негативно сказывается на процессе проектирования и управления системами городского пассажирского транспорта. Для повышения привлекательности, повышения качества и эффективности работы транспортной системы необходимо применять такие методы, которые ориентированы на предоставление услуг, удовлетворяющих и учитывающие требования пассажирских корреспонденций.

Изменение транспортного спроса на перевозки пассажиров порождает необходимость поддержания безопасного уровня спроса с помощью инструментов в качестве грамотно подобранной структуры парка подвижного состава в совокупности с удовлетворением потребностей пассажиров.

Использование общественного городского пассажирского транспорта происходит с целью обеспечения трудовых, учебных, деловых и культурно-бытовых нужд (поездки). Поскольку пассажир сам выбирает для себя нужный ему номер маршрута общественного транспорта, необходимо понимать, чем он руководствуется при выборе.

Таким образом, необходимо разработать такую математическую модель, применять которую будет легко при расчетах и разработках оптимальной структуры парка подвижного состава. Так же необходимым является соблюдение условий в проектировке модели, которые учитывают приоритеты потребителей.

Применение разработанной модели транспортного поведения пассажиров позволит более достоверно определять структуру городского пассажирского общественного транспорта.

1 ГЛАВА. Общая характеристика структуризации парка ПС

1.1. Структура парка подвижного состава

Организация городских пассажирских перевозок поднимает один из самых важных и главных вопросов, которым является определение оптимальной структуры парка подвижного состава (ПС), удовлетворяющей потребности как автотранспортных предприятий, так и населения. Так, подвижной состав – один из основных аспектов эффективного функционирования системы городского пассажирского транспорта, напрямую зависящей от грамотной структуры и соответствующей укомплектованности парка ПС.

Проблематика в области пассажирских перевозок с целью повышения эффективности городского пассажирского транспорта (ГПТ), построена на основании исследований, проведенных специалистами в данном направлении - Артемкина Е. Е. [1], Артынов А. П. и Скалецкий В. В. [2], Бойко В. Г. [5], Бонсал П. У. [8, 9], Варелуполо Г. А. [11], Горев А. Э. [15; 16], Ефремов И. С., Юдин В. А. и Кобозев В. М. [21], Жуков А. И. [22; 23], Миротин Л. Б. [28], Рощин А. И. [34], Сафронов Э. А. [38, 39], , Спириин И. В. [42–44], Фадеев А. И. и Фомин Е. В. [46, 47], Якимов М. Р. [52] и другие, результаты которых, рассмотрены в данной работе.

Так, Жуков А. И., Рощин А. И., Спириин И. В., Юдин В. А. и другие отмечают в своих наработках, что процесс проектирования структуры парка подвижного состава в сфере пассажирского общественного транспорта должен включать в себя проведение анализа факторов, влияющих на изменение структуры парка подвижного состава и, соответственно, принятие решений о необходимости требуемых изменений и мониторинг факторов изменения структуры парка подвижного состава.

Кроме того, необходимым является расчет рациональной структуры парка ПС на определенную разработчиком перспективу с применением методов определения оптимальной структуры парка и их комбинаций;

В своих исследованиях, авторы Жуков А. И., Рощин А. И., Спирин И. В. [23, 24, 35], в вопросах проектировки структуры парка подвижного состава определяют 6 задач:

– В качестве задачи №1 проводится сбор начальной информации (оценка состояния транспортной сети, которая складывается из времени в пути, частоты отправлений маршрутов, соответствия расписанию, способности доставить пассажира в любой пункт назначения, стоимости проезда, уровня сервиса и т.д.);

– Задача № 2 включает в себя выбор рациональных типов автобусов с помощью применения критерия минимизации среднего расчетного времени ожидания пассажиром автобуса;

– Задача № 3 рассматривает процесс оптимизации распределения парка подвижного состава по маршрутам;

– Задача № 4 отвечает за отбор подходящих моделей автобусов всех возможных классов по пассажироместности;

– Далее в задаче № 5 производится расчет себестоимости эксплуатации каждой модели автобусов. По выявлению одной или двух моделей каждой классификационной группы автобусов, при применении которых достигается минимальная себестоимость эксплуатации, проектируют структуру парка ПС на перспективу;

– Заключительная задача № 6 относится к стратегическому планированию, так как связана с обновлением парка подвижного состава.

Однако, Жуков А. И. и Рощин А. И. делают замечание, что задачу № 6, по словам авторов, целесообразно решать только по критерию минимизации себестоимости перевозок при обслуживании маршрутной сети и должна быть взаимосвязана с задачей № 3, так как изменение структуры парка ПС не должно приводить к снижению уровня качества перевозок.

Стоит понимать, что подобранный класс автобуса напрямую влияет на показатели и характеристики работы не только конкретного маршрута, но и маршрутной транспортной системы в целом.

Например, в зависимости от применяемых классов автобусов, при сохранении одного и того же коэффициента наполнения, меняются показатели себестоимости одного пассажиро-места и одного километра пробега. Графики зависимости представлены на рисунке 1.

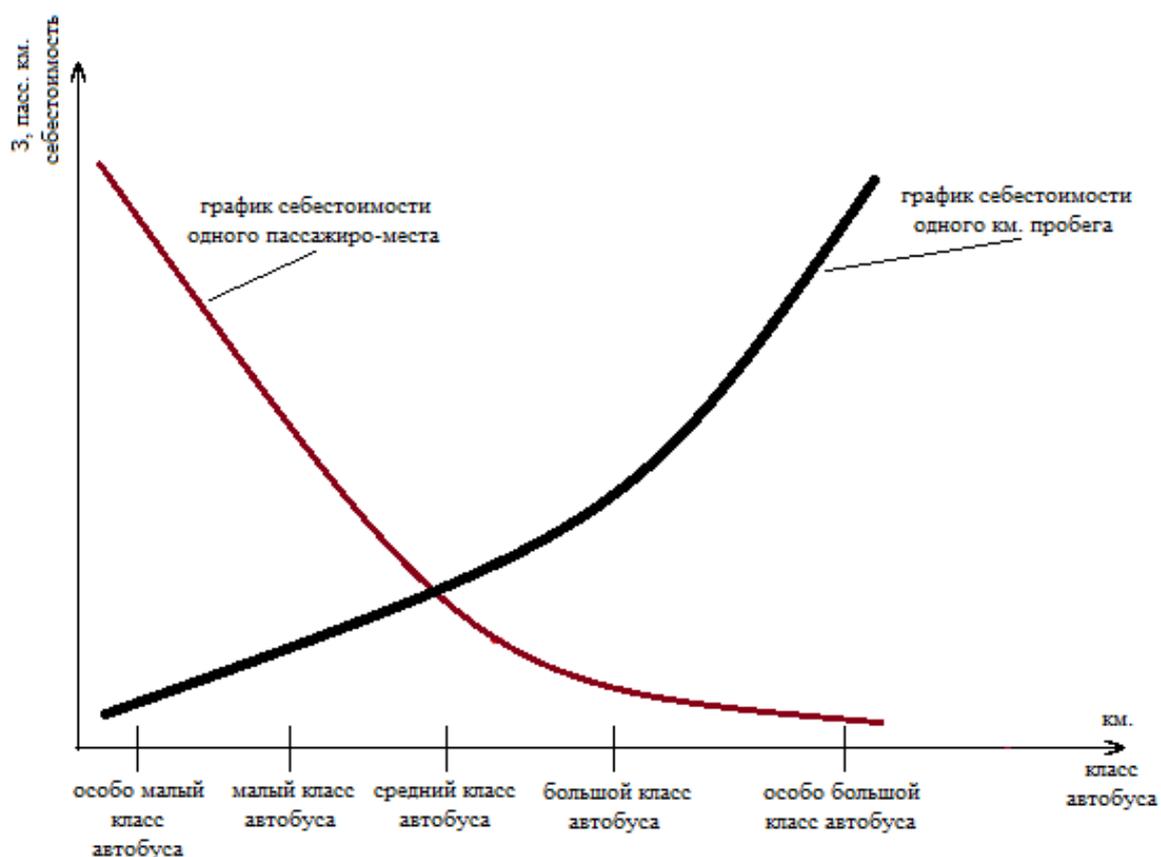


Рисунок 1. Графики зависимостей себестоимости одного пассажироместа и себестоимости одного километра пробега от применяемого класса автобуса.

Процессы формирования парка ПС регулируются в том числе и требованиями как Федерального законодательства, так и местного самоуправления в области организации транспортного обслуживания

населения, что учитывается при проведении тендерных закупок услуг пассажирских перевозок.

Так, наряду с требованиями Федерального законодательства к перевозчикам пассажирским транспортом, выдвигаются различные требования при проведении тендеров, например – обязательное наличие полного пакета документаций и лицензий к пассажирским перевозкам, ограничения «возраста» подвижного состава, требования к типам и классам автобусов, соответствие технических характеристик подвижного состава в угоду современным требованиям безопасности, экологичности, оснащенности и укомплектованности, так же выносятся ряд требований в качестве обеспечения надлежащего уровня профессиональных компетенций сотрудников пассажирских общественных перевозок.

Дальше необходимо рассмотреть используемую классификацию автобусов.

1.2. Классификация автобусов

В процессе функционирования системы транспортных услуг разработана классификация автобусов по длине.

В области пассажирских перевозок данной классификацией пользуются все исследователи, она указывается в многочисленных работах таких авторов, как Бойко В. Г. [5], Бонсал П. У. [8, 9], Варелуполо Г. А. [11], Горев А. Э. [15, 16], Ефремов И. С., Юдин В. А. [21], Кобозев В. М. [21], Жуков А. И. [22; 23], Миротин Л. Б. [28], Рощин А. И. [33], Сафронов Э. А. [38; 39], , Спирин И. В. [41; 42; 43], Хрущев М. В. [48], Шабанов А. В. [51] и других. А так же ей руководствуются непосредственно сами сотрудники пассажирских общественных городских перевозок.

Согласно классификации, в зависимости от длины корпуса все представленные на современном рынке автобусы делятся на 3 категории:

– малые длиной от 4,5 до 7,5 метра;

- средние (их длина варьируется в пределах 8-ми – 9,5 метров);
- большие – весьма габаритные транспортные средства длиной от 10-ти до 17-ти метров.

Классификация представлена в таблице 1:

Таблица 1 – Классификация автобусов по длине корпусов.

Класс пассажировместимости	Длина автобуса, м	Число сидячих мест	Общее число мест
Особо малый	До 5	10	20
Малый	От 6 до 8	20	40
Средний	От 8 до 9,5	30	60
Большой	12	От 30 до 40	90
Особо большой	16,5	Более 40	От 90 до 110

Так же в данной классификации отмечается распределение количества сидячих и общих мест в зависимости от класса. Что касается ширины, то она стандартна и составляет не более 2,5 метра.

В то же время, исследователи Жуков А. И. [22; 23], Рощин А. И. [33] и Спирин И. В. [41; 42; 43] рекомендуют необходимую вместимость автобуса выбирать в следующем порядке: определить мощность пассажиропотока в часы пик, а в зависимости от мощности пассажиропотока в часы пик подобрать ориентировочную вместимость автобусов по таблице 2, приведенной ниже.

Таблица 2 – Выбор вместимости подвижного состава в зависимости от часового пассажиропотока.

Часовой пассажиропоток чел/час	Вместимость подвижного состава, пасс.
До 1000	Малый
1000-1800	Средний
1800-2600	Большой
2600-3200	Большой
Более 3200	Особо большой

Указанные соотношения рассматривают как примерные. Отталкиваются сохранением приемлемого для пассажиров интервала

движения автобусов – примерно $I=1...12$ мин. и затратами на эксплуатацию автобусов. Далее производятся расчеты, в ходе которых сопоставляются варианты: исходный и конкурирующий, т.е. большей или меньшей вместимости.

Номинальную вместимость выводят через заданный интервал движения в часы пик – ориентировочно $I_{\min} = 3-4$ мин. и максимальную величину пассажиропотока:

$$q_n = \frac{Q_{\max} I_{\min}}{60}, \quad (1)$$

где Q_{\max} – максимальная мощность пассажиропотока на маршруте в час "пик", пасс.; I_{\min} – заданный целесообразный интервал движения автобусов для часа "пик", ч.

1.3. Методы формирования оптимальной структуры парка подвижного состава

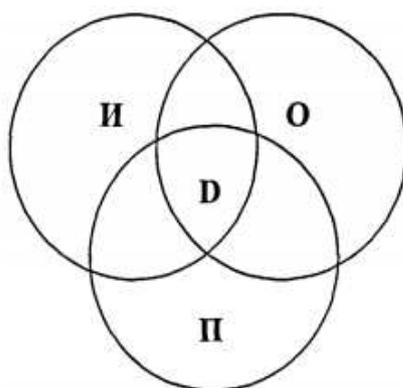
Методы и модели формирования оптимальной структуры парка ПС изучали в своих исследованиях специалисты Бойко Г.В. [5], Володченко С.В. [12], Воробьева М.В. [13], Курмаев М.М. [36], Самисько Т.А. [36], Седов И.А. [39; 40], Улицкая И.М. [39; 40], Фадеев А.И. и Фомин Е.В. [47; 48] и пр.

Так, формирование структуры парка ПС необходимо рассматривать не только с точки зрения пассажирских автотранспортных предприятий, которые получают собственную «выгоду» (прибыль от предоставляемых услуг), но и с точки зрения потребителя, т.е. пассажиров.

Как отметили Бойко Г.В. [5], Володченко С.В. [12] и другие, перемещение пассажиров, исследование пассажиропотоков является крайне сложным процессом, предугадать развитие которых практически невозможно. Помимо этой проблемы, есть так же огромное количество

факторов, которые следует учитывать при организации перевозок. Необходимо учитывать, что в процессе перевозок задействованы так же три «стороны» – это потребитель, транспортное предприятие и общество.

Так как у каждой из сторон есть своя точка зрения на организацию услуг, которые могут пересекаться и не пересекаться (рисунок 2) [6]:



И – это интересы пассажира; П – это интересы транспортного предприятия; О – это интересы общества; Д – это область пересечения интересов всех участников перевозочного процесса.

Рисунок 2 – Взаимодействие участников процесса перевозок.

Бойко Г.В. Отмечает, что все «стороны» имеют общую точку соприкосновения по вопросу стоимости проезда, но в то же время в этом общем вопросе возникают разногласия, что говорит о необходимости рассмотрения вопроса о формировании структуры парка ПС со всех сторон.

Жуков А. И. и Рошин А. И. [23; 24; 35] предлагают методику выбора автобуса по экономическому критерию.

Суть данного метода заключается в расчете себестоимостей эксплуатации различных типов автобусов согласно модели, сравнении их между собой и выборе наименьшей (более экономически выгодной позиции).

Критерий выбора автобуса определяют минимальной себестоимостью перевозок:

$$C_{ij} = \frac{\Sigma z_{ij}}{q_{Hj} * I_{cpi}}, \quad (2)$$

где C_i – себестоимость эксплуатации автобуса j -го типа на i -м маршруте при коэффициенте наполнения, равном 1, руб/пасскм; ΣZ_i – суммарные издержки предприятия от эксплуатации автобусов j -го типа на i -м маршруте, руб; $q_{нi}$ – пассажироместимость автобуса j -го типа, пасс; $l_{срi}$ – средняя дальность ездки пассажира на i -м маршруте, км.

Себестоимость эксплуатации автобуса предлагают рассчитывать с учетом среднесуточного коэффициента наполнения на маршруте, описывают следующим выражением:

$$S_{ij} = \frac{C_j}{\gamma_{срсутij}}, \quad (3)$$

где S_{ij} – реальная себестоимость эксплуатации j -го типа автобусов на i -м маршруте, руб/пасскм; $\gamma_{срсутij}$ – проектируемый среднесуточный коэффициент наполнения на i -м маршруте при эксплуатации j -го типа автобусов.

С соблюдением условий организации перевозок пассажиров: полноту удовлетворения спроса на пассажирские перевозки и максимальный коэффициент наполнения, не превышающий единицы, выражение приобретает вид:

$$S_{ij} = \frac{\Sigma Z_{ij}}{q_{нi} l_{срi} \gamma_{срсутij}} \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$\begin{cases} Q_{предi} \geq Q_{спросi} \\ \gamma_{maxij} \leq 1 \end{cases}, \quad (5)$$

где $Q_{предi}$ – провозные возможности предприятия, пасс/ч; $Q_{спросi}$ – макс. спрос на пассажирские перевозки, пасс/ч; γ_{maxij} – коэффициент макс. наполнения на i -м маршруте при эксплуатации j -го типа автобусов.

К достоинствам метода относится простой расчет критериев.

К недостаткам метода относятся: сложность получения исходных данных; данный расчет отталкивается от имеющегося типа подвижного состава; учитывается только коэффициент наполнения в роли показателя качества перевозок пассажиров; отсутствие факторов в интересах общества, т.е. воздействие выбранного парка ПС на экологию и «пожелания» пассажиров.

Так же приводят модель, которая учитывает временные затраты пассажиров и затраты перевозчика. Предлагается вид расчета [22]:

$$Z = \min(\sum_{i=1}^l (\sum_{j=1}^m T_{ожij} * S_{ij}) 60 t_i * C + Z_{пер}), \quad (6)$$

где Z – сумма издержек и пассажиров; $1 < i < l$ – индекс условного номера периода времени работы маршрута; $1 < j < m$ – индекс условного номера остановочного пункта на маршруте; $T_{ожij}$ – время ожидания пассажиром посадки на j -м остановочном пункте в период времени i , мин; t_i – продолжительность периода времени с номером i , мин; S_{ij} – интенсивность подхода пассажиров на остановочный пункт с номером j в период времени i , пасс/мин; C – стоимостная оценка пассажирочаса, руб; $Z_{пер}$ – расходы перевозчика на эксплуатацию маршрута, руб/день.

Затраты же на эксплуатацию автобусов считают [22]:

$$Z_{пер} = \frac{A \Pi_a}{365 T_{сл} \alpha_b} + \frac{\Pi_{МТБ} \varepsilon A}{365 A_c} + Z_{ПВ} A N_{ВА} T_{СМ} + C_{пер} 2 L_M Z_{об} + \frac{C_{пост} A_c}{\alpha_b} \quad (7)$$

где A – число автобусов на маршруте, ед.; Π_a – ср. цена автобуса, эксплуатируемого на маршруте, руб; $T_{сл}$ – расчетный срок службы автобуса, лет; α_b – коэффициент выпуска автобусов на линию; $\Pi_{МТБ}$ – балансовая стоимость основных средств материально-технической базы содержания автобусов, руб; ε – коэффициент износа основных производственных фондов материально-технической базы и норму амортизации в долях единицы; A_c –

среднесписочная численность автобусов, ед.; $Z_{пв}$ – среднечасовая зарплата водителя, руб; $N_{ва}$ – число водителей в расчете на один автобус, чел.; $T_{см}$ – ср. продолжительность смены одного водителя, ч.; $C_{пер}$ – затраты на эксплуатацию автобуса, руб; L_m – длина маршрута, км; $Z_{об}$ – число оборотов за сутки, ед.; $C_{пост}$ – постоянные расходы перевозчика.

Критерий оптимальности представляют как минимальная сумма затрат пассажиров и перевозчика, с учетом экономической оценки предотвращенного эколого-экономического ущерба для общества [22]:

$$Z = \min(Z_{пасс} + Z_{пер} + Y_э) \quad (8)$$

Спирин И. В., Жуков А. И. и Рощин А. И. оценивают оптимальную структуру парка подвижного состава с учетом затрат времени ожидания автобуса пассажиром, где затраты пассажиров рассчитывают как [22]:

$$Z_{пасс} = T_M * C_{п-ч} * \sum_{j=1}^m \frac{T_{ожj} * S_j}{60} \quad (9)$$

где T_M – продолжительность работы автобусов на маршруте, ч; $C_{п-ч}$ – стоимость одного пассажирочаса, руб; $T_{ожj}$ – средние затраты времени одного пассажира на ожидание посадки на j-й остановке, мин; S_j – интенсивность подхода пассажиров на j-ю остановку, пасс/ч.

Эколого-экономический ущерб рассчитывают через выражение [22]:

$$Y_э = \alpha * M * \gamma * \delta * f * A \quad (10)$$

где α – коэффициент индексации; M – приведенная масса выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, усл. т; γ – стоимостная оценка вреда от единицы приведенной массы выбросов загрязняющих веществ, руб/усл. т; δ – коэффициент относительной опасности загрязнения различных типов

территорий; f – коэффициент рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

К достоинству данной модели относится то, что при ее расчете учитывается экологический ущерб.

Однако, ей присущи все вышеперечисленные недостатки, а ее применение невозможно, так как полученные исходные данные эколого-экономических затрат для расчета не будут точными.

Исследователи Жуков А. И., Роцин А. И. и Спирин И. В. [23; 24; 35; 43; 44; 45] применяют так же графоаналитический метод определения оптимальной пассажироместимости автобусов.

Суть данной методики заключается в расчете и построении номограмм, исходя из использования рационального класса автобуса по пассажироместимости, что задается пассажиропотоком на маршруте и закладываемым уровнем качества перевозок. При построении номограмм, на оси абсцисс указывается время ожидания пассажиров или частота движения автобусов на маршруте, а на оси ординат отмечают отношение максимальной пассажиронапряженности на автобусном маршруте к коэффициенту наполнения ПС. По построенным номограммам, отображенных на рисунках 3 и 4, определяется предел пассажиропотока, который может освоить автобусный транспорт и выбрать рациональный для использования класс пассажироместимости автобуса.

Предлагают q_n рассчитывать, как:

$$q_n = \frac{Q_{max} * l}{\gamma} \quad (11)$$

$$q_n = \frac{Q_{max}}{\gamma * h} \quad (12)$$

где Q_{max} – максимальная пассажиронапряженность, пасс/ч; h – частота движения автобусов, ед./ч.

Максимальную пассажиронапряженность определяют посредством обследования пассажиропотоков на маршруте либо рассчитывая ее потенциально, опираясь на величину часового пассажиропотока [22; 23; 33]:

$$K_{см} = \frac{l_M}{l_{ср}} \quad (13)$$

$$Q_{max} = Q_{ч} * \frac{\gamma}{K_H * K_{см}} \quad (14)$$

где $K_{см}$ – коэффициент сменяемости; K_H – коэффициент неравномерности пассажиронапряженностей.

А время ожидания $t_{ож}$, когда пассажир не знает время прибытия автобуса, а автобусы выполняют передвижение по рассчитанным интервалам, предлагается рассчитывать по формуле [22; 23]:

$$t_{ож} = \frac{l}{2} + \frac{\sigma^2}{2l} + p_{отк} * l \quad (15)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение от расписания движения ТС на маршруте, ч; $p_{отк}$ – вероятность отказа пассажиру в посадке.

Тогда, получается зависимость q_H от Q_{max} и $t_{ож}$ [22; 23]:

$$q_H = \frac{Q_{max} * (t_{ож} + \sqrt{t_{ож}^2 - \sigma^2})}{\gamma} \quad (16)$$

В своих исследованиях авторами приводится пример работы с данной номограммой, когда требуется обеспечить автобусный маршрут подвижным составом так, чтобы время ожидания пассажиров не превышало значения $t_{ож\ max}$, а коэффициент наполнения был в пределах $(\gamma_1 - \gamma_2)$.

Максимальная пассажиронапряженность на маршруте в пиковое время Q_{max1} пасс/ч – проводится горизонталь, соответствующая значению Q_{max1}/γ_1 ,

пересекающая несколько классов автобусов. В межпиковое время пассажиронапряженность падает до величины $Q_{\max 2}$ пасс/ч.

Следом проводится горизонталь, учитывая планируемый диапазон коэффициента наполнения – $Q_{\max 2}/\gamma_2$, так же пересекающая несколько классов автобусов. Горизонталь проводится до вертикали, которая соответствует максимально допустимому значению времени ожидания пассажиров $t_{\text{ож max}}$.

Выбирают те классы подвижного состава, области которых пересекает как первая, так и вторая горизонталь.

В данном случае – III класс и I класс (рисунок 3 и рисунок 4) [23; 24; 35].

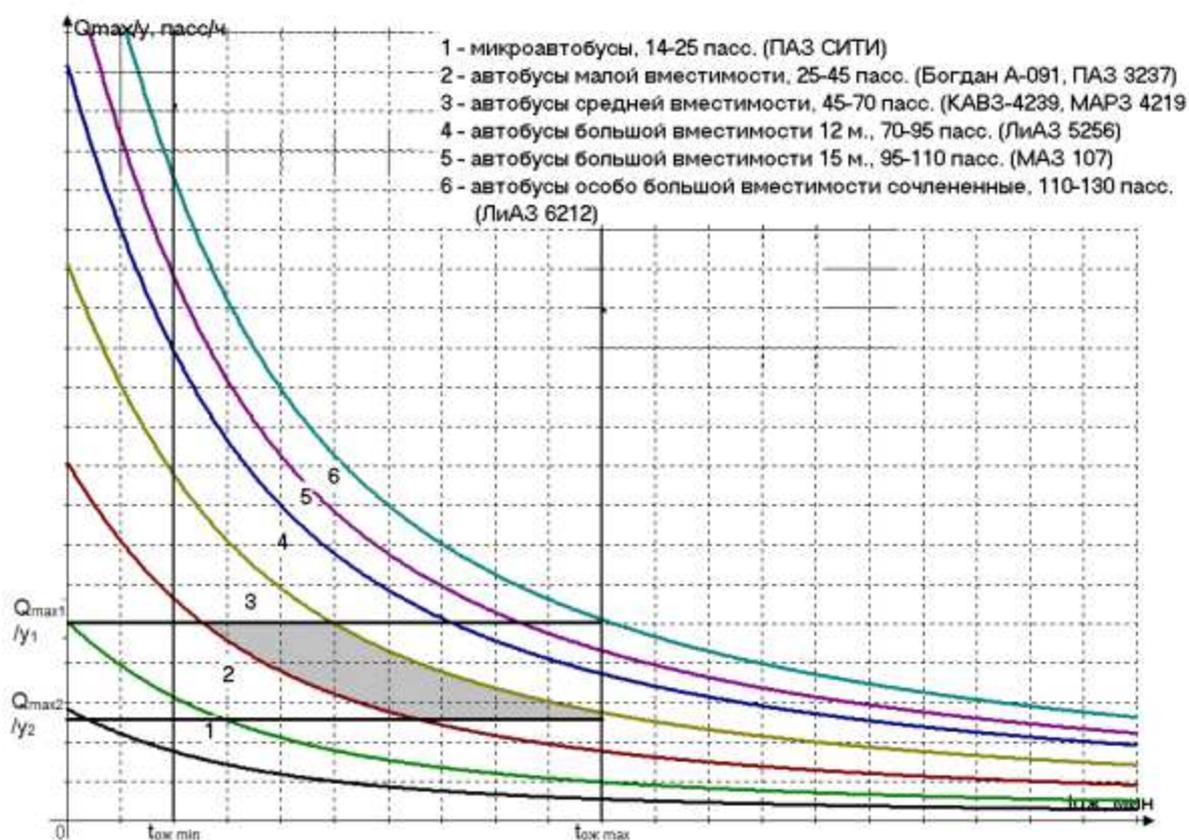


Рисунок 3 – Номограмма для определения оптимальной пассажироместимости ПС (интервальный вариант пассажирского расписания движения автобусов на маршруте).

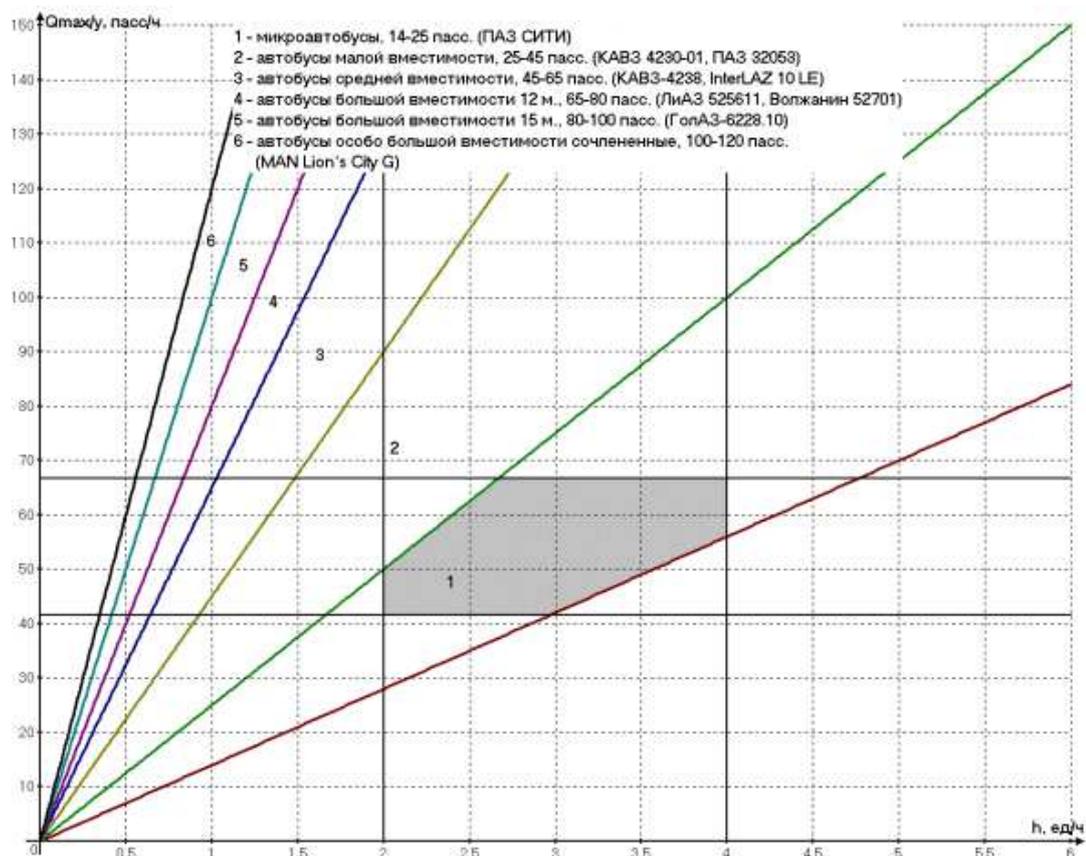


Рисунок 4 – Номограмма для определения оптимальной пассажироместимости ПС (фиксированный вариант пассажирского расписания движения автобусов на маршруте).

Достоинства метода: можно применять любые классы автобусов для расчета; возможность получения исходных данных в рамках конкретной организации.

К недостаткам метода относятся: отсутствует экономическая эффективность эксплуатации автобусов; по расчету может быть доступно несколько классов автобусов по пассажироместимости (нет четкой конкретики); расчет производится для одного конкретного маршрута по одному технико-эксплуатационному свойству (ТЭС) – пассажироместимости.

Так, Спиринов И. В. выносит идею о соблюдении интересов транспортных компаний с учетом их экономических затрат и стоимости автобусов, а не только с учетом сбора данных о пассажиропотоках.

Жуков И. В. и Рощин И. В. предлагают модель, позволяющая снизить затраты времени ожидания пассажиров $\Sigma t_{ож}$:

$$\Sigma t_{ож} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{t_{оbi}}{2 * \sum_{j=1}^n A_{ij}} * Q_{чи} \right) \quad (17)$$

где $t_{оbi}$ – время оборота на маршруте, ч; ΣA_{ij} – суммарное количество автобусов всех n классов, обслуживающих i -й маршрут; $Q_{чи}$ – часовой пассажиропоток на i -м маршруте, пасс/ч; m – количество автобусных маршрутов.

Учитывается несколько ограничений: достаточное количество пассажирских мест; допустимые интервалы движения автобусов; необходимое и требуемое количество автобусов определенного типа, класса и модели.

В качестве исходных данных выносятся матрицы по моделям автобусов A и матрицы технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) маршрутов M , где A – матрица данных по моделям автобусов, M – матрица ТЭП маршрутов.

Тогда, авторами выносятся следующая математическая модель и ограничения:

$$F = \sum_{i=1}^m \left(\frac{t_{оbi}}{2 * \sum_{j=1}^n A_{ij}} * Q_{чи} \right) \rightarrow \min \quad (18)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m A_{ij} \leq A_j^{max} \\ \frac{Q_{maxi} * t_{оbi}}{\sum_j^n q_{hj} * A_{ij}} \leq \gamma_i^{max} \\ l_i^{min} \leq \frac{60 * t_{оbi}}{\sum_j^n A_{ij}} \leq l_i^{max} \\ A_{ij} \in Z \\ A_{ij} \geq 0 \end{array} \right. \quad (19)$$

где $A_{j\max}$ – максимальное количество автобусов j -го типа, ед.; $\gamma_{i\max}$ – максимально допустимый коэффициент наполнения на i -м маршруте; $I_{i\min(\max)}$ – минимально (максимально) допустимый интервал движения на i -м маршруте, мин.

Так же, авторы Фомин Е. В. и Фадеев А. И. в работах [47; 48] выдвигают математическую модель при установленных ограничениях технико-эксплуатационных показателей, которая будет учитывать взаимное наложение маршрутов и отталкиваться при расчетах от транспортного спроса.

Таким образом, будет найдено оптимальное распределение имеющихся автобусов по маршрутной сети, обеспечивающее минимизацию суммарных затрат времени пассажиров на ожидание.

К достоинствам метода относятся: метод направлен на повышение качества обслуживания пассажиров при имеющемся парке автобусов у конкретной ПАТП; расчет исходных данных относительно конкретной организации.

К недостаткам метода относятся: отсутствие экономической эффективности эксплуатации автобусов.

Миروتин Л. Б. [28] предлагает использовать комплексный показатель уровня пассажирского сервиса S , определяет по формуле:

$$S = S_1^{K_1} S_2^{K_2} S_3^{K_3} S_4^{K_4} S_5^{K_5} S_6^{K_6} \quad (20)$$

где S_1 – надёжность перемещения точно по графику (время поездки); S_2 – доступность (частота движения общественного транспорта); S_3 – безопасность (вероятность безотказной работы общественного транспорта); S_4 – комфортность (качество поездки); S_5 – стоимостный показатель (величина транспортного тарифа); S_6 – показатель информационного сервиса (уровень информационного обеспечения); $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ – показатели

степени, характеризующие весомость соответствующего показателя уровня сервиса.

По замечанию Бойко Г. В. [5, с. 38-40], необходимо учитывать также и мнение «потребителя услуг» со слов автора. Работа транспортного процесса зависит от реализации факторов, представленных на рисунке 5 [5, с. 39]:



Рисунок 5 – Потребительская ценность поездки.

Бойко Г.В. установил, что каждый из обозначенных факторов включает в себя ряд различных элементов, определяющих качество перевозок, но из представленных факторов, рассчитать можно только временной показатель.

Поэтому им приводится метод формирования парка с точки зрения пассажира.

Где уровень предоставляемых транспортных услуг будет определяться по коэффициенту оптимизации структуры транспорта – $K_{ост}$ [5]:

$$K_{ост} = \sqrt[3]{K_{пер} K_{эк} K_{бд}}, \quad (21)$$

где $K_{пер}$ - коэффициент транспортного обслуживания пассажиров; $K_{эк}$ - коэффициент экологичности перевозок; $K_{бд}$ - коэффициент безопасности движения.

Таким образом, рассмотренные методы способствуют определению условий формирования структуры парка подвижного состава и параметров транспортной сети с учетом затрат времени ожидания автобуса пассажиром, взаимного наложения маршрутов, необходимого для оптимального распределения имеющихся автобусов по маршрутной сети, обеспечивающее минимизацию суммарных затрат времени пассажиров на ожидание.

В то же время необходимо отметить, что указанные методики не учитывают факторы транспортного поведения пассажиров, поскольку на сегодняшний день остается неизученным вопрос о взаимодействии состояния характеристик транспортной системы и транспортной подвижности населения.

1.4. Факторы, влияющие на формирование структуры парка подвижного состава

Прежде всего, фактором является причина, меняющая условия функционирования системы. Факторы проектирования структуры парка ПС есть условия эксплуатации, изменение и состояние которых, в перспективе, влияют на выбор величин ТЭС ПС, изменение структуры и парка ПС. В связи с изложенным проводится их анализ и мониторинг.

Первая группа определяет пассажироместимость, количество единиц ПС, а вторая группа тип планировки салона ПС.

Различают природно-климатические, дорожные, административные и эксплуатационные факторы.

Исследователи Жуков А. И., Рощин А. И., Спиринов В. И. [22; 23] отмечают показатели организации транспортного обслуживания и ТЭС ПС, представленные в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели качества пассажирских перевозок, на значения которых оказывает влияние парк подвижного состава.

Группа показателей	Показатели качества
Показатели организации транспортного обслуживания	Ожидание транспортного средства
	Интервал/частота движения транспортных средств
ТЭС ПС	Удобство проезда сидя (количество мест для сидения, их качество и функциональные характеристики)
	Удобство проезда стоя (пространство для стоящего пассажира; наличие, положение поручней, ускорение, замедление, вибрация)
	Удобство пассажирообмена на остановочных пунктах (наличие, размер накопительных площадок, ступенек, наличие поручней)
	Вентиляция, отопление, кондиционирование, освещение в транспортном средстве

Этими же исследователями сформирован перечень эксплуатационных факторов проектирования структуры парка подвижного состава (таблица 4).

Таблица 4 – Эксплуатационные факторы проектирования.

№п/п	Наименование фактора, ед. изм.	Обозначение	Примечание
1.	Среднее время ожидания автобуса, мин	$t_{ож}$	Величины устанавливаются проектировщиком, необходимо периодически переутверждать целевые величины
2.	Максимальные и минимальные частота/интервал движения автобусов, (ед./ч)/мин	h/l	
3.	Максимальный коэффициент наполнения автобуса	γ	
4.	Пассажиропоток на маршрутах (и его характеристики), пасс/ч	Q	
5.	Протяженность маршрутов, км	l_m	
6.	Средняя дальность поездки пассажира на маршрутах, км	l_{cp}	
7.	Количество остановок на маршрутах, шт.	$n_{ост}$	
8.	Перечень обслуживаемых маршрутов	–	Определяется высшим руководством при стратегическом планировании деятельности компании
9.	Возраст подвижного состава/пробег с начала эксплуатации, год/тыс. км	$T/L_{пр}$	Необходим постоянный мониторинг

Эксплуатационные факторы – ТЭС работы автобусов и маршрутов, которые описывают характеристику организации и уровень качества обслуживания пассажиров.

Анализ административных и эксплуатационных факторов рассматривается систематизировано с точки зрения единого целого: государство-перевозчик-пассажиры. Государство выносит требования, позволяющие безопасно работать транспортной системе. Реализацией спроса занимаются перевозчики, а пассажиров рождает спрос.

Эксплуатационные факторы определяются в нормативно-правовых актах РФ. Крайне важным эксплуатационным фактором является возраст ПС и/или пробег с начала эксплуатации и учитывается при покупке нового ПС, что контролируется, например, тендерами.

Природно-климатические, дорожные факторы – рельеф местности, тип дорожного покрытия, уровень организации дорожного движения (ДД), состояние дорог общего пользования, продолжительность сезонной эксплуатации и т.д.

От природно-климатических условий зависит кондиционирование и отопление, герметичность салона и вентиляция. Дорожными условиями выносятся технические требования к клиренсу, переднему и заднему углам свеса, максимальному радиусу разворота, поворотной ширине и т.д.

Административные факторы – ряд требований, указанных в нормативно-правовых актах различного уровня власти и/или государственных контрактах.

Сертификация ТС является подтверждением соответствия ПС требованиям нормативно-правовых актов – показатели работы тормозной системы, управляемости, проходимости ТС, соответствие экологическим нормам, конструктивно-планировочных свойств и оборудования.

И привели перечень технико-эксплуатационных свойств с измерителями (таблица 5):

Таблица 5 – Нормативно-правовые акты, регламентирующие критические значения некоторых измерителей ТЭС.

№ п/п	ТЭС ПС	Измерители ТЭС	Документ, регламентирующий величины измерителей ТЭС
1.	Тормозные свойства	Замедление при торможении	Приложение N4 к техническому регламенту о безопасности колесных транспортных средств
		Время срабатывания тормозной системы	
		Удельная тормозная сила	
		Тормозной путь	
2.	Управляемость	Радиус поворота	Пункт 4 Приложения 3 к техническому регламенту о безопасности колесных транспортных средств
3.	Проходимость	Дорожный просвет	ГОСТ Р 52051-2003.
		Углы переднего и заднего свеса	Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения
		Продольные и поперечные радиусы проходимости	
		Внутренний и наружный радиус поворота	ГОСТ Р 41.36-2004, ГОСТ Р 41.52-2005
4.	Экологичность	Экологический класс (выбросы загрязняющих веществ)	Специальный Технический Регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории РФ, вредных (загрязняющих) веществ»
		Уровень шума	Правила ЕЭК ООН N 51-02, включая дополнения 1 – 4, 6; Пункт 2 Приложения 3 к техническому регламенту о безопасности колесных транспортных средств
5.	Конструктивно-планировочные свойства	Весовые характеристики	Приложение 5 к техническому регламенту о безопасности колесных транспортных средств
		Габаритные характеристики	
		Пассажировместимость / количество мест для сидения	Приложение 4 к техническому регламенту о безопасности колесных транспортных средств
		Планировка салона	
6.	Комфортабельность	Вентиляция, отопление, кондиционирование	Пункт 6 Приложения 3 к техническому регламенту о безопасности колесных транспортных средств
		Содержание вредных веществ в воздухе кабины водителя и пассажирского помещения транспортного средства	Пункт 3 Приложения 3 к техническому регламенту о безопасности колесных транспортных средств

Как говорилось ранее, есть необходимость в мониторинге состояния факторов. Например, к дорожным факторам относится обследование, регулировка скоростных и временных характеристик маршрутов. Поскольку административные факторы могут менять свои требования к ТЭС и ТЭП, проводится мониторинг документаций нормативно-правовых актов. А мониторинг эксплуатационных факторов несет в себе обследование пассажиропотоков, маршрутов, соответственно и планирование развития маршрутов, а так же поддержание технически требуемых норм ПС.

Таким образом, факторами, влияющими на формирование структуры парка подвижного состава являются природно-климатические, дорожные, административные и эксплуатационные. При существенном изменении одного или нескольких факторов производится анализ соответствия ПС изменившимся условиям. При несоответствии ПС подбирается метод или их комбинация, на основе которого производится расчет рационального парка для изменившихся условий на маршруте или группе маршрутов.

1.5. Факторы, влияющие на выбор пути следования пассажиров

Городские пассажирские перевозки необходимо рассматривать с точки зрения текущих условий к совершению транспортного перемещения для потребителя услуг, так как выбранный маршрут зависит именно от пассажира и обстоятельств поездки.

Суждения о данном вопросе сформулированы исходя из изученного ряда работ Артынова А. П. и Скалецкого В. В. [2], Баратова Э. И. [3], Бобровникова Г. Н. [4], Болоненкова Г. В. [6], Воробьева М. В. [13], Вельможина А. В. [11], Добросельской Т. Н. [18], Думитрашку П. П. [20], Игнатьева В. Б. [25], Красникова А. Н. [27; 39], Рыженко Л. И. [27; 35; 39], Сафронова Э. А. [27; 38; 39], Цой М. Е., Щеколдин В. Ю., Долгих И. В. [49] и других авторов, рассматриваются так: потребитель услуги выберет в результате собственной оценки тот маршрут и вид транспорта, который его

удовлетворит. Ведь при возникновении потребности воспользоваться услугами городского пассажирского общественного транспорта, каждый человек руководствуется некоторой совокупностью факторов, которые отвечают требованиям к совершению его перемещения из начального пункта в конечный.

При этом учитывается, что спрос корреспонденций может удовлетворяться несколькими типами маршрутов, принадлежащих различным видам транспорта.

В своих работах Цой М. Е., Щеколдин В. Ю., Долгих И. В. [49] Игнатъева В. Б. [25], Красникова А. Н. [27; 39], Рыженко Л. И. [27; 35; 39] выделяли общие факторы уровня качества предоставляемых услуг на общественном транспорте, опираясь на которые человек испытывал приверженность к определенным маршрутам:

- Расположение и доступность автобусных остановочных пунктов относительно начального и конечного местоположений пассажиров;
- Уровень благоустроенности и комфорта на остановках (наличие информационных табло на остановках с действительным расписанием маршрутов, наличие укрытия, скамеек, урн и т.д.);
- Расстояние между автобусными остановками на маршруте;
- Надежность автобуса;
- Варианты и процесс оплаты проезда;
- Скорость сообщения;
- Оснащенность автобусов перилами, сиденьями, ступеньками и т.п.;
- Система кондиционирования, отопления и вентиляции в автобусе;
- Презентабельный внешний вид и визуально исправный автобус;
- Чистота и опрятность салона в автобусе;
- Стоимость проездного билета;
- Наличие дополнительных услуг и т.д.

А в качестве функционирования маршрутных транспортных сетей отмечали показатели интенсивности движения и наполнение салонов

общественных транспортных средств на линиях маршрутов, что играло ключевую роль при выборе.

Иванов В. И. [19] наряду с Жуковым А. И., Спириным И. В., Якимовым М. Р. [22; 23; 42; 43; 44; 52] и другими, помимо уже озвученных факторов, выделяет так же необходимость в том, чтобы учитывать прямолинейность маршрутов транспортных сетей, объясняя это тем, что для потребителя приоритетным является кратчайшее время поездки до конечного пункта.

Гудков А. В. и Вельможин А. В. рассматривали факторы параметров транспортных сетей посредством используемых классов автобусов на маршрутах, интенсивности движения единиц подвижного состава по маршрутам, время ожидания пассажирскими корреспонденциями автобусов в часы пик и в не пиковые часы, отмечалось гарантированное время работы автобусов на маршруте.

Артынов А. П., Скалецкий В. В. [2], как и предыдущие авторы, так же отмечают, что транспортная сеть должна учитывать развитие инфраструктуры ГПТ и характеристики работы подвижных составов на маршрутах. Отмечают такие факторы, как проработанность маршрутной сети с потребным местом расположения и оснащенности остановочных пунктов, соблюдение требований к подвижному составу и использование автобусов подходящей вместимости для обеспечения необходимого уровня характеристик движения по маршрутам.

В работах исследователей Бобровникова Г. Н., Болоненкова Г. В., Воробьева М. В. [4; 6; 13] рассматривались используемые типы и классы транспортных средств, в частности их наполнения в пиковые часы работы транспортной системы, помимо параметров качества предоставляемых услуг для пассажиров, которые включают в себя оснащение и состояние транспортных средств на ГПТ, благоустройства остановочных пунктов, общего характера поведения сотрудников транспортного обслуживания на общественном транспорте, качества управления транспортными средствами водителей маршрутных автобусов.

Миротин Л. Б. [28] описывает пассажирский сервис посредством использования совокупности факторов перемещения транспортного средства с соблюдением временных рамок графика, частоты движения общественного транспорта, вероятности безотказной работы общественного транспорта, соблюдения качеств поездки, стоимостного показателя транспортного тарифа, показатель информационного сервиса.

Бойко Г. В. [5] заостряет внимание на показателях уровня транспортного обслуживания описанных выше, экологичности перевозок и уровня безопасности дорожного движения.

Однако, можно отметить, что суждения потенциальных пассажиров нередко являются абстрактными, так как человек зачастую сам додумывает условия перевозки, которые его ожидают. Например, опираясь на внешний вид подходящего общественного транспорта к автобусной остановке и стиль вождения водителя транспортного средства, пассажир может испытывать некое отторжение. Но так как его главная задача заключается в транспортном перемещении в положенное время в конкретное место, перед клиентом встает выбор: воспользоваться, например, первым прибывшим номером маршрута, данную теорию рассматривали в своих работах Фадеев А. И. и Фомин Е. В. [46; 47], или же потратить время на ожидание другого маршрута, удовлетворяющего восприятию пассажира. Это говорит о том, что в первую очередь результативное транспортное поведение пассажиров строится на более важных и веских факторах при выборе пути следования.

Анализ многочисленных работ показывает, что для пассажирских корреспонденций чаще всего отмечаются большей значимости следующие факторы:

- Интенсивность движения автобусов на линии маршрута;
- Вместимость автобусов (класс автобусов);
- Наполнение автобусов;
- Коэффициент непрямолинейности маршрута.

Таким образом, вышеперечисленные исследования и анализ факторов транспортных предпочтений свидетельствует, что выявленный перечень факторов является первостепенным и необходимым для включения в последующую разработку модели вероятности пути следования пассажиров.

1.6. Выводы по главе

Проведен обзор структуры парка подвижного состава, методов формирования структуры и факторов, влияющих на формирование структуры парка подвижного состава в условиях городского пассажирского транспорта.

Установлено, что каждый из методов определения структуры парка подвижного состава позволяет рассмотреть формирование структуры с разных точек зрения с учетом различных факторов, имеет свои достоинства и недостатки. Приведенные методы помогают при организации рабочего процесса как комплексно транспортной сети, так и отдельно взятых предприятий.

Но в то же время, в рассмотренных методах вопросу выбора пути следования пассажирами должного внимания не уделено. Поэтому был проведен анализ, посредством которого выявлены основные факторы, являющиеся главными при выборе общественного городского пассажирского транспорта, на которые опирается пассажир перед началом своего транспортного передвижения.

Выдвигаются необходимые задачи для дальнейшего исследования:

1. Выявить основные факторы, влияющие на выбор пути следования пассажиров;
2. Разработать математическую модель выбора пути следования пассажиров;
3. Определить значения основных параметров разработанной модели;
4. Дать производственную оценку, опираясь на разработанную модель.

2 ГЛАВА. Разработка математической модели

2.1. Разработка математической модели выбора пути следования пассажира

Эффективная перевозка пассажирских корреспонденций является одной из сложнейших задач в области городских общественных транспортных услуг. По сути транспортные организации должны предоставить все условия для комфортного во всех смыслах передвижения корреспонденций из точки А в точку Б.

Для решения поставленной задачи за основу принимается математическая модель маршрутной сети ГПТ общего пользования, представленная Фоминым Е.В. [46; 47], она позволяет осуществлять расчет технико-эксплуатационных показателей функционирования при известном транспортном спросе, выраженном пассажирскими корреспонденциями и имеет следующий вид:

Количество пассажиров, перевезенных по k -му маршруту (Q_k) рассчитывают по формуле:

$$Q_k = \sum_i \sum_j x_{ij} p_{ij}^k \quad (22)$$

Пассажиरोоборот k -го маршрута (P_k):

$$P_k = \sum_i \sum_j x_{ij} p_{ij}^k l_{ij}^k \quad (23)$$

Вероятность удовлетворения k -м маршрутом, ij -й корреспонденций (P_{ij}^k):

$$p_{ij}^k = \frac{a_k c_{ki} c_{kj}}{\sum_n a_n c_{ni} c_{nj}}; \quad \sum_n p_{ij}^k = 1 \quad (24)$$

Минимальное количество перевезенных пассажиров, приходящихся на один км пробега транспортного средства m -го класса по маршруту (Q_m^{km}):

$$Q_m^{km} = \frac{S_m^{km}}{T_p} (1 + k_p/100) \quad (25)$$

Среднечасовой коэффициент динамического использования вместимости для k -го маршрута:

$$\gamma_{\partial k} = \frac{P_k^{\text{ч}}}{P_k^{\text{вч}}} = \frac{P_k^{\text{ч}}}{a_k t_{\text{обк}} v_{\text{эк}} q_k} \quad (26)$$

Среднечасовая транспортная работа на k -м маршруте:

$$P_k^{\text{ч}} = \frac{P_k}{t} \quad (27)$$

где x_{ij} – матрица корреспонденций пассажиров между i -м и j -м пунктом маршрутной сети (транспортный спрос, описанный посредством матрицы корреспонденций), пасс.; l_k – длина ij -пассажирской корреспонденции при реализации по k -му маршруту, км.; ck_i, ck_j – элементы матрицы соответствия остановочных пунктов маршрутам, принимают значения 0 или единицы, в зависимости от вхождения остановочного пункта в k -й маршрут; a_k, a_n – интенсивность движения по k -му и n -му маршруту соответственно, ед./час; S_{km} – себестоимость пробега транспортного средства m -го класса по маршруту, руб./км; T_p – пассажирский тариф, руб.; K_p – рентабельности деятельности транспортной организации, %; $t_{\text{об}}$ – время оборота по k -му маршруту, час.; a_k – интенсивность движения по k -му маршруту, ед./час; $v_{\text{э}}$ – эксплуатационная скорость движения по i -му маршруту, км./час; t – период времени, за который рассчитывается транспортная работа, час; n – количество маршрутов.

$$L_k = L_k^0 a_k T_k^m \quad (28)$$

где L_k^0 – длина оборота k -го маршрута, км; a_k – интенсивность движения по k -му маршруту, ед./час; T_k^m – среднее время на k -м маршруте, час.

Коэффициент динамического использования вместимости для k -го маршрута за день работы транспорта:

$$\gamma_{\partial}^k = \frac{P_k^{\text{ч}}}{L_k a_k} \quad (29)$$

Для каждого маршрута определяют интенсивность движения и класс вместимости ТС таким образом, чтобы на сети маршрутов достигался минимальный коэффициент динамического использования вместимости:

$$\bar{\gamma}_{\partial} = \frac{\sum_k P_k^{\text{ч}}}{\sum_k P_k^{\prime\text{ч}}} \Rightarrow \min, \quad (30)$$

при установленных ограничениях:

– интенсивность движения по маршруту:

$$a_{\min} \leq a_k \leq a_{\max}; \quad (31)$$

– экономическая эффективность перевозок:

$$Q_{k\text{тк}} \geq Q_{k\text{тмин}}, \quad (32)$$

где: $\bar{\gamma}_{\partial}$ – среднечасовой коэффициент динамического использования вместимости на сети; P_k – среднечасовая транспортная работа по k -му маршруту, пасс-км/час; P_k' – среднечасовая номинальная транспортная работа по k -му маршруту (транспортная работа при полном использовании

вместимости подвижного состава), пасс-км/час; a_{\min} a_{\max} – ограничение интенсивности движения подвижного состава по маршрутам, ед./час; a_k – интенсивность движения по k-му маршруту, ед./час; q_k^{km} – количество пассажиров на один км пробега подвижного состава по k-му маршруту; Q_m^{km} – минимальное количество пассажиров на один км пробега m-го класса автобуса (на k-м маршруте), обеспечивающее рентабельную работу; $\gamma_{\partial k}$ – среднечасовой коэффициент динамического использования вместимости для k-го маршрута; γ_{max} – предельный коэффициент использования вместимости транспортных средств; $k \in I$ – множество остановочных пунктов k-го маршрута; a_{ij}^{max} – ограничение пропускной способности ij участка маршрутной сети.

Данная математическая модель построена на вероятности использования автобусного маршрута, подошедшего первым к остановочному пункту, учитывает матрицу соответствия остановочных пунктов, однако, в ней не применяется перечень факторов выбора пользования автобусного маршрута пассажирскими корреспонденциями, что является недоработкой.

В процессе разработки необходимо получить такую модель, которая будет точно описывать вероятность выбора транспортного маршрута пассажиром.

В любом крупном мегаполисе существуют такие пассажирские корреспонденции, которые могут быть удовлетворены не одним, а несколькими маршрутами. В то же время, маршруты могут относиться к разным видам городского транспорта, которые обладают различными характеристиками. Это приводит к возникновению выбора пути следования, состоящего в свою очередь из перечня выявленных факторов транспортных предпочтений, которые и будут учитываться в вероятности выбора пути следования.

К построению модели вероятности выбора пути следования пассажиров выносятся следующий перечень выявленных основных факторов, которые являются решающими при выборе маршрута:

- интенсивность движения автобусов;
- вместимость автобусов;
- коэффициент непрямолинейности маршрутов;
- наполнение автобусов.

При этом в процессе разработки учитывается ряд условий:

1. К исходным данным относятся соответственно факторы, на основе которых проводится разработка математической модели вероятности:

- интенсивность движения автобусов – a_k , ед./час;
- вместимость автобусов – $q_{авт}$, пасс.;
- коэффициент непрямолинейности маршрутов – $K_{нм}$;
- наполнение автобусов – $\gamma_{авт}$.

2. В качестве изменяемых параметров выступают класс автобусов и их количество.

3. Выходным параметром будет служить полученная модель вероятности выбора пути следования.

4. Необходимо для каждого из выявленных факторов выявить коэффициенты значимости, значение которых будет получено в ходе исследований.

Отталкиваясь будем от выражений вероятности пользования маршрутом через выявленные факторы, выражения по каждому из факторов имеют вид:

- вероятность через интенсивность движения автобусов

$$p_i^k = \frac{a_k}{\sum_n a_i} \quad (33)$$

- вероятность через вместимость автобусов

$$p_i^k = \frac{q_{автk}}{\sum_n q_{автi}} \quad (34)$$

- вероятность через коэффициент непрямолинейности маршрутов

$$p_i^k = \frac{K_{нмk}}{\sum_n K_{нми}} \quad (35)$$

– вероятность через наполнение автобусов

$$p_i^k = \frac{\gamma_{автk}}{\sum_n \gamma_{авти}} \quad (36)$$

где a_k – это интенсивность движения автобуса по k-му маршруту, ед./час;
 $q_{автk}$ – это вместимость k-го автобуса, пасс.; $K_{нмk}$ – это коэффициент непрямолинейности k-го маршрута;
 $\gamma_{автk}$ – это наполнение k-го автобуса;
 $\sum_n a_i$ – это суммарное значение интенсивности движения всех рассматриваемых автобусов;
 $\sum_n q_{авти}$ – это суммарное значение вместимости всех рассматриваемых автобусов;
 $\sum_n K_{нми}$ – это суммарное значение коэффициента непрямолинейности всех рассматриваемых маршрутов;
 $\sum_n \gamma_{авти}$ – это суммарное значение наполнение всех рассматриваемых автобусов.

Поскольку применение факторов интенсивности движения автобусов a_k , вместимости автобусов на маршруте $q_{авт}$, коэффициента непрямолинейности маршрутов $K_{нм}$ и наполнения автобусов $\gamma_{авт}$ будет повышать или, наоборот, снижать вероятность пользования отдельно рассматриваемого маршрута, данные параметры следует включать в единую формулу посредством сложения.

Тогда, выражение вероятности $p_i^{k\phi}$, учитывающее все факторы, будет иметь вид:

$$p_i^{k\phi} = \frac{a_k + q_{автk} + K_{нмk} + \gamma_{автk}}{\sum_n (a_n + q_{авт} + K_{нм} + \gamma_{авт})} \quad (37)$$

где в числителе $a_k + q_{автk} + K_{нмk} + \gamma_{автk}$ – это суммарное значение факторов по k-му выбранному маршруту; в знаменателе $\sum_n (a_n + q_{авт} + K_{нм} + \gamma_{авт})$ – это

суммарное число равновозможных и элементарных исходов испытания по всем рассматриваемым n-м маршрутам.

Так же сохраняется требование о полной вероятности:

$$\sum_n p_i^{k\phi} = 1 \quad (38)$$

В полученной формуле вероятности следует применить для каждого фактора весовые коэффициенты значимости. Это позволит грамотно использовать закономерность распределения факторов по важности при выборе маршрута общественного ГПТ пассажиром, а так же в большей степени выразить их приоритет.

Внесем коэффициенты значимости α_i по каждому из факторов соответственно:

- интенсивности движения автобусов – α_a ;
- вместимости автобусов – это α_q ;
- коэффициента непрямолинейности маршрутов – α_K ;
- наполнения автобусов – α_γ .

При подстановке коэффициентов значимости в формулу 42, выражение вероятности принимает вид:

$$p_i^{k\phi} = \frac{\alpha_a * a_k + \alpha_q * q_{автk} + \alpha_K * K_{нмк} + \alpha_\gamma * \gamma_{автk}}{\sum_n (\alpha_a * a_n + \alpha_q * q_{авт} + \alpha_K * K_{нм} + \alpha_\gamma * \gamma_{авт})} \quad (39)$$

Определение значений коэффициентов значимости проводится эмпирически, непосредственно в процессе исследования в 3 главе магистерской диссертации.

Таким образом, разработанная математическая модель выбора пути следования построена на вероятности пользования маршрутом из рассматриваемых пассажиром вариаций маршрутов. Учитывает в себе основные факторы – интенсивности движения автобусов, вместимость

автобусов, коэффициента непрямолинейности маршрутов и наполнения автобусов, полученных в процессе анализа, которые являются решающими для пассажирских корреспонденций при выборе маршрута.

Так, применение данной модели поспособствует более точным расчетам в условиях городского общественного пассажирского транспорта.

2.2. Определение значений основных параметров разработанной модели

В представленной формуле вероятности пользования маршрутом следует дать определение значений основных параметров.

Непрямолинейность маршрута рассчитывается по общепринятой формуле, применяемой многочисленными исследователями таких, как Бойко Г. В., Варелуполо Г. А., Гудков А. В., Жуков А. И., Рощин А. И., Спириин И. В. и других [5; 10; 11; 22; 23; 42; 43; 44]:

$$K_{\text{нм}} = \frac{l_{\text{ТС}}}{l_{\text{ВП}}} \quad (40)$$

где $l_{\text{ТС}}$ – это фактическое расстояние по транспортной сети между контрольными точками; $l_{\text{ВП}}$ – это расстояние по воздушной прямой между контрольными точками.

Разработанная модель вероятности пользования маршрута строится на предпочтениях пассажирских корреспонденциях и их личной визуальной оценке, поэтому часть параметров модели будем рассматривать с точки зрения пассажиров аналогично силуэтному методу.

Вместимость автобуса (класс автобуса) $q_{\text{авт}}$ определяется посредством визуальной оценки автобусов пассажирами, поскольку пассажир может только визуально определить вместимость автобуса, то есть его класс. Для этого применяется наипростейшая классификация, которая заключается в

том, что пассажир может различать классы автобусов лишь как малый, средний и большой классы. Посредством применения такого метода, можно дать балльную оценку для каждого класса автобусов и использовать ее при расчете.

Так как класс автобуса будет повышать или снижать значение показателя вероятности выбора автобусного маршрута, присваивается каждому классу баллы по значимости.

Принцип присвоения баллов строится на приоритете потребителя, каждому пассажиру будет значительно комфортнее реализовывать свою поездку на большом классе автобусов с большим количеством сидячих мест, большим вместимостью. В соответствии с данным принципом приводится классификация, указанная в таблице 6.

Показатель наполнения автобуса $\gamma_{авт}$ пассажир аналогично так же может оценить лишь визуально, т.е. выделяет внешнюю оценку наполнения салона автобуса. Данный параметр будем определять посредством балльной оценки. Классификация представлена в таблице 7.

Таблица 6 – Балльная оценка вместимости автобусов.

Визуальная оценка вместимости автобуса пассажиром	Балльная оценка вместимости автобуса
Малый класс	1
Средний класс	2
Большой класс	3

Таблица 7 – Балльная оценка наполнения автобусов.

Визуальная оценка наполнения автобуса пассажиром	Балльная оценка наполнения автобуса
Пассажир наблюдает пустой или практически пустой салон автобуса	4
Пассажир наблюдает практически все занятые сидячие места в салоне автобуса	3
Пассажир наблюдает полностью занятые сидячие места, но есть свободные стоячие места в салоне автобуса	2
Пассажир наблюдает полностью заполненный салон автобуса	1

2.3. Выводы по главе

Разработана математическая модель вероятности выбора пути следования пассажиров на городском пассажирском транспорте, которая построена на основных выявленных факторах транспортного поведения.

В разработанной модели учтены коэффициенты значимости каждого из факторов, как весовая характеристика. Применение данной модели позволит более точно проводить расчеты при определении оптимальной и необходимой структуры парка ПС на маршрутной сети общественного ГПТ.

В качестве последующей задачи необходимо провести опрос пассажирских корреспонденций для определения весовых значений факторов модели и последующего расчета. А так же дать методику проведения опроса, в которой необходимо отразить поэтапно сбор и обработку полученных данных.

3 ГЛАВА. Методика проведения опроса пассажирских корреспонденций

Для решения поставленных задач в магистерской диссертации, необходимо провести опрос пассажирских корреспонденций, что позволит в качестве результатов обследования определить весовые значения факторов разработанной модели, дать производственную оценку и применить на практике модель вероятности выбора пути следования.

Прежде всего, опрос – это метод сбора необходимой информации при проведении обследований состояния общества в конкретно рассматриваемых направлениях.

В работе используется метод анкетного опроса, так как обладает рядом преимуществ в опросе респондентов: позволяет организовать массовые исследования с сохранением анонимности участвующих; позволяет получить хорошо структурированные и сопоставимые результаты; несет в себе относительно небольшие затраты трудоёмкости процедур по подготовке и проведению исследований.

В условиях обследования транспортной системы, метод опроса позволяет собрать достаточно объемно и емко мнения пассажирских корреспонденций, что позволяет в результате повысить качество и эффективность работы транспортной системы или отдельно рассматриваемого маршрута, на котором проводится обследование.

Целью проводимого опроса является выявление предпочтений пассажирских корреспонденций на ГПТ, что приведет к получению значений коэффициентов весомости параметров разработанной математической модели вероятности выбора пути следования и позволит непосредственно проверить ее применимость на практике.

Процесс обследования анкетного опроса включает в себя две части опроса, и делится на 3 этапа:

- подготовительный;

- непосредственно само обследование;
- обработка результатов.

Методика обследования делится на две части:

- первая часть опроса проводится в электронной форме граждан г. Красноярска;
- вторая часть опроса проводится очно на остановочных пунктах г. Красноярска

В соответствии с этим разрабатываются вопросы и две формы анкет так, чтобы получить ответы в одинаковой форме по двум частям опроса.

На основании сформулированных вопросов, выносятся анкеты для проведения опросов, полностью соответствующих обозначенным требованиям.

Формы анкет первой и второй частей опросов должны полностью друг другу соответствовать для корректного сбора данных и процесса их обработки.

3.1. Описание методики проведения первой части опроса пассажирских корреспонденций

Алгоритм первого подготовительного этапа:

1 Разработка вопросов для респондентов в соответствии с поставленной целью обследования, построение вопросов должно отвечать нескольким требованиям:

- формулировка вопросов должна отвечать параметрам разработки;
- формулировка вопросов должна быть простой и понятной для опрашиваемых;
- формулировка вопросов должна строиться на немногосложных и кратких ответах.

Выносятся следующий ряд вопросов, используемых в последующем при разработке анкет:

– «Откуда и куда вы чаще всего ездите? Укажите наименования отправного остановочного пункта и конечного остановочного пункта.»;

– «Какому номеру автобусного маршрута вы отдаете предпочтение?»;

– «Расставьте в порядке убывания факторы из списка при выборе автобусного маршрута по значимости для вас, где: 1 - интенсивность движения автобусов по маршруту (количество автобусов, проезжающих по маршруту за единицу времени); 2 - непрямолинейность автобусного маршрута; 3 - вместимость автобуса (класс автобуса - малый, средний, большой); 4 - наполнение автобуса (насколько свободен салон автобуса).».

Обозначенные сформулированные вопросы обеспечат сбор полноты всей необходимой информации для исследования предпочтений пассажирских корреспонденций.

2 Разработка формы анкеты для первой части опроса в электронном формате проводится на Интернет-ресурсе Google Forms во вкладке «Для личных целей». Чтобы приступить к созданию формы анкеты опроса, необходимо на главном меню в разделе «Создать форму» использовать вкладку «Пустой файл».

Далее следует заполнить поле главной шапки опросной формы «Новая форма», в ней указывается «Выявление предпочтений пассажирских корреспонденций на городском пассажирском транспорте г. Красноярска».

В форме создания первого вопроса необходимо изменить тип формы – во вкладке «Один из списка» выбрать «Текст (абзац)», включить функции «Показать описание» и «Обязательный вопрос».

Заполнить поля: «Вопрос без заголовка», где указывается первый вопрос «Откуда и куда вы чаще всего ездите?»; в поле «Описание» вставить описание первого вопроса «Укажите наименования отправного остановочного пункта и конечного остановочного пункта. Пример ответа: "от ост. БСМП до ост. Красной площади"».

Заполнение полей и выбор функций в последующих двух вопросах происходит аналогично.

Создание формы второго вопроса: в консоли функций, расположенной справа от формы, выбрать иконку «Добавить вопрос». В форме создания второго вопроса необходимо изменить тип формы – во вкладке «Один из списка» выбрать «Текст (абзац)», включить функции «Показать описание» и «Обязательный вопрос».

Заполнить поля: «Вопрос без заголовка», где указывается второй вопрос «Какому номеру автобусного маршрута вы отдаете предпочтение?»; в поле «Описание» вставить описание второго вопроса «Укажите номер автобусного маршрута. Пример ответа: "43"».

Создание формы третьего вопроса: в консоли функций, расположенной справа от формы, выбрать иконку «Добавить вопрос». В форме создания третьего вопроса необходимо изменить тип формы – во вкладке «Один из списка» выбрать «Текст (абзац)», включить функции «Показать описание» и «Обязательный вопрос».

Заполнить поля: «Вопрос без заголовка», где указывается третий вопрос «Расставьте в порядке убывания факторы из списка при выборе автобусного маршрута по значимости для вас.»; в поле «Описание» вставить описание второго вопроса «где: 1 - интенсивность движения автобусов по маршруту (количество автобусов, проезжающих по маршруту за единицу времени); 2 - непрямолинейность автобусного маршрута; 3 - вместимость автобуса (класс автобуса - малый, средний, большой); 4 - наполнение автобуса (насколько свободен салон автобуса). Пример ответа: "3, 2, 1, 4"».

Далее выбрать вкладку «Отправить», затем через вкладку «Отправить ссылку» выбрать «Короткий URL» и получить URL-ссылку разработанной формы первой части опроса.

Форма анкеты первой части опроса в электронной форме граждан г. Красноярска на Интернет-ресурсе Google в качестве Google Forms представлена на рисунке 6.

**Выявление предпочтений
пассажирских корреспонденций на
городском пассажирском транспорте
г. Красноярска.**

* Обязательно

Откуда и куда вы чаще всего ездите? *

Укажите наименования отправного остановочного пункта и конечного остановочного пункта.
Пример ответа: "от ост. БСМП до ост. Красной площади".

Мой ответ _____

Какому номеру автобусного маршрута вы отдаете предпочтение? *

Укажите номер автобусного маршрута. Пример ответа: "43".

Мой ответ _____

Расставьте в порядке убывания факторы из списка при выборе автобусного маршрута по значимости для вас. *

где: 1 - интенсивность движения автобусов по маршруту(количество автобусов, проезжающих по маршруту за единицу времени). 2 - непрямолинейность автобусного маршрута. 3 - вместимость автобуса(класс автобуса - малый, средний, большой). 4 - наполнение автобуса(насколько свободен салон автобуса). Пример ответа: "3, 2, 1, 4".

Мой ответ _____

Отправить

Рисунок 6 – Форма анкеты первой части опроса в электронной форме граждан г. Красноярска.

3 Объем выборки статистической совокупности определяется на основе средних значений с целью получения достоверных данных [23]:

$$n = \frac{\sigma^2 t^2}{e^2} \quad (41)$$

где n – это объем выборки; σ – среднее квадратическое отклонение; t – уровень доверительности; e – желаемая точность (погрешность).

По данным Красноярскстата численность населения города Красноярска в 2021 г. составила 1 092 851 человек [53].

Характеристика выборочной совокупности: объем выборочной совокупности объектов исследования составляет 800 респондентов. Тип выборки – вероятностная. С учетом доверительной вероятности (не более 97% в данном случае), достоверным или статистически значимым можно считать изменение показателей более чем на 3% в большую или меньшую сторону.

Опрошенных в количестве 800 будет достаточно, потому что фактически разницы между 800 и 1000, например, опрошенных почти нет. С увеличением опрошенных больше 800 на 100–200 человек мы уже можем говорить о том, что наши оценки будут отличаться от доли в генеральной совокупности на 2–3%. Если мы увеличиваем выборку дальше, то эта возможная ошибка будет уменьшаться, но очень незначительно. Иными словами, выборка в большее количество опрошенных пассажиров лучше, чем выборка в 800, но разница настолько мала, что не имеет смысла, а в случае социальных обследований и экономически не обоснована. Обычно увеличение выборки стоит дорого, и поэтому ее не имеет смысла раздувать ради того, чтобы выиграть один процентный пункт в величине доверительного интервала.

Алгоритм второго этапа проведения обследования:

1 Опубликовать полученную URL-ссылку первой части опроса в Интернет-сетях с предложением гражданам пройти опрос «Выявление предпочтений пассажирских корреспонденций на городском пассажирском транспорте г. Красноярска».

2 Распространить полученную URL-ссылку первой части опроса посредством услуг сотовой связи и «мессенджеров» с предложением гражданам пройти опрос «Выявление предпочтений пассажирских корреспонденций на городском пассажирском транспорте г. Красноярска».

Ответы на вопросы вносят сами опрашиваемые по указанному примеру в опросе и отправляют форму с ответами.

3 При достижении количества 800 заполненных анкет респондентами, сбор анкет завершается и проводится обработка результатов.

Алгоритм третьего этапа обработки результатов:

1 Для обработки полученных результатов по опрошенным респондентам необходимо на главном меню Google Forms выбрать вкладку «Ответы», далее выбрать иконку «Просмотреть ответы в Таблицах», откроется Интернет-ресурс «Google Таблицы» с результатами анкетирования. Следом, открытую таблицу необходимо сохранить в формате таблицы Microsoft Excel на ваш персональный компьютер (ПК) через вкладки «Файл» - «Скачать» - «Microsoft Excel (XLSX)».

2 Проверить результаты опроса на правильные формы ответов. В случае необходимости провести корректировку (лишние указанные знаки препинания, скобки, кавычки и т.п.). Если встречаются ответы, не подлежащие корректировке (не хватает необходимой информации в ответах), такие ответы не учитываются и удаляются.

3 Следующий шаг заключается в создании таблицы «Результаты проведения первой части опроса» на ПК в программе Microsoft Excel.

Создать столбцы:

- I «Откуда и куда следует пассажир (От ост. “...” до ост. “...”»);
- II «Какому № автобусного маршрута отдается предпочтение пассажиром»;
- III «Факторы выбора по значимости».

Столбец III разбить на четыре колонки: «1 фактор по значимости», «2 фактор по значимости», «3 фактор по значимости», «4 фактор по значимости».

Форма таблицы «Результаты проведения первой части опроса» на ПК для первой части опроса к заполнению представлена на рисунке 7.

	A	B	Факторы выбора по значимости			
1	Откуда и куда следует пассажир (От ост. "...\" до ост. "...\"")	Какому № автобусного маршрута отдается предпочтение пассажиром?	1 фактор по значимости	2 фактор по значимости	3 фактор по значимости	4 фактор по значимости
2						
3	I	II	III			
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

Рисунок 7 – Форма таблицы «Результаты проведения первой части опроса».

Сохранить таблицу на ПК.

4 Необходимо перенести полученные результаты опроса из скаченной таблицы Microsoft Excel с «Google Таблицы» в созданную таблицу «Результаты проведения первой части опроса».

Перенос данных в I и II столбцы таблицы осуществляется без изменений, потому что столбцы соответствуют друг другу.

Чтобы перенести значения в четыре колонки «1 фактор по значимости», «2 фактор по значимости», «3 фактор по значимости», «4 фактор по значимости» столбца III таблицы, необходимо выделить все четыре колонки и вставить числовые значения с помощью функции «Распределение значений по ячейкам».

Сохранить заполненную таблицу на ПК.

5 В III столбце таблицы «Результаты проведения первой части опроса» необходимо посчитать количество голосов, отданных респондентами для каждого фактора по значимости.

Схема алгоритма методики первой части опроса в электронной форме представлена на рисунке 8.



Рисунок 8 – Схема алгоритма методики первой части опроса в электронной форме.

3.2. Описание методики проведения второй части опроса пассажирских корреспонденций

Алгоритм первого подготовительного этапа:

1 Разработка вопросов производится аналогично методике проведения первой части опроса в соответствии с той же поставленной целью обследования и теми же требованиями:

- формулировка вопросов должна отвечать параметрам разработки;
- формулировка вопросов должна быть простой и понятной для опрашиваемых;
- формулировка вопросов должна строиться на немногосложных и кратких ответах.

Выносятся следующий ряд вопросов, используемых в последующем при разработке анкет:

- «Куда вы едете? Укажите наименование конечного остановочного пункта.»;
- «Какому номеру автобусного маршрута вы отдаете предпочтение?»;
- «Расставьте в порядке убывания факторы из списка при выборе автобусного маршрута по значимости для вас, где: 1 - интенсивность движения автобусов по маршруту (количество автобусов, проезжающих по маршруту за единицу времени); 2 - непрямолинейность автобусного маршрута; 3 - вместимость автобуса (класс автобуса - малый, средний, большой); 4 - наполнение автобуса (насколько свободен салон автобуса).».

Обозначенные сформулированные вопросы обеспечат сбор полноты всей необходимой информации для обследования предпочтений пассажирских корреспонденций и обладают той же формой вопроса-ответа, как и в методике проведения первой части опроса.

2 Разработка формы анкеты второй части для опроса на остановочных пунктах производится на планшетном устройстве в программе Microsoft Excel в качестве таблицы «Результаты проведения второй части опроса».

Таблица строится из семи столбцов:

Первые два столбца таблицы называются «Откуда и куда следует пассажир» и разделяется на две колонки: 1 - «От остановки» и 2 - «До остановки». При этом:

- колонку «От остановки» заполнить выбранными наименованиями остановочных пунктов в количестве потребных голосов респондентов до проведения исследования, рассмотренными в следующих пунктах;

- колонка «До остановки» заполняется в ходе проведения опроса респондентов.

Третий столбец таблицы называется «Какому № автобусного маршрута отдается предпочтение пассажиром».

Столбцы таблицы с 4 по 7 называются «Факторы выбора по значимости» и разделяются на четыре колонки: 4 - «1 фактор по значимости», 5 - «2 фактор по значимости», 6 - «3 фактор по значимости», 7 - «4 фактор по значимости».

Таблица «Результаты проведения второй части опроса» к заполнению имеет идентичную форму таблицы «Результаты проведения первой части опроса» и форму внесенных ответов, она представлена на рисунке 9.

	Откуда и куда следует пассажир		Какому № автобусного маршрута отдается предпочтение пассажиром	Факторы выбора по значимости			
	От остановки	До остановки		1 фактор по значимости	2 фактор по значимости	3 фактор по значимости	4 фактор по значимости
	1	2	3	4	5	6	7
1	Гор.ДК						
2	...						
3	...						
4	Музыкальный театр						
5	...						
6	...						
7	Театр Оперы и Балета						
8	...						
9	...						
10	...						
11	Главпочтамт						
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							

Рисунок 9 – Результаты проведения второй части опроса.

3 Место и время проведения опроса.

В качестве ключевых остановочных пунктов принимаем остановки общественного транспорта в количестве четырех штук, отвечающие совокупности параметров, описанных ниже:

- нахождение вблизи остановочного пункта объектов социальной, культурной, жилой сферы и других объектов тяготения населения;
- размещение остановочного пункта в зоне перекрестков, обеспечивающее удобное пересадочное сообщение;
- прохождение через остановочный пункт общественного транспорта в количестве маршрутов не менее 14;
- количество корреспондирующих микрорайонов должно составлять не менее 5.

Временем проведения опросов на ключевых остановочных пунктах являются «часы-пик», это временные промежутки загруженности пассажирского транспорта в связи с массовым передвижением людей от их мест проживания к местам учебы, работы и иных нужд транспортных передвижений:

- в первой половине дня (с 7:00 до 9:00 часов);
- в обратном направлении во второй половине дня (с 17:00 до 19:00 часов).

4 Определение объема выборочной совокупности для очного опроса на остановочных пунктах проводится аналогично пункту 3 алгоритма проведения подготовительного этапа по формуле 4б.

Характеристика выборочной совокупности: объем выборочной совокупности объектов исследования составляет 530 респондентов. Тип выборки – вероятностная. С учетом доверительной вероятности (не более 95% в данном случае), достоверным или статистически значимым можно считать изменение показателей более чем на 5% в большую или меньшую сторону.

Алгоритм второго этапа обследования:

1 Для проведения опроса, учетчик должен находиться поочередно на выбранных ключевых остановочных пунктах в установленное время и проводить опрос потребного количества пассажиров по разработанному перечню вопросов.

2 Учетчик сам вносит ответы респондентов на вопросы в соответствующие столбцы и ячейки разработанной таблицы «Результаты второго опроса» на планшете в программе Microsoft Excel:

Ответы на вопрос «Куда вы едете? Укажите наименование конечного остановочного пункта.» вносятся во второй столбец «До остановки».

Ответы на вопрос «Какому номеру автобусного маршрута вы отдаете предпочтение?» вносятся в третий столбец.

Ответы на вопрос «Расставьте в порядке убывания факторы из списка при выборе автобусного маршрута по значимости для вас, где: 1 - интенсивность движения автобусов по маршруту (количество автобусов, проезжающих по маршруту за единицу времени); 2 - непрямолинейность автобусного маршрута; 3 - вместимость автобуса (класс автобуса - малый, средний, большой); 4 - наполнение автобуса (насколько свободен салон автобуса)» вносятся соответственно в столбцы с 4 по 7 – «1 фактор по значимости», «2 фактор по значимости», «3 фактор по значимости», «4 фактор по значимости».

3 При достижении необходимого количества опрошенных респондентов поочередно по каждому выбранному остановочному пункту, опрос завершается.

Таблица «Результаты проведения второй части опроса» с внесенными ответами сохраняется так же в формате таблицы программы Microsoft Excel.

Алгоритм третьего этапа обработки результатов:

1 В сохраненной таблице «Результаты второго опроса» с внесенными ответами в формате таблицы программы Microsoft Excel необходимо провести обработку результатов по количеству голосов для столбцов с 4 по 7 «Факторы выбора по значимости».

Для этого необходимо в столбцах с 4 по 7 таблицы «Результаты проведения второй части опроса» необходимо посчитать количество голосов, отданных респондентами для каждого фактора по значимости.

Схема алгоритма методики второй части опроса в очной форме представлена на рисунке 10.



Рисунок 10 – Схема алгоритма методики второй части опроса в очной форме.

3.3. Обработка результатов

Итоговая обработка результатов заключается в объединении результатов двух частей проведенного опроса таблиц «Результаты проведения первой части опроса» и «Результаты проведения второй части опроса»:

- колонка «1 фактор по значимости» III столбца таблицы «Результаты проведения первой части опроса» объединяется соответственно с четвертым столбцом «1 фактор по значимости» таблицы «Результаты проведения второй части опроса»;

- колонка «2 фактор по значимости» III столбца таблицы «Результаты проведения первой части опроса» объединяется соответственно с пятым столбцом «2 фактор по значимости» таблицы «Результаты проведения второй части опроса»;

- колонка «3 фактор по значимости» III столбца таблицы «Результаты проведения первой части опроса» объединяется соответственно с шестым столбцом «3 фактор по значимости» таблицы «Результаты проведения второй части опроса»;

- колонка «4 фактор по значимости» III столбца таблицы «Результаты проведения первой части опроса» объединяется соответственно с седьмым столбцом «4 фактор по значимости» таблицы «Результаты проведения второй части опроса».

Необходимо посчитать количество голосов, отданных респондентами для каждого критерия по важности. Полученные значения и будем использовать для дальнейших расчетов.

3.4. Выводы по главе

Приведено описание методики проведения обследования пассажирских корреспонденций. Данная методика служит инструментом при сборе и обработке данных в ходе обследования.

Сформулированы вопросы и составлены формы анкет, направленные на выявление предпочтений пассажирских корреспонденций на ГПТ при выборе маршрута пользования, строящиеся из двух частей проведения опроса:

Первая часть опроса – электронная форма на ресурсе Google Forms;

Вторая часть опроса – очная форма стандартизированного анкетирования на ключевых остановочных пунктах.

По результатам обследования, согласно цели в магистерской диссертации, получают данные о приоритетности факторов при выборе пути следования, использующихся в разработанной модели вероятности, на основе которых можно дать балльную оценку факторов по значимости и использовать их при расчетах.

Следующим этапом в работе необходимо определить численные значения весовых коэффициентов параметров разработанной модели. А так же наглядно проверить соответствие модели вероятности и корреспонденций.

4 ГЛАВА. Экспериментальное определение весовых коэффициентов разработанной модели и проверка соответствия модели на основе проведенного исследования

В магистерской диссертации проведен опрос пассажирских корреспонденций.

Опрос состоит из двух частей:

- первая часть опроса проводилась в электронной форме на Интернет-ресурсе Google Forms, количество опрошенных респондентов составило 800 человек;

- вторая часть опроса проводилась очно на ключевых остановочных пунктах в качестве стандартизированного анкетирования, количество опрошенных респондентов составило 530 человек.

В качестве мест проведения опросов выбраны остановочные пункты:

- «Театр Оперы и Балета»;
- «Главпочтамт»;
- «ГорДК»;
- «Музыкальный театр».

В соответствии с методикой проведения исследования, полученные данные обрабатываются для дальнейшего определения численных значений весовых коэффициентов разработанной модели вероятности выбора пути следования пассажирских корреспонденций и последующего проведения экспериментально-практической проверки соответствия модели.

В качестве примера приводятся заполненные формы анкет для двух частей опроса:

- «Результаты проведения первой части опроса в электронной форме» в Приложении А на рисунке А.1;

- «Результаты проведения второй части опроса в очной форме на остановочных пунктах» в Приложении А на рисунке А.2.

4.1. Определение численных значений весовых коэффициентов разработанной модели

Согласно методике проведения первой части опроса в электронной форме, необходимо посчитать количество голосов респондентов, распределенных по значимости факторов. Посчитанные количества голосов заполняются в таблицу 8. Сводка о количестве голосов по важности критериев при выборе пути следования для первой части опроса представлена в диаграмме на рисунке 11.

Таблица 8 – Распределение голосов респондентов по значимости факторов первой части опроса.

Распределение голосов респондентов по значимости факторов	Факторы по значимости			
	1 фактор по значимости	2 фактор по значимости	3 фактор по значимости	4 фактор по значимости
Интенсивность движения автобусов по маршруту	267	142	178	213
Непрямолинейность автобусного маршрута	203	185	166	246
Вместимость автобуса	178	244	203	175
Наполнение автобуса	152	229	253	166
Всего голосов	800			



Рисунок 11 – Сводка о количестве голосов по значимости факторов в результатах первой части опроса.

Для второй части опроса в очной форме, посчитанные количества голосов заполняются в таблицу 9. Сводка о количестве голосов по важности критериев при выборе пути следования для первой части опроса представлена в диаграмме на рисунке 12.

Таблица 9 – Распределение голосов респондентов по значимости факторов второй части опроса.

Распределение голосов респондентов по значимости факторов	Факторы по значимости			
	1 фактор по значимости	2 фактор по значимости	3 фактор по значимости	4 фактор по значимости
Интенсивность движения автобусов по маршруту	179	131	123	97
Непрямолинейность автобусного маршрута	137	141	124	128
Вместимость автобуса	129	134	149	118
Наполнение автобуса	85	124	134	187
Всего голосов	530			

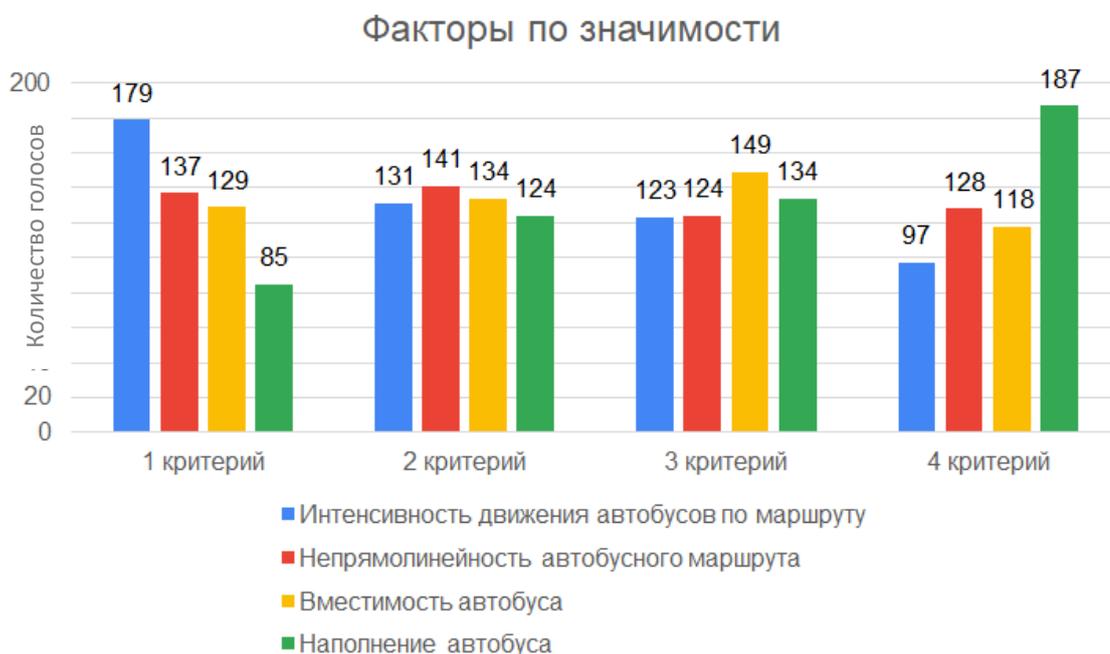


Рисунок 12 – Сводка о количестве голосов по значимости факторов в результатах второй части опроса.

Далее необходимо произвести сложение результатов двух частей опроса:

- интенсивность движения – 446 голоса респондентов;
- непрямолинейность маршрута – 374 голоса респондентов;
- вместимость автобуса – 378 голоса респондентов;
- наполнение автобуса – 387 голоса респондентов.

Обработанные данные о количестве голосов показывают, что наиболее приоритетным фактором для пассажиров является интенсивность движения, фактор наполнения автобуса второй по значимости, фактор вместимости автобусов третий по значимости и наименее приоритетным фактором является непрямолинейность маршрута.

На рисунке 13 представлено сравнение итоговых показателей в разрезе факторов по значимости.



Рисунок 13 – Сравнение показателей в разрезе факторов по значимости.

Следующим этапом проводится присвоение балльных значений весомости для факторов на основании проведенного анкетного опроса, ориентированного на электронную форму и стандартизированное анкетирование. То есть, проводится определение коэффициентов значимости α по каждому из факторов соответственно:

- интенсивности движения автобусов – α_a ;
- вместимости автобусов – это α_q ;
- коэффициента непрямолинейности маршрутов – α_k ;
- наполнения автобусов – α_γ .

Присвоение баллов проводится по принципу соответствия большего балла более значимому фактору и наоборот. Классификация представлена в таблице 10:

Таблица 10 – Балльная оценка значений весомости факторов.

Наименование фактора	Балльная оценка
Интенсивность движения	4
Непрямолинейность маршрута	1
Вместимость автобуса	2
Наполнение автобуса	3

Согласно таблице 10, значения коэффициентов значимости α будут соответственно равны: $\alpha_a= 4$; $\alpha_q= 2$; $\alpha_k= 1$; $\alpha_\gamma= 3$. Теперь можно переходить к проверке соответствия модели на практике.

4.2. Проверка соответствия модели на основе проведенного исследования

Согласно проведенному исследованию второй части очного опроса, в качестве практической проверки соответствия разработанной математической модели вероятности выбора пути следования, одним из

ключевых начальных остановочных пунктов рассматривался пункт «Главпочтамт» в г. Красноярск. Данный остановочный пункт задействуем в практическом эксперименте.

Для практического эксперимента принимаются маршруты с начальным остановочным пунктом «Главпочтамт», а в качестве конечного остановочного пункта принимается «Студгородок». Для данного маршрута будем рассматривать автобусы №3 и №83.

По результатам опроса автобусным маршрутом №3 воспользовались 4 респондента, а автобусным маршрутом №83 воспользовались 6 респондентов.

Помимо результатов опроса в рамках анкетирования респондентов, физически был прослежен и проконтролирован маршрут следования пассажиров от начального остановочного пункта до конечного остановочного пункта.

В качестве характеристики маршрутов, в соответствии с таблицей 12 о вместимости, респонденты различают в данной ситуации 2 класса автобусов – это малый и большой, следовательно:

- для маршрута №3 соответствует малый класс автобуса и значение вместимости $q_{\text{авт}3}$ принимается равным 1;
- для маршрута №83 соответствует большой класс автобуса и значение вместимости $q_{\text{авт}83}$ принимается равным 3.

Учитывая, что у автобусного маршрута №3 эксплуатируются автобусы ПАЗ-Вектор (малый класс), а у автобусного маршрута №83 эксплуатируются автобусы ЛиАЗ-4292 (большой класс), можно сделать вывод, что принимаемые значения вместимости $q_{\text{авт}}$ соответствуют реальным классам автобусов.

Так же в процессе исследования отмечается состояние наполнения салонов автобусов №3 и №83 аналогично силуэтному методу, в соответствии с выведенной классификацией, указанной в таблице 7:

- для маршрута №3 соответствует полностью заполненный салон автобуса, следовательно, согласно классификации значение наполнения автобусов $\gamma_{авт3}$ принимается равным 1;

- для маршрута №83 соответствует полностью занятые сидячие места, но есть свободные стоячие места в салоне автобуса, следовательно, согласно классификации значение наполнения $\gamma_{авт83}$ принимается равным 2.

Для определения значения коэффициента непрямолинейности маршрутов необходимо применить формулу 41.

Фактическое расстояние по транспортной сети между контрольными точками составляет для маршрута №3 $l_{ТС3}=9,1$ км. и для маршрута №83 $l_{ТС83}=6,4$ км.

Расстояние по воздушной прямой между контрольными точками является одинаковым, так как начальные и конечные пункты маршрутов находятся в тех же местах, и составляет $l_{ВП3}=l_{ВП83}=5,3$ км.

Следовательно, значение коэффициентов непрямолинейности маршрутов имеют значение:

- для маршрута №3

$$K_{нм3} = \frac{l_{ТС3}}{l_{ВП3}} = 1,7 \quad (42)$$

- для маршрута №83

$$K_{нм83} = \frac{l_{ТС83}}{l_{ВП83}} = 1,2 \quad (43)$$

Схема движения автобусных маршрутов №3 и №83 представлена на рисунке 13. На схеме начальный остановочный пункт «Главпочтамт» соответствует отметке – А, конечный остановочный пункт «Студгородок» соответствует отметке – Б.

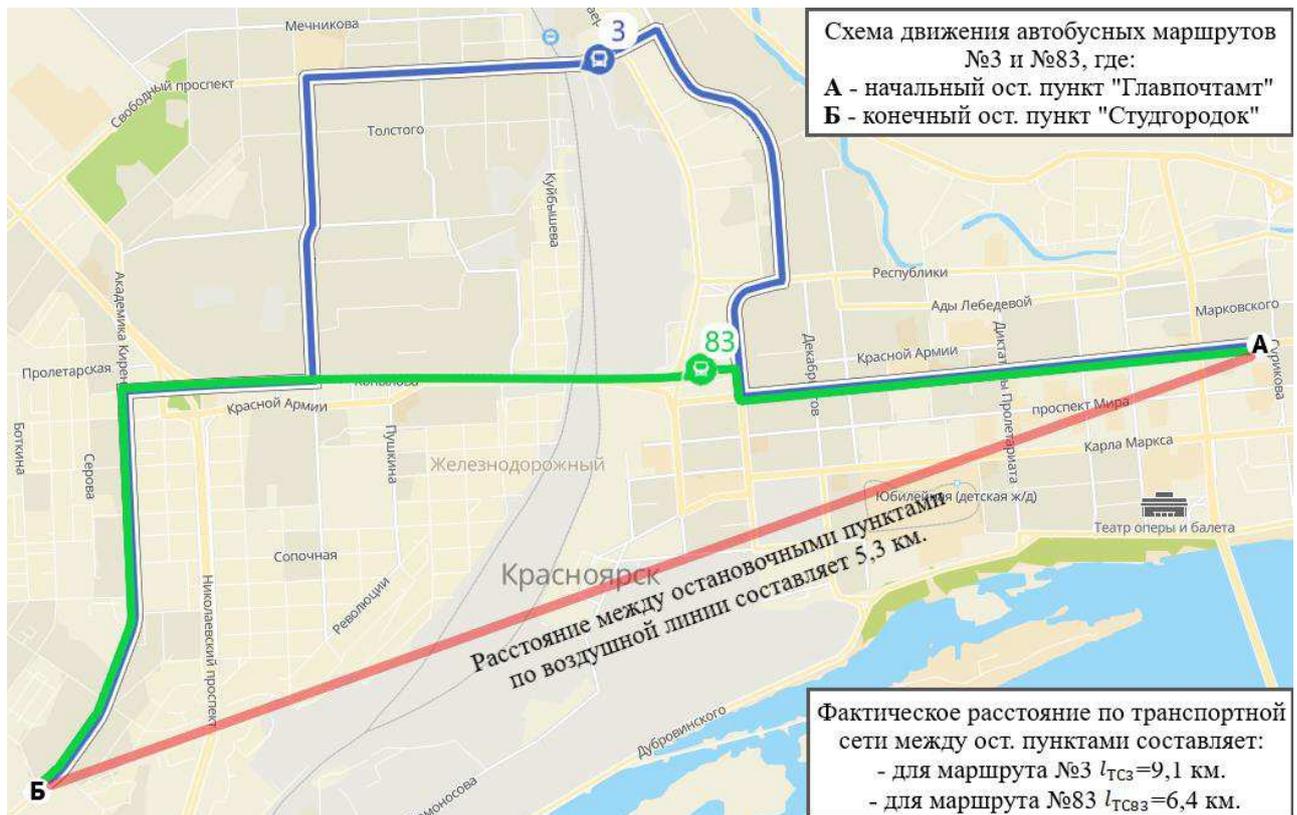


Рисунок 13 – Схема движения автобусных маршрутов №3 и №83 от начального остановочного пункта до конечного остановочного пункта.

Интенсивность движения на маршруте определяется исходя из данных, указанных на информационных табло начального остановочного пункта:

- для маршрута №3 интервалы движения автобусов 15 минут, следовательно, интенсивность движения $a_3=4$;
- для маршрута №83 интервалы движения автобусов 12 минут, следовательно, интенсивность движения $a_{83}=5$.

Рассчитаем вероятность выбора пути следования для автобусных маршрутов №3 и №83 по формуле 39:

$$p_3^{kf} = \frac{\alpha_a \cdot a_3 + \alpha_q \cdot q_{авт3} + \alpha_K \cdot K_{нм3} + \alpha_\gamma \cdot \gamma_{авт3}}{\sum_{3+83} (\alpha_a \cdot a_n + \alpha_q \cdot q_{авт} + \alpha_K \cdot K_{нм} + \alpha_\gamma \cdot \gamma_{авт})} = 0,41 \quad (44)$$

$$p_{83}^{kf} = \frac{\alpha_a \cdot a_{83} + \alpha_q \cdot q_{авт83} + \alpha_K \cdot K_{нм83} + \alpha_\gamma \cdot \gamma_{авт83}}{\sum_{3+83} (\alpha_a \cdot a_n + \alpha_q \cdot q_{авт} + \alpha_K \cdot K_{нм} + \alpha_\gamma \cdot \gamma_{авт})} = 0,59 \quad (45)$$

4.3. Выводы по главе

Результаты рассчитанных значений вероятности выбора пути следования автобусных маршрутов №3 и №83 пассажирскими корреспонденциями, равные $p_3^{кф} = 0,41$ и $p_{83}^{кф} = 0,59$, сопоставимы с результатами исследовательской части опроса о транспортном передвижении четырех пассажиров на автобусе №3 и шести пассажиров на автобусе №83 от начального остановочного пункта «Главпочтамт» до конечного остановочного пункта «Студгородок».

Таким образом, результаты проведения расчетов показывают, что разработанная модель вероятности выбора пути следования работоспособна и может применяться в процессе расчета показателей городского пассажирского транспорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы диссертационного исследования на тему «Определение структуры городского пассажирского общественного транспорта в зависимости от транспортного спроса» выявлены, рассмотрены и решены основные требуемые задачи.

Проведен анализ методик определения оптимальной структуры парка ПС, определены недоработки существующих методик, заключающие в себе отсутствие модели, которые учитывают выбор пути следования пассажирских корреспонденций в условиях ГПТ, на основании которого проводилась дальнейшая работа.

В основной части диссертационного исследования выполнено:

- Проведен анализ, посредством которого выявлены основные факторы, являющиеся главными при выборе общественного городского пассажирского транспорта, на которые опирается пассажир перед началом своего транспортного передвижения;

- Разработана математическая модель вероятности выбора пути следования пассажиров на городском пассажирском транспорте;

- В разработанной модели учтены коэффициенты значимости каждого из факторов посредством весовой характеристики, что позволяет выразить влияние значимости факторов при выборе маршрута;

- Приведено описание методики проведения исследования пассажирских корреспонденций для сбора необходимых данных;

- Сформулированы вопросы и составлены формы анкет, направленные на выявление предпочтений пассажирских корреспонденций на ГПТ при выборе маршрута.

В результате работы, согласно цели магистерской диссертации, на основании проведенного опроса респондентов, выявлены предпочтения пассажирских корреспонденций при транспортном передвижении. Рассчитаны необходимые значения параметров разработанной модели

вероятности выбора пути следования, что позволило применить разработанную математическую модель, наглядно проверить работоспособность и соответствие модели на практике.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ТС – транспортное средство;

ПС – подвижной состав;

ГПТ – городской пассажирский транспорт;

ТЭС – технико-эксплуатационные свойства;

ТЭП – технико-эксплуатационные показатели;

ДД – дорожное движение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Артемкина Е. Е. Методы определения спроса на пассажирские автоперевозки и их значение для эффективной организации системы пассажирского автотранспорта / Е. Е. Артемкина. — Текст: непосредственный // Актуальные вопросы экономических наук: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Уфа, июнь 2014 г.). — Т. 0. — Уфа: Лето, 2014. — С. 169-171.
2. Артынов А. П., Скалецкий В. В. Автоматизация процессов планирования и управления транспортными системами. М.: Наука, 1981. 280 с.
3. Баратов Э. И., Запунный А. И., Калитич Г. И. и др. Качество: Справочник, - Киев: Политиздат Украины, 1985. - 183с.
4. Бобровников Г. Н. и др. Качество продукции и научно-технический прогресс. - М.: Издательство стандартов, 1998. — 80с
5. Бойко Г. В. Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок / Волгоград 2006 г. // дисс. под рук. заслуженный деятель науки РФ, док. тех. н., профессор А. А. Ревин (147 с.)
6. Болоненков Г. В. Планирование улучшения качества обслуживания пассажиров автомобильным транспортом в городах У / Реф. сб. / ЦБНТИ Минавтотранса" РСФСР. - Сер. "Пассажирские перевозки автомобильным транспортом". - М., 1977. - Вып.1а. - 46 с.
7. Бонсал П. У. Моделирование пассажиропотоков в транспортной системе. М.: Транспорт, 1982.
8. Бонсал П. У., Чемпероун А. Э., Мейсон А. К., Уилсон А. Г. Моделирование пассажиропотоков в транспортной системе. - М.: Транспорт, - 1982. - 207 с

9. Брун М. Национальный индекс удовлетворенности клиентов: построение и использование // Проблемы теории и практики управления. - 1999. - №4. - С.63-68.
10. Варелуполо Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте. М.: Транспорт, 1990.
11. Вельможин А. В. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта: Монография / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, А. В. Куликов, А. А. Сериков. - Волгоград, 2002.
12. Володченко С. В. Моделирование распределения пассажирских потоков в крупных городах / дис. кан. тех. н.: 05.22.10.-М.: РГЕ, 2005 г. СПб (142 с.)
13. Воробьева М. В. Совершенствование механизма формирования тарифов автомобильного транспорта на пассажирских перевозках / Н. Новгород 2004 г. // дис. под рук. док. эконом. н., профессор Абрамов А. А. УДК 656.13.072.03 – 2004 (181 с.)
14. Вискребенцев И. С. Анализ факторов, влияющих на прогнозирование пассажиропотока и спрос на пассажирские перевозки // Московский экономический журнал №12 – 2020 г. (789-796 с.)
15. Гомоненко Ю. В. Совершенствование управления автобусными перевозками в городах с прямоугольно-линейной планировочной структурой: На примере г. Красноярска / МОСКВА 2004 г. ВАК РФ 05.22.08, к.т.н. Гомоненко Ю. В. (220 с.)
16. Горев, А. Э. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие / А. Э. Горев; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 214 с.
17. Горев, А. Э. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений / А. Э. Горев, Е. М. Олещенко. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 256 с.
18. Добросельская Т. Н. Качественные и экономические показатели, влияющие на выбор вариантов пассажирских транспортных систем в

- крупных городах // Труды ИКТП при Госплане СССР. -1977. - Вып.66. - С.П4-131
19. Дрюбин С. Г., Иванов В. И., Гвоздев А. М. Методология планирования внутригородских пассажирских перевозок // Сборник статей / Коммунальная экономика / Под ред. Я. Д. Щупак. - Ленинград» ЛНИИКХ. - 1935. - С.80-153.
 20. Думитрашку П. П. Комплексная оценка качественного уровня транспортного обслуживания городского населения. - Автор. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук, - Л,- 1975. - 31 с.
 21. Ефремов И. С., Кобозев В. М., Юдин В. А. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк. 1980.
 22. Жуков А. И. Ж861 Проектирование структуры парка пассажирского транспорта: учеб. пособие / А. И. Жуков, А. И. Роцин. – М.: МАДИ, 2017. – 76 с.
 23. Жуков А. И. Разработка методики формирования парка подвижного состава автобусного предприятия / МАДИ ВАК РФ05.22.08 2010г.: диссертация под руководством к.т.н., доцент Роцин А. И. (127 с.)
 24. Иванов И. В. Разработка методов управления автобусными парками крупного города / [Электронный ресурс]: дис. к. экон. н.: 08.00.05 .-М.: РГБ, 2003 (Из фондов Российской Государственной библиотеки) // СПб 1999г. (128 с.)
 25. Игнатъев В. Б. Исследование системы управления транспортным обслуживанием пассажиров в город. - Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. экономических наук. - Л.: ЛИЭИ. - 1979. -18 с.
 26. Кравченко Е. А. Повышение качества обслуживания населения и разработка систем управления автобусными перевозками по видам сообщений на основе комплексного критерия качества в условиях рыночных отношений: автореф. дисс... д.т.н.: 05.22.10/ Е. А. Кравченко. - Волгоград, 1998.

27. Красников А. Н., Сафронов Э. А., Рыженко Л. И. Методика выявления транспортных потребностей городского населения У / Тез. докл. Ш-й городской науч.-практич. конф. / Вопросы комплексного экономического и социального развития г. Москвы. - М. - 1983. -Т.3. - С.139-144.
28. Логистика: общественный пассажирский транспорт: Учебник для студентов экономических вузов / Под общ. ред. Л. Б. Миротина. — М.: Издательство «Экзамен», 2003. — С. 138-145 (224 с.)
29. Носов А. Л. Показатели оценки качества транспортного обслуживания пассажиров // Научно-методический электронный журнал «Концепт» - 2016 №12(декабрь) . – (1-5с.);
30. Основные положения методики учета социально-экономических факторов при планировании развития городского пассажирского транспорта // Отчет / ИКШ при Госплане СССР, рук. Н. П. Минин. -М. - 1987. - 50 с.
31. Папаскуа А. А. Совершенствование организации пассажирского автомобильного транспорта в загруженный районах городов / [Электронный ресурс]: дис. к. тех. н.: 05.22.10 .-М.: РГБ, 2005 (Из фондов Российской Государственной Библиотеки) // Ростов н/Д 2004 г. (165 с.)
32. Рева В. М., Штанов В. Ф. Комплексная система управления качеством перевозок пассажиров в УССР / Обз. инф. ЦБНТИ Минавтотранса. – М. 1984.
33. Рогова Г. Л. Моделирование поведения пассажиров при пере-движениях. / Автор. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук - М.: АКХ им. К. Д. Памфилова. - 1987. - 20 с.
34. Роцин А. И. Методология разработки критериев обеспеченности населения пассажирскими перевозками : монография / А. И. Роцин, А. И. Жуков, Д. Г. Мороз ; МАДИ. — М. : МАДИ, 2018 г. УДК: 331.582:656.13 .— (120 с.)

35. Рыженко Л. И. Управлять параметрами передвижений Метро-строй. - 1985. - № I. - С.19-20.
36. Садыхова О. М. Выбор пассажиром пути следования УУ Городской транспорт и инженерная подготовка территорий / Л.: Ленинградский инженерно-строит. инст. - 1974. - 91. - С.33-41.
37. Самисько Т. А., Курмаев М. М. Анализ методов выбора рационального типа подвижного состава на маршрутах города / Донецкий национальный технический университет 2018 г. // н. ст. Том: 4 Номер: 1 (3) УДК: 656.072.7 (170-176)
38. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов: учеб. пособие / Э. А. Сафронов. – М.: Издательство АСВ, 2005. – 272 с.
39. Сафронов Э. А., Рыженко Л. И., Красников А. Н. Прогнозирование транспортных потребностей населения крупных городов. Экспресс-информация МГЦНТИ "Современное состояние и тенденции развития больших городов в СССР и за рубежом. - М. - 1983. - Вып. Б / Е.
40. Седов И. А., Улицкая И. М. К вопросу об оценке качества транспортного обслуживания пассажиров городским транспортом У / Труды Моск. Автомобильно-дорожного института / Экономика, планирование и организация автомобильного транспорта и дорожного строитель-ства. - М. - Вып.106. - 1975. - С.18-21.
41. Седов И. А., Улицкая И. М. К вопросу об оценке качества транспортного обслуживания пассажиров городским транспортом // Труды Моск. Автомобильно-дорожного института / Экономика, планирование и организация автомобильного транспорта и дорожного строитель-ства. - М. - Вып.106. - 1975. - С.18-г1.
42. Спирин И. В. Научные основы комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта / МАДИ ВАК РФ 05.22.10 2007г., док. тех. н. Спирин И. В. (421 с.)
43. Спирин И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом: справочное пособие. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 413 с.

44. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: учебник для студ. Учреждений сред. проф. образования / И. В. Спирин 5-е издание, перераб. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. —400с.
45. Тлегенов Б. Н. Анализ методов оценки и показателей качества системы городского пассажирского транспорта // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 3.;
46. Фадеев А. И., Фомин Е. В. Задача определения оптимальной структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012.
47. Фадеев А. И., Фомин Е. В. Методика решения задачи определения оптимальной структуры парка подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 1. С. 218–227. DOI: 10.21285/1814-3520-2018-1-218-227.
48. Хрущев М. В. Исследование методов маршрутизации автобусного транспорта в городах / [Электронный ресурс]: дис. д. экон. н.: 08.00.05, 08.00.13 - М.: РГБ, 2002 (Из фондов Российской Государственной библиотеки) // 2000г. (200 с.)
49. Цой М. Е., Щеколдин В. Ю., Долгих И. В. Исследование факторов, влияющих на удовлетворенность потребителей качеством услуг городского общественного транспорта / РОССИЙСКОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО Том 18 Номер 21 2017 г. ISSN 1994-6937 // Russian Journal of Entrepreneurship Креативная экономика (3237-3256 с.);
50. Чернышева Л. В., Дынкин А. Г. Исследование распределения пассажиров по путям следования // Тез.докл. к I Ленинградской научн. конф. по исследованию и прогнозированию пассажиропотоков. -Л. - 1969. - С.73-92.

51. Шабанов А. В. Методологические основы и модели формирования и управления региональных логистических систем общественного транспорта / [Электронный ресурс]: дис. док. экон. н. : 08.00.05 .-М.: РГБ, 2003 (Из фондов Российской Государственной Библиотеки) // Ростов н/Д 2002г. (284 с.)
52. Якимов М. Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов : монография / М. Р. Якимов. — Москва : Логос, 2013. — 187 с.
53. Красноярскстат. Официальный сайт. [Электронный ресурс]: <http://www.krasstatgks.ru/>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

1	Откуда и куда следует пассажир (От ост. "... " до ост. "...")	Какому № автобусного маршрута отдается предпочтение пассажиром?	Факторы выбора по значимости			
			1 фактор по значимости	2 фактор по значимости	3 фактор по значимости	4 фактор по значимости
2	I	II	III			
3						
4	2-я Калинина - ГРЦ Планета	88	3	2	1	4
5	60 лет Октября - Ж/Д вокзал	37	3	2	1	4
6	Агропром - Г.ор.ЖК	71	1	3	4	2
7	Академия Битлова - Северо-западный	88	1	2	4	3
8	Балтик - Институт	71	1	4	2	3
9	БСМН - Полклинника	53	1	3	4	2
10	Бульвар Богатинский - Г.ор.ЖК	71	2	3	4	1
11	Бульвар Богатинский - мед. Университет	71	1	3	4	2
12	НЦ Балтик - Музыкальный театр	26	2	3	4	1
13	Волгоградская - Остров отдыха	9	2	1	3	4
14	Г.ор.ЖК - Ступорозок	38	2	1	3	4
15	ДК 1 Мая - Машиностроителей	95	2	1	3	4
16	ДЮК - Цивил	19	1	4	3	2
17	Домик - Автотранспортный техникум	88	3	2	4	1
18	Доблеского - Ж/Д вокзал	81	3	2	4	1
19	ЖК Г.облкс - Физкультурный техникум	52	1	4	3	2
20	Ж/Д вокзал - Бульвар Богатинский	14	4	3	3	2
21	Затон - Остров отдыха	43	2	3	1	4
22	Институт - Маскокомбинат	87	2	3	1	4
23	Комсомольская площадь - Академия Битлова	90	2	3	4	1
24	Копыловский мост - Перескопа	43	1	3	4	2
25	Красная пл. - Гостиница Октябрьская	49	3	2	4	1
26	Красная пл. - Крас Г.СН	43	4	1	3	2
27	Красной Г.вадлин - Маскокомбинат	52	2	3	1	4
28	Крупской - Профсоюз	43	2	1	3	4
29	Деловой дворен - Школа	88	3	2	1	4
30	Локомотив - Музыкальный театр	81	3	1	2	4
31	Марковского - Ж/Д вокзал	64	1	4	2	3
32	Матросова - Школа	90	2	3	4	1
33	Мед. университет - Космос	99	3	4	2	1
34	Мед. университет - Красноярская	99	3	4	1	1
35	Междугородний автобуса - Горючий центр	9	1	3	4	2
36	Междугородний автобуса - Центр Эдельвейс	155	2	3	4	1
37	Междугородний автобуса - БСМН	53	2	3	4	1
38	Новосибирская - Ступорозок	3	1	2	3	4
39	ост. Кристина Арена до ост. Глазгоцент	21	1	3	4	2
40	ост. Удальцов до ост. Локомотив	63	1	3	4	2
41	ост. Школа 147 до ост. Кристина Арена	6	1	3	4	2
42	От Калинина 2 до ступорозок	3	3	2	4	1
43	От Матросова до Оттипа (Новосибирская площадь)	3	1	4	3	2
44	От ост. Строитель до ост. Красная Память	80	1	2	4	3
45	От ост. Маскокомбинат до ост. Агроуниверситет	52	1	4	2	3
46	От ост. 60 лет Октября до ост. Художественная галерея	19	2	1	3	4
47	От ост. БСМН до ост. ДУЧ	43	1	4	3	2
48	От ост. БСМН до ост. ГРЦ Планета	53	1	4	3	2
49	От ост. Домик до ост. Магалин	38	1	4	2	3
50	От ост. Институт до ост. Балтик	71	1	4	3	2
51	От ост. Копыловский мост до ост. Красная больница	85	1	2	4	3
52	От ост. Крайченко до ост. АЭС (ул. Калинина)	11	1	4	2	3
53	От ост. Крупской до ост. Полклинника	38	3	2	1	4
54	От ост. Рассвет до Музыкальный театр	43	2	3	4	1
55	От ост. С.Дзю до ост. Театр ювкол	77	1	4	3	2
56	От ост. Школа до ост. Музыкальный театр	2	1	3	4	2
57	От ост. Школа до ост. Ступорозок	2	3	4	1	2
58	От остановки «домик» до остального зала	43	1	3	4	2
59	От остановки «домик» до остального зала	49	1	3	4	2
60	От остановки БСМН до остановки кинотеатр ДУЧ	43	1	3	4	2
61	От остановки линейная до Г.ор.ЖК	32	1	4	3	2
62	От остановки Салы до остановки Красная площадь	43	1	3	4	2
63	От ост.Г.астроном на Каренского до ост.Школа на Свободном	2	2	3	4	1
64	От ост.Космос до ост.Красная больница	90	4	2	1	3
65	От ост.линейная до ост. Локомотив	32	1	4	3	2
66	от ост.Ступорозок до ост. Перескопа	83	1	4	3	2
67	От Студла 50 лет победы до Остановка бонисенца	90	1	4	2	3
68	От сфу до политеха	77	3	2	4	1
69	Парашютная - Затон	58	4	2	1	3
70	пл. Инженателей - Игarka	118	3	4	2	1
71	Поворот - Красная площадь	43	2	3	4	1
72	пос. ГЭС - Копыловский мост	80	1	2	4	3
73	Почта - Автотранспортный техникум	99	2	3	4	1
74	Почта - гост. Октябрьская	71	1	2	4	3
75	Предместная - Агропром	90	1	3	2	4
76	Предместная - Гуадрина	43	1	4	2	3
77	Предместная - Медицинский университет	9	2	3	1	4
78	Предместная - СФУ	90	2	3	3	4
79	Предместная - Центр Эдельвейс	23	2	3	4	1
80	Предместная пл. - Глазгой центр	65	1	2	3	4
81	Работа - дом	99	1	2	4	3
82	Рассвет - Междугородний автобуса	99	1	3	4	2
83	С.Дзю - Дрожжевой завод	21	2	1	3	4
84	Северный - Ж/Д вокзал	50	2	3	4	1
85	Семифорная - Алексеева	98	1	4	3	2
86	Семифорная - ГНОЗ	23	2	3	4	1
87	Союза - Полклинника (Мирошниченко)	88	2	1	3	4
88	Спортивный - Красноярская	21	1	2	4	3
89	Ст. Елксей - Роев-Ручей	78	3	2	1	4
90	СФУ - Детский сад	88	3	2	1	4
91	СФУ - Кинотеатр строитель	88	2	3	4	1
92	СФУ - Платинум Арена	31	1	2	4	3
93	Таймир - Школа (пр. Свободный)	71	2	3	4	1
94	Театр Оперы и Балета - 2я Калинина	52	1	3	4	2
95	Театр Оперы и Балета - Художественная школа	43	2	3	1	4
96	ГНОЗ - Крылова	95	2	3	4	1
97	Уральцева - ГРЦ Планета	99	2	1	3	4
98	Учеба - дом	99	1	4	2	3
99	Фигарки Кобровой Дог - Робеспьера	37	1	3	4	2
100	Хлебозавод - Театр Оперы и Балета	50	1	4	3	2
101	Шахтеров - Ж/Д вокзал	64	2	1	3	4
102	Шахтеров - СФУ	32	1	2	4	3

Рисунок А.1 – Форма заполненной анкеты первой части опроса.

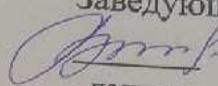
1	Откуда и куда следует пассажир		Какому № автобусного маршрута отдается предпочтение пассажиром	Факторы выбора по значимости			
	От остановки	До остановки		1 фактор по значимости	2 фактор по значимости	3 фактор по значимости	4 фактор по значимости
2	1	2	3	4	5	6	7
3	Музыкальный театр	10й мир	81	2	1	3	4
4	Гор./К	2я Брянская	21	4	3	2	1
5	Гор./К	5й микр (Ветлужанка)	26	4	1	3	2
6	Гор./К	5й микр (Ветлужанка)	5	1	2	4	3
7	Гор./К	5й микр (Ветлужанка)	49	3	1	2	4
8	Музыкальный театр	60 лет Октября	37	2	3	1	4
9	Музыкальный театр	9 Мая	81	3	4	1	2
10	Гор./К	Авиаторовок	21	1	3	4	2
11	Театр Оперы и балета	Автовокзал	6	4	1	2	3
12	Театр Оперы и балета	Автовокзал	6	1	4	3	2
13	Гор./К	Агропром	53	2	1	4	3
14	Театр Оперы и балета	Афонново	37	2	4	3	1
15	Музыкальный театр	Базлик	64	1	3	4	2
16	Музыкальный театр	Батурица	81	1	2	3	4
17	Гор./К	Бульвар Богатинский	38	1	2	4	3
18	Гор./К	бЦ Балаше	26	2	3	4	1
19	Музыкальный театр	Горького	37	3	1	2	4
20	Гор./К	Госпиталь	5	2	1	3	4
21	Гор./К	Госпиталь ЮОН	49	1	2	3	4
22	Музыкальный театр	ДЮК	37	2	1	3	4
23	Музыкальный театр	Дом Куприяна	64	2	4	1	3
24	Гор./К	Дом отдыха	12	2	3	1	4
25	Гор./К	Дом Ученых	38	1	3	4	2
26	Гор./К	Ж/д больница	26	1	2	4	3
27	Музыкальный театр	Ж/д вокзал	55	3	1	4	2
28	Музыкальный театр	Завод СибТяжМаш	55	2	3	1	4
29	Музыкальный театр	Звонки	55	1	4	3	2
30	Театр Оперы и балета	Игарская	6	2	4	1	3
31	Театр Оперы и балета	Каменный квартал	3	1	3	2	4
32	Гор./К	Кинотеатр Луч	43	1	2	4	3
33	Гор./К	Кинотеатр Луч	5	3	2	1	4
34	Музыкальный театр	Кинотеатр Мечта	56	1	4	2	3
35	Гор./К	Кинотеатр Строитель	38	2	3	4	1
36	Гор./К	Каренского	38	2	1	3	4
37	Гор./К	Композна	43	2	1	4	3
38	Гор./К	Композна	12	1	4	3	2
39	Гор./К	Композна	49	1	2	3	4
40	Гор./К	Композна	49	1	2	3	4
41	Театр Оперы и балета	Красная летская больница	2	1	2	4	3
42	Музыкальный театр	КрамЗ	81	1	2	4	3
43	Гор./К	Красномосковская	3	3	1	2	4
44	Гор./К	Крас ГЭЦ	43	3	4	1	2
45	Театр Оперы и балета	Красфарма	37	1	4	2	3
46	Гор./К	Красфарма	30	3	1	4	2
47	Гор./К	Курицова	12	3	2	1	4
48	Гор./К	Студгородок	83	2	1	4	3
49	Гор./К	Курицова	49	4	3	2	1
50	Гор./К	Курицова	53	1	2	4	3
51	Гор./К	Луначарского	38	3	1	2	4
52	Музыкальный театр	Матросова	56	3	1	2	4
53	Театр Оперы и балета	Матросова	30	4	2	3	1
54	Театр Оперы и балета	Матросова	37	2	3	1	4
55	Гор./К	Матросова	30	1	2	3	4
56	Гор./К	Матросова	30	4	3	1	2
57	Гор./К	Мелицкий пер.	5	1	4	2	3
58	Музыкальный театр	Медцинский университет	81	1	3	4	2
59	Театр Оперы и балета	Мичурина	3	1	2	3	4
60	Театр Оперы и балета	Новосибирская	3	3	4	1	2
61	Гор./К	Оптыма	21	2	1	4	3
62	Музыкальный театр	Остров отдыха	55	2	3	1	4
63	Театр Оперы и балета	пл. Революции	37	4	3	1	2
64	Театр Оперы и балета	Платинум Арена	30	1	3	2	4
65	Гор./К	Платинум Арена	30	2	1	3	4
66	Гор./К	Полыно-ягодная станция	26	3	2	1	4
67	Гор./К	Поликлиника (Марошино)	26	1	4	3	2
68	Гор./К	Поликлиника (Марошино)	5	1	3	2	4
69	Гор./К	Поликлиника (Студгородок)	3	4	3	1	2
70	Музыкальный театр	пос. Базлика	37	1	4	2	3
71	Музыкальный театр	пос. Водников	55	1	3	2	4
72	Музыкальный театр	пос. Шинников	56	2	3	1	4
73	Гор./К	Предместная площадь	43	1	2	3	4
74	Театр Оперы и балета	Предместная площадь	37	3	4	1	2
75	Музыкальный театр	Робестьера	64	1	2	3	4
76	Гор./К	Робестьера	3	3	4	1	2
77	Гор./К	с/х Удачный	12	3	1	2	4
78	Театр Оперы и балета	Свердловская	30	4	1	2	3
79	Гор./К	Северная	53	1	2	3	4
80	Музыкальный театр	Свобода Весны	64	3	1	4	2
81	Театр Оперы и балета	Стандарта	6	1	2	3	4
82	Гор./К	Спортзал	21	3	1	2	4
83	Гор./К	Спорткомплекс Сибиряк	3	4	1	2	3
84	Театр Оперы и балета	Стадион Локомотив	2	3	4	2	1
85	Театр Оперы и балета	Станция Юшатов	3	2	3	4	1
86	Музыкальный театр	Старые Черемушки	56	1	2	4	3
87	Театр Оперы и балета	Студгородок	2	1	3	2	4
88	Театр Оперы и балета	Студгородок	2	2	1	3	4
89	Гор./К	Студгородок	3	3	2	4	1
90	Гор./К	СФУ	12	2	4	1	3
91	Музыкальный театр	Театр Оперы и балета	56	4	1	3	2
92	Гор./К	Театр Оперы и балета	30	4	2	1	3
93	Музыкальный театр	Технологический университет	37	4	1	2	3
94	Театр Оперы и балета	Городской квартал	2	2	1	3	4
95	Гор./К	Студгородок	83	2	4	3	1
96	Гор./К	Студгородок	3	2	1	3	4
97	Гор./К	ТЮЗ	43	2	3	1	4
98	Театр Оперы и балета	Хлебозавод	30	3	1	4	2
99	Театр Оперы и балета	Художественное училище	30	2	4	1	3
100	Музыкальный театр	Шахтеров	64	1	3	2	4
101	Театр Оперы и балета	Шахтеров	6	1	3	2	4
102	Гор./К	Школа (Свободный)	21	3	4	1	2

Рисунок А.2 – Форма заполненной анкеты второй части опроса.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Е. С. Воеводин
подпись инициалы, фамилия

« 15 » июня 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

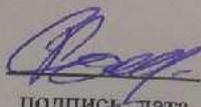
«Определение структуры городского пассажирского общественного
транспорта в зависимости от транспортного спроса»

23.04.01 – «Технология транспортных процессов»

23.04.01.01 – «Организация перевозок и управление на автомобильном
транспорте»

Пояснительная записка

Научный руководитель



к. т. н., доцент

Е. В. Фомин

подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник

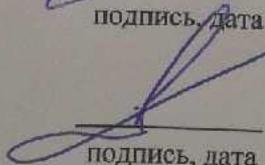


подпись, дата

Р. В. Янов

инициалы, фамилия

Рецензент



подпись, дата

М. Г. Омышев

инициалы, фамилия

Красноярск 2021