

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

Л.П. Агеева (И.О.Ф)
_____ 2017 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент

Д.В. Ульрих
_____ 2017 г.

Программно-технические средства моделирования пассажиропотоков
при ведении транспортных кадастров

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–08.03.01.2017.382 ПЗ ВКР

Консультанты:

к.т.н., доцент

А.М. Костин
_____ 2017 г.

Руководитель проекта

д.г.н., профессор

А.В. Бобылев
_____ 2017 г.

к.г.н., доцент

А.В. Бобылев
_____ 2017 г.

Автор работы

студент группы АС-411

Е.Т. Шевченко
_____ 2017 г.

Нормоконтролер

д.г.н., профессор

А.В. Бобылев
_____ 2017 г.

Челябинск 2017

3.2 Общие сведения о системе имитационного моделирования ChronoMap ...	50
3.3 Пакет имитационного моделирования Aimsun	53
3.4 Геоинформационная система MapPl	55
3.4.1 Программный комплекс подготовки данных и визуализации результатов транспортного моделирования ANetEditor	56
Вывод по главе три.....	56
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ В ГОРОДАХ РОССИИ	58
4.1 История общественного транспорта в городе Екатеринбург	58
4.1.1 Действующая схема движения общественного транспорта.....	59
4.1.2 Новая схема движения общественного транспорта	62
4.2 История общественного транспорта в Москве	66
4.2.1 Новый проект «Магистраль»	68
4.2.2 Недостатки проекта	72
4.3 Сравнительный анализ схем общественного транспорта города Екатеринбурга и проекта «Магистраль»	73
4.4 Новый проект систем МПТ в городе Челябинск	79
Вывод по главе четыре	80
ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ ГОРОДОВ.....	83
5.1 Сбор данных	83
5.2 Источники атрибутивной информации.....	85
5.3 Исходные данные	87
5.4 Планировка и застройка микрорайонов.....	88
5.5 Расчет численности микрорайона на основе исходных данных программного обеспечения ГИС «Panorama»	90
5.5.1 Размещение остановочных пунктов.....	92
5.6 Анализ полученных результатов	93

Вывод по главе пять	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	96
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	98

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

Список сокращений

ГПТ – Городской пассажирский транспорт

ИТ – Индивидуальный транспорт

ТС – Транспортное средство

МПТ – Массовый пассажирский транспорт

ГИС – Геоинформационные системы

ГУП – Государственное унитарное предприятие

НИИ – научно-исследовательский институт

ЭВМ – Электронно-вычислительная машина

УДС – Улично-дорожная сеть

ВНИТО – Всесоюзное научное инженерно-техническое общество

ВТАБ – Всесоюзное трамвайное и автобусное бюро

ПИМ – Пакет имитационного моделирования

НИИАТ – Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта

СУБД – Система управления базами данных

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВВЕДЕНИЕ

Эффективная и надежная работа городского пассажирского транспорта является важнейшим фактором социально-политической и экономической стабильности. ГПТ обеспечивает основную часть трудовых поездок населения, оказывая непосредственное влияние на эффективность функционирования системы городского хозяйства, предприятий, организаций, учреждений и все отраслей экономики регионов и страны.

Пассажирский транспорт – один из важных факторов обеспечения жизнедеятельности более чем 1300 городских поселений России. Ежедневно им перевозится свыше 120 млн. пассажиров. Транспортная подвижность жителя города России в среднем составляет 450 поездок в год и ежегодно это число продолжает расти. На долю ГПТ приходится более 85-90% от количества всех этих поездок в городах. Вместе с этим все более значительное влияние на состояние транспортного сектора большинства городов оказывает процесс активной автомобилизации населения.

В последние годы появились следующие проблемные тенденции:

- прогрессирующее физическое и моральное старение парка транспортных средств;
- резко увеличивающиеся текущие затраты на их эксплуатацию;
- сокращение численности подвижного состава большой вместимости и рост количества автобусов малой вместимости;
- сокращение транспортной работы муниципального транспорта, компенсируемое ростом привлечения автобусов частного сектора и автомобилизацией населения;
- снижение качества транспортного обслуживания населения при росте его подвижности;
- рост транспортных затрат населения, оплачивающего свой проезд;
- повышение бюджетных расходов на обеспечение работы ГПТ и др.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						10
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Негативные тенденции могут, в случае, если они не будут разрешены, повлечь за собой в течение 3-5 лет следующие последствия:

- сдерживание экономического роста в стране в связи с отсутствием потенциальных возможностей по обеспечению требуемой подвижности населения, а также мобильности трудовых ресурсов, как фактора развития производства;
- государство вынуждено будет осуществить значительные вложения для вывода отрасли из кризиса или для воссоздания заново;
- вытеснение общественного транспорта личными автомобилями, что повлечет за собой ряд проблем.

Происходящие изменения в сфере транспортной политики муниципального образования обусловили необходимость применения новых управленческих решений при организации работы общественного пассажирского транспорта. Это требует создания качественно новых систем управления, способных гибко реагировать на быстро изменяющиеся условия среды и приоритеты населения. Любое управление предполагает наличие объекта управления (часть системы, которой управляют), субъекта управления (часть системы, которая управляет), предмета управления и внешней среды.

Цель работы: изучение использования градостроительного проектирования основанного на применении ГИС-технологий при моделировании пассажиропотоков. В работе были изучены градостроительные методики расчета численности населения микрорайона с использованием ГИС-методов, что лежит в основе формирования транспортных потоков, при этом не исключая подходов и технологий, используемых специалистами в области транспорта, которые дополняют традиционные технологии.

Задачи, решаемые в ходе выполнения выпускной квалификационной работы для достижения главной цели, следующие:

1. Анализ литературных данных по проблеме городского пассажирского транспорта.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						11
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

2. Анализ изучения потребностей населения в передвижении при оптимальном использовании транспортных средств.

3. Анализ практики управления транспортными системами в городах России.

4. Разработка предложений по совершенствованию транспортного обслуживания населения.

Объектом исследования является городской пассажирский транспорт.

Предметом исследования является способы моделирования пассажиропотока.

Заключение выпускной квалификационной работы содержит основные результаты проведенной работы, а именно представлены преимущества возможности привлечения градостроительных методов, включая использования геоинформационного моделирования и картографической основы, являющейся пространственным базисом в ГИС.

Выпускная квалификационная работа состоит из 5 глав.

Таким образом, выпускная квалификационная работа на тему: Программно-технические средства моделирования пассажиропотоков при ведении транспортных кадастров состоит из 5 глав, 101 страниц, включает в себя 15 рисунков, 7 таблиц, 2 диаграммы.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						12
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ГЛАВА 1 ОПЫТ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАССАЖИРОПОТОКОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

1.1 Роль пассажирского транспорта в инфраструктуре города

Жизнедеятельность города обеспечивается его инфраструктурой, в которой далеко не последнее место занимает транспортная система. По своему назначению городской пассажирский транспорт (ГПТ) подразделяется на массовый пассажирский (МПТ) и индивидуальный транспорт (ИТ), а в соответствии с организацией движения – на маршрутные и немаршрутные.

Движение МПТ осуществляется по заранее установленным и оборудованным направлениям – маршрутам. Как правило, по такому принципу осуществляются пассажирские перевозки массовым транспортом, к которому, относят автобус, троллейбус, трамвай, метрополитен и другие виды. Массовым транспортом характеризуется, высокой вместимостью, которая, в зависимости от вида подвижного состава, может составлять от 20 до 200 и более человек. Альтернативой описанному выше способу организации движения является свободный принцип, на основе которого организовано функционирование немаршрутного ГПТ. Этот принцип, прежде всего, характерен для индивидуального транспорта, основную долю которого составляют легковые автомобили. Вместимость таких автомобилей на порядок ниже общественного транспорта и, как правило, не превышает 5 человек.

ГПТ следует рассматривать как своеобразный усилитель способности людей к передвижению. Так, городской автобус, имея среднюю скорость сообщения 18-20 км/ч, ускоряет передвижение городского жителя в 4-5 раз, а более мобильный легковой автомобиль развивает большую скорость и позволяет осуществлять перемещения «от двери до двери» – в 6-10 раз быстрее [20].

Независимо от рода своей деятельности, трудоспособное население городов осознает особое социальное, политическое, экономическое и экологическое значение ГПТ [20]. В свою очередь, высокая значимость этой инфраструктуры города предъявляет жесткие требования к качеству

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

обслуживания пассажиров. Социальная роль МПТ проявляется в обеспечении свободы перемещений городского жителя практически в весь период его сознательной жизни, особенно для малоимущих людей, инвалидов и граждан с детскими колясками, для которых этот транспорт является единственным доступным средством передвижения. Политическое значение массового пассажирского транспорта заключается в обеспечении стабильности и безопасности жизнедеятельности городского населения, а с позиции экономики, обеспечивает быструю доставку населения к местам приложения труда и обратно. В современных условиях, характеризующихся высокими темпами роста уровня автомобилизации, наиболее актуальным является экологическое значение городского пассажирского транспорта, которое выражается в резком снижении нагрузки на окружающую среду обитания человека.

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика основных видов пассажирского транспорта, характерного для крупного города, что позволяет раскрыть их преимущества и недостатки.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика различных видов ГПТ

Характеристика	Автобус	Троллейбус	Трамвай	Метрополитен
Скорость сообщения	19	16	17	36
Изолированность от транспортного потока	Отсутствует		Частичная	Полная
Возможность оперативной корректировки маршрута	Имеется		Ограничена	Существенно ограничена (определяется разветвлённостью сети)
Устойчивость работы при заторах на трассе маршрута	Сохраняется полная	Сохраняется ограниченная	Частичная	Отсутствует

Возможность использования комбинированного режима движения на маршруте	Имеется	Отсутствует		
Возможность быстрого маневра подвижным составом	Имеется	Отсутствует		
Экологичность	Низкая	Средняя	Высокая	
Затраты на организацию движения	Незначительные	Умеренные	Средние	Очень высокие
Потребность в городских землях	Движение организуется по существующим улицам		Полоса отвода 6,8-7,4 м или совместное движение	Полоса отвода 12 м на открытых линиях
Потребность в ежедневной заправке топливом	Имеется	Отсутствует		
Безопасность перевозок	Удовлетворительная			Высокая
Индекс затрат на перевозки (автобус принят за единицу): - капитальных на 1 км пути, - себестоимости перевозок				
	1			2,5
Необходимость в инвестициях и эксплуатационных затратах: - в подвижной состав - в контактно-кабельную сеть				
	есть			есть
	нет			есть

- в путевое хозяйство	нет	нет
- в специальные сооружения	нет	нет

В условиях современного крупного города основной объем пассажирских перевозок осуществляется преимущественно общественными видами транспорта, среди которых наибольшее распространение получил автобус [4].

Таблица 2 – Статистика пассажирооборота МПТ в РФ

	2000	2006	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Транспорт	Перевезено пассажиров, млн. человек							
Автобус	23001	16374	13434	13305	12766	11587	11554	11523
Трамвай	7421	4123	2079	2004	1928	1629	1551	1478
Троллейбус	8759	4653	2206	2152	2051	1735	1803	1616
Метрополитен	4186	3574	3294	3351	3446	3491	3437	3336

Положительными качествами пассажирского автобуса являются высокая маневренность и отсутствие необходимости больших капиталовложений на организацию перевозочного процесса, т.к. основные затраты связаны только лишь с устройством начальных, конечных и промежуточных остановочных пунктов. Автономность работы автобусов позволяет оперативно вносить локальные корректировки в маршрутную схему при временном изменении организации движения, например, в ходе дорожно-строительных работ, а также совершенствовать ее вследствие развития городских территорий.

Среди недостатков этого вида транспорта отмечают загрязнение окружающей среды выхлопными газами и сравнительно низкую провозную способность, относительно других видов массового пассажирского транспорта. Сегодня ситуацию с экологией частично исправляет появление условно

экологичного транспорта, например, техника на газомоторном топливе, а также гибриды (электробусы).

Что касается электротранспорта, несмотря на его более высокую провозную способность, его маневренность ограничена. Троллейбус привязан к контактной сети, а трамвайные вагоны полностью лишены возможности маневрировать в транспортном потоке. Также следует отметить, что троллейбус более требователен к качеству дорожного покрытия и по условиям электробезопасности и не может эксплуатироваться во время продолжительных ливней. Трамвайные пути создают помехи другим транспортным средствам и поэтому они должны располагаться обособленно, что требует выделения дефицитных городских территорий. Электрический транспорт получил распространение и предполагает использование на маршрутах с мощными и устойчивыми пассажиропотоками.

Согласно исследованиям, общая тенденция стабилизации состояния экономики необратимо влечет за собой повышение уровня благосостояния населения. В результате этого происходит увеличение экономической активности населения, которое проявляется ростом транспортной подвижности граждан, а также предъявлением более высоких требований к своей мобильности и комфорту при перемещениях по городу. Очевидно, что ежедневное использование индивидуального автомобиля в этих условиях становится более привлекательным, в результате чего он занимает второе место по объему перевозок среди видов пассажирского транспорта. Владение легковым автомобилем представляет значительные удобства, т.к. передвижение совершается «от двери к двери», причем довольно в комфортных условиях. Однако, малая провозная способность и потребность большой площади проезжей части указывает на нецелесообразность использования этого вида транспорта для обслуживания массовых перевозок, сосредоточенных в определенные периоды дня и имеющих устойчивый характер, каковыми являются трудовые передвижения. Следует также отметить высокое удельное потребление

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						17
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

энергетических ресурсов на совершение поездок на легковом автомобиле и связанное с этим загрязнение воздушного бассейна городов выхлопными газами, поскольку этот вид транспорта в расчете на 1 пасс.- км потребляет топлива в 4-6 раз больше чем МПТ [20]. Несмотря на сказанное, очевидно, что транспортное обслуживание не может быть обеспечено исключительно массовыми видами транспорта. Индивидуальные легковые автомобили имеют несколько не меньшее значение в организации перевозочного процесса, т.к. только они могут полностью удовлетворить потребности населения в реализации основного объема культурно-бытовых передвижений, характеризующихся сложностью и разнообразием связей.

В условиях дефицита городских территорий, дефицита финансовых ресурсов важно распределение между различными видами транспорта. Отсюда следует, что нужно проводить канализование транспортных потоков – распределение работы между отдельными видами транспорта.

1.2 Транспортные проблемы современных российских городов

Улично-дорожная сеть (УДС) города создается десятилетиями, и для ее изменения необходимо время и значительные инвестиции. Структура и протяженность УДС городов создаются на основе генеральных планов развития, ориентированных на определенный уровень автомобилизации. В течение длительного времени в нашей стране приоритет в развитии транспортного обслуживания отдавался общественному пассажирскому транспорту и в качестве расчетного значения для городов уровень автомобилизации принимался равным 60 авт/1000 жителей. Именно на этот уровень автомобилизации и была создана вся транспортная инфраструктура и система управления дорожным движением современных российских городов. Основными ее недостатками являются:

- малая удельная плотность магистральных улиц и неразвитость сети местных улиц;
- низкая пропускная способность улиц и пересечений;

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						18
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- совмещенное движение общественного пассажирского транспорта, легкового и грузового движения;
- применение для регулирования движения устаревших методов и технических средств, ориентированных на движение транспортных потоков малой плотности;
- отсутствие системы информационного обеспечения городского движения;

Механическое развитие УДС города увеличением ширины проезжей части магистральных улиц, пропускной способности пересечений не может решить проблему городского движения по той причине, что современный уровень обеспечения потребности в движении горожан на собственных автомобилях не превышает 20%.

В городах Западной Европы с близкой плотностью УДС и практически одинаковым уровнем жизни, количество автомобилей 15–20 лет назад стабилизировалось на одинаковом уровне 550 ± 50 авт/1000 жителей, и доля трудовых поездок на личном автомобиле не превышает 20%. Применение административных и экономических мер по принуждению пересаживаться с личного автомобиля на общественный пассажирский транспорт сопровождалось опережающим развитием видов пассажирского общественного транспорта и широкой разъяснительной кампанией о необходимости таких мер.

В современных условиях транспортную обстановку в больших городах можно улучшить через развитие общественного пассажирского транспорта. Необходимо создать условия, при которых пользование общественным пассажирским транспортом было бы выгоднее, чем автомобилем. Для этого необходимо прежде всего создать преимущество для движения транспортных средств пассажирского транспорта. Для этого требуется:

- выделение специальных полос на проезжей части для общественного транспорта;
- сокращение интервалов движения пассажирских транспортных средств;

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- повышение комфортабельности транспорта за счет уменьшения загрузки автобусов и троллейбусов с обычных сегодня 3–5 чел. на 1 м² свободной площади пола;
- создание сети маршрутов автобусов малой вместимости в зонах ограничения пользования автомобилем.

1.3 Опыт формирования маршрутных сетей пассажирского транспорта

1.3.1 Опыт формирования маршрутных сетей в США и Западной Европе

Процесс автомобилизации, стремительно развернувшийся в послевоенный период в городах США и западной Европы, вызвал волну серьезных кризисных явлений, которые сопровождались транспортными заторами, снижением скоростей движения автомобилей и, наконец, ростом дорожно-транспортных происшествий [6]. Уже тогда специалистам стало очевидно, что улично-дорожные сети городов, сформированные в основном до массового распространения автомобилей, не отвечают требованиям интенсивных транспортных потоков. Несмотря на это, процесс безудержной автомобилизации продолжается и до сих пор, достигая в развитых странах критических значений. Наиболее высокий уровень использования личных автомобилей наблюдается в США, где долгое время политика в транспортной сфере способствовала ликвидации массового пассажирского транспорта. В дальнейшем многие американские специалисты признали ошибочность принятого направления и необходимость выбора европейского курса развития городов, проводя активную политику поощрения выбора пассажирами массового пассажирского транспорта. При этом комплекс разработанных и успешно реализованных ими мер позволил если не снизить долю использования личных автомобилей, то хотя бы сократить темпы ее роста. В тоже время, зарубежные исследователи отмечают, что только одно повышение привлекательности массового пассажирского транспорта не позволяет достичь

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						20
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

желаемого уровня снижения интенсивности городских транспортных потоков, поскольку незначительный процент людей, сталкиваясь с проблемой выбора способа перемещений, реагирует на такие изменения и корректирует при этом свои предпочтения. К тому же, отвлечению внимания от массового пассажирского транспорта в значительной степени способствует давление автомобильной промышленности. В конечном счете, у автомобилистов развивается привычка пользования именно личным транспортом [17].

1.3.1.2 Опыт формирования МПТ в США

В настоящее время в США существует высокоразвитая и разветвленная транспортная система, включающая такие многообразные виды транспорта как автомобильный, воздушный, железнодорожный. Однако лишь первые два вида можно назвать основными, так как количество перевозимых ими людей во много раз превышает количество пассажиров железных дорог. Основное средство передвижения населения в большинстве регионов страны — личный автотранспорт. Общественный транспорт, особенно вне крупных городов, развит существенно слабее, чем в Европе, хотя практически в любом городе США имеется та или иная форма общественного транспорта.

До второй половины XX века во многих крупных городах существовало трамвайное и, в меньшей степени, троллейбусное сообщение. Однако в течение 50-ых и 60-ых годов трамвайные и троллейбусные линии в большинстве городов были ликвидированы и заменены автобусами. Исключения составляют такие города как Сан-Франциско, Филадельфия, Бостон, в которых данные виды транспорта удалось сохранить. В ряде американских городов наблюдается возрождение трамвая, однако новые трамвайные линии имеют существенные отличия от традиционного трамвая.

Современные скоростные трамвайные линии называются легкорельсовыми. Наиболее молодые легкорельсовые линии — в Денвере и Миннеаполисе. В 2003 открылась линия "Airtrain", обслуживающая нью-йоркский

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

аэропорт имени Кеннеди. Однако определение трамвая или легкорельсового транспорта к этой линии неприемлемо, по причине того, что она проходит не по улицам, а по обособленным эстакадам. К ней больше подходит определение мини-метро.

Автобус - это второй по важности вид наземного транспорта после частных автомобилей. По объемам перевозок автобусы намного превосходят поезда. Крупнейший и почти монопольный перевозчик - компания Greyhound. Это старейшая автобусная компания Америки, основанная в 1914 году шведским иммигрантом Карлом Эриком Викманом. Greyhound долгое время являлась самой крупной в мире транспортной организацией по числу автобусов, пока уже в 70-е годы XX века ее не обошли европейские компании.

Особенно сильно развито автобусное движение в Нью-Йорке и Чикаго (где, примерно на 100 тыс. жителей приходится 45 автобусов). Американцы нередко пользуются автобусами на каком-либо промежутке пути, проезжая остальную часть на своём автомобиле (это позволяет избежать "пробок" или диктуется высокой стоимостью парковки в центре города). Вход в автобус - через переднюю площадку.. Рядом с водителем касса в виде круглой тумбы, верх которой прозрачный, из пластика. В отверстие опускают монеты, и водитель следит за их количеством и он не имеет права разменивать купюры. Когда щёлкнет автомат, приняв определенную сумму, из другого отсека появится билетик. Американские автобусы обычно комфортабельны, оснащены кондиционерами, "стоячих мест" в них нет. Автобусы снабжены буквенными указателями маршрутов. Стоимость автобусного билета в разных городах различна. Например, в Нью-Йорке на линиях в пределах одного района (Бронкса, Манхэттена или др.) цена билета составляет 1,25 долл. Поездка по маршруту, проходящему через разные районы, обходится в два раза дороже. В часы (утром и вечером) билеты дешевле, чем в дневное время. При оплате проезда в автобусе пожилые пассажиры пользуются льготами. Наиболее высока стоимость билета на

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

дальних линиях. Вес багажа ограничен (60 кг), но, доплатив, можно везти и больше.

Несмотря на сплошную автомобилизацию общественный транспорт в Америке находится под пристальным вниманием муниципальных властей и в целом оставляет неплохое впечатление. В больших городах общественный транспорт в большинстве случаев состоит из метро, автобуса и пригородных электричек. Особенностью американского общественного транспорта является система трансферта. Вместе с билетом, можно бесплатно или за небольшую доплату приобрести *transfert ticket*. С ним можно произвести пересадку и доехать до нужного места, не покупая новый билет. В отдельных случаях, существуют бесплатные автобусные маршруты, и даже станции метро или электричек, где посадка пассажиров осуществляется бесплатно.

1.3.1.3 Управление маршрутными сетями в Европе

Первыми видами общественного транспорта в Европе были железнодорожные: подземный - метро (появилось в Лондоне в 1863 году) и трамвай (появилось в Берлине в 1881). Достаточно быстро трамвай вышел на лидирующие позиции, где и оставался до 1930-х годов. К этому времени личный автомобиль, автобус и появившийся в городах троллейбус свели экономическую выгоду от трамваев на нет. К началу Второй мировой войны европейские трамваи почти были вытеснены с городских дорог.

Закат троллейбусов в Европе случился в период 1950-60 годов. В отличие от СССР, где они стали стремительно расширять свои маршрутные системы, в Европе троллейбусы вытеснялись автобусами. Именно автобусы после отказа от трамвайного сообщения и прекращения троллейбусного бума стали в Европе основным видом городского общественного транспорта.

Сейчас МПТ очень хорошо организован и работает безупречно. Он имеет разветвленную сеть, охватывающую даже самые отдаленные от города закоулки, и курсирует строго в соответствии с расписанием.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

В пиковые часы количество общественного транспорта увеличивается, поэтому никто и никогда не ездит в нем стоя, нет давки и тесноты. Карты передвижений городского транспорта можно найти практически возле каждой остановки.

Трамваи являются наиболее удобным видом транспорта для перемещения по городу. Расписание трамваев можно найти на каждой остановке. К тому же, через остановку могут курсировать 2-3 и более трамвая

Автобусы останавливаются по требованию. Чтобы выйти на то или иной остановке, нужно заранее нажать специальную кнопку «STOP», которая находится в салоне автобуса.

Для простоты передвижения введен единый тип билетов, который можно использовать на все виды общественного транспорта. Для того чтобы ездить в нем, при себе необходимо иметь действительный билет. Водители трамваев и автобусов не продают билеты. Их можно приобрести только:

- в станциях метро;
- в многочисленных газетных киосках, которые располагаются по всему городу;
- на сайте Транспортного предприятия;
- на информационных стойках в гостиницах, туристических агентствах, ТЦ;
- в автоматах;

Билет считается действительным только тогда, когда на нем стоит отметка компостера. Такие компостеры-валидаторы стоят у входа в метро или автобус. Они окрашены в ярко желтый цвет.

1.3.2 Опыт формирования МПТ в России

В нашей стране вопросами ГПТ и городских путей сообщения озадачились еще в конце XIX века. Однако на тот момент в России не велось значительных

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

научных исследований в данной области. Поэтому для решения практических задач возникла необходимость изучения зарубежного опыта.

Так, в первые годы XX столетия, была издана обширная монография инженера Гиршсона Г.А. «Городские дороги большой скорости», написанная на основе натурных обследований объектов транспортных сетей Берлина, Будапешта, Вены, Лондона и Парижа. Данная работа была проведена в связи с подготовкой к строительству Московской Окружной железной дороги, а также предложений по строительству в Москве внеуличных железных дорог наземного, подземного и эстакадного типа.

Однако после окончания Гражданской войны 1917-1921 гг. в стране начался бурный процесс индустриализации, который сопровождался интенсивным ростом существующих и созданием новых городов. Количество населения в городах росло. В первые годы после войны прирост составил более чем вдвое, а к середине XX века – в 3,3 раза. С ростом городов быстро росла необходимость перевозки пассажиров, а также проблемы в организации уличного движения, в том числе повышения пропускной способности улиц и увеличения вместимости общественного транспорта. Для практического решения возникших проблем требовалось изучение сущности и определяющих факторов организации пассажирских перевозок.

В 1923 г. было создано Всесоюзное постоянное бюро трамвайных и автобусных съездов (ВТАБ), которое позже было преобразовано во Всесоюзное научное инженерно-техническое общество (ВНИТО). По инициативе Всесоюзного трамвайного и автобусного бюро были разработаны различные системы показателей отчетности предприятий массового пассажирского транспорта, стандарты и нормативы по эксплуатации, проектированию новых и модернизации существующих транспортных средств подвижного состава и т.д. Все эти материалы стали ценными пособиями при решении реальных задач.

С 1927 г. под редакцией Всесоюзного трамвайного и автобусного бюро начал издаваться ежемесячный информационный «Трамвайный бюллетень», а

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						25
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

позже с 1932 г. – научный журнал «Транспорт и дороги города». В это время стали появляться научные работы в области организации транспортных систем городов. Первой наиболее значимой работой стал труд инженера Зильберталя А.Х. «Трамвайное хозяйство».[9] В этой работе впервые в русской технической литературе были освещены вопросы проектирования внутригородских сетей всех видов общественного транспорта с учетом потребностей населения и особенности планировки города. Позже им же была написана книга «Проблемы городского пассажирского транспорта»[10], в которой приведен подробный анализ основных технико-экономических показателей различных видов транспорта и условий их использования.

В довоенные годы с 1938 г. по 1941 г. вышло еще несколько важных работ методологического характера, к которым можно отнести «Городской пассажирский транспорт» Александрова А.П., Бронштейна Л.А., Полякова А.А.[1] и «Принципы и метод установления пассажирских маршрутов» Ларионова В.С.[12] В первой книге изложена методика определения перспективного внутригородского пассажирооборота и расчетных пассажиропотоков, а также методика комплексного проектирования сетей городского пассажирского транспорта с иллюстрацией некоторых положений результатами разработки перспективной схемы развития транспортной системы города Москвы. Во второй работе исследуются теоретические основы построения маршрутных систем.

Среди работ, опубликованных в СССР в период 1946-1957 гг., следует отметить: «Планировка транспортных сетей» Якшина А.М.[22], в которой приведен анализ планировочных решений с точки зрения удобства пассажирских сообщений, направленных на сокращение затрат времени на передвижение; «Городское движение и планировка улиц» Полякова А.А.[19], в книге исследуются факторы, определяющие требования к планировке улиц, перекрестков, площадей, мостов и путепроводов, дается методика транспортно-планировочных расчетов. В 60-е годы Поляков А.А. защитил докторскую диссертацию на тему «Основы транспортных расчетов по развитию путей

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

сообщения города». В работе представлены практические рекомендации по усовершенствованию методики и организации проектирования системы городских путей сообщения при планировке и реконструкции советских городов.

Подводя итог работам того периода, можно сделать вывод, что основное внимание исследователей уделено формированию комплекса требований, предъявляемых к маршрутным схемам. Методы построения маршрутов движения и рекомендации по формированию маршрутных сетей в работах того периода рассмотрены поверхностно, сформулированы лишь общие положения по их проектированию. Авторы [10,12,22] утверждают, что для удовлетворения потребностей городского населения в перевозках, формирование сети маршрутов должно происходить на основе данных о фактических перемещениях населения по территории города, т.е. матрице пассажирских корреспонденций. Также в работах того периода впервые сформулированы критерии оптимизации городских маршрутных сетей, среди которых – кратчайший путь между начальным и конечным пунктом маршрута, минимальное время, затрачиваемое на перемещения всеми пассажирами и т.д.

С развитием экономико-математических методов начался новый этап в формировании научных знаний о функционировании ГПТ[23]. Центральное место в нем занимает работа, выполненная в начале 60-х годов Геронимусом Б.Л. в Государственном НИИАТ, «Методика определения оптимальной схемы автомобильных маршрутов». Позже под его руководством Джумаев Д. выполнил диссертационную работу, посвященную разработке методики расчета схем маршрутного пассажирского транспорта в городе с применением математических методов.

Для выбора оптимальной маршрутной сети ученые предложили использовать методы комбинаторного анализа (сравнение между собой всех возможных вариантов сетей маршрутов по различным критериям). Однако с учетом того, что для крупного города количество маршрутов движения между исследуемыми районами может достигать огромных значений, сравнить все

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

возможные варианты становится практически невозможной задачей. Поэтому Геронимусом Б.Л. и его учеником при формировании вариантов маршрутных схем был применен метод комбинаторного анализа с направленным отбором вариантов[7].

Разработанная ими методика обоснованного расчета маршрутов движения городского транспорта в дальнейшем стала основой для решения многих научно-исследовательских и прикладных задач в сфере организации пассажирских перевозок. Однако отсутствие значимых ограничений, позволяющих уменьшить количество сравниваемых вариантов маршрутных сетей, и затраты времени при выполнении расчетов вручную стали основными причинами, ограничивающими возможность использования предлагаемого метода.

В последующем эта методика получила развитие в научных трудах ряда исследователей. Так, в 1974 г. группа ученых – Антошвили М.Е., Варелопуло Г.А., Хрущев М.В. предложили метод, сокращающий количество сравниваемых вариантов за счет исключения нереальных вариантов маршрутов, ввод маршрутов, изменение которых нецелесообразно [2]. Авторами впервые была применена ЭВМ для решения задачи выбора рациональной сети маршрутов. Это позволило значительно сократить трудоемкость работ и повысить их качество. Для разработки рациональной маршрутной сети ученые предложили использовать ряд ограничений: минимальная и максимальная длина маршрута, максимально допустимый интервал движения, минимально допустимый коэффициент использования вместимости, количество автобусов и др.

Позже Хрущев М.В. предложил делить методы маршрутизации на две группы в зависимости от уровня решаемых задач [21]. Первая группа предназначена для построения маршрутных схем для города в целом и получила название методов общей маршрутизации. Методы локальной маршрутизации, составляющие вторую группу, предназначены для корректировки отдельно взятых маршрутов. Хрущёв М.В. был убежден, что приемлемых результатов

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

можно добиться только при комбинировании подходов на разных этапах формирования рациональной маршрутной схемы.

Методы оптимизации отдельных маршрутов движения отражены в работах Логинова В.Н., Болоненкова В.Г., Либермана С.Ю., Спирина И.В. и др.[3] Авторами рассматриваются варианты различных форм организации городских маршрутов движения – обычные, экспрессные, полуэкспрессные, скоростные, укороченные, комбинированные. Достоинством таких организационных мер является увеличение скорости сообщения на маршрутах, недостатком – сложность ориентирования пассажиров. Таким образом, работы [12,13,14] являются модернизацией подхода, которая заключается прежде всего в применении более совершенного алгоритма исключения нецелесообразных вариантов маршрутов, внедрении современного математического аппарата, а также в разработке алгоритмов и программ для решения задачи на ЭВМ.

Два подхода к оптимизации маршрутной схемы приведены в работе Блатнова М.Д.[24] В первом подходе в качестве основного критерия оптимизации принимается сокращение затрат времени на поездки. Во втором подходе основным критерием является уровень пересадочности.

Глик Ф.Г. предложил метод перепроектирования существующей сети маршрутов, основанный на последовательном приближении к оптимальному решению посредством диалогового режима работы эксперта и ЭВМ. Это позволяет учесть критерии и факторы, не поддающиеся формализации. Суть метода заключается в следующем. В результате анализа матрицы корреспонденций выявляют пары районов, имеющие максимальную величину пассажиропотока. Затем при совпадении начальных, конечных или промежуточных элементов полученные связи объединяются в маршрут. Если величина потока на каком-либо элементе цепи станет меньше некоторой заданной величины, то маршрут обрывают. Процедуру повторяют до тех пор, пока количество пассажиропотоков, не обслуженных сформированной маршрутной схемой, не станет минимальным [16].

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						29
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Согласно этой идеи на первом этапе проектирования формируется избыточная совокупность маршрутов. Вначале эвристическим способом формируется вариант маршрутной сети в первом приближении. На следующем этапе работы осуществляется детальный анализ и корректировка разработанной совокупности маршрутов. Для этого авторами разработаны различные алгоритмы, позволяющие скорректировать предварительную сеть по одному из следующих критериев:

- минимум времени перевозки,
- равномерное распределение пассажиропотока по маршрутам,
- рациональное распределение транспортных средств по маршрутам[25].

Учет же при модернизации транспортного каркаса города (маршрутизированных видов общественного транспорта), представленных незначительной долей в структуре транспортного потока, но при этом выполняющих основной объем пассажирских перевозок, производится недостаточно и, как правило, сопровождается локальной корректировкой трассы отдельных маршрутов.

Сегодня особенно остро транспортные проблемы проявляются в крупных городах, сформированных под влиянием исторических факторов, где вследствие недостаточной развитости магистральной сети улиц и дорог, затраты времени пассажиров на поездку значительно превышают предельно допустимые значения[27]. В итоге нарушается основной принцип развития системы городского пассажирского транспорта. Ни один город не может расти быстрее, чем развивается его транспорт [20].

В свою очередь, строительство новых магистральных улиц и дорог помимо материальных затрат потребует высвобождения городских территорий, а значит, обязательно будет сопровождаться сносом сложившейся застройки. Гуманным решением этой задачи могло бы быть рациональное использование подземного и

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						30
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

надземного пространства, однако, это потребует колоссальных капиталовложений.

В настоящее же время можно наблюдать обратные крайне негативные явления, такие как безудержное строительство новых жилых микрорайонов и хаотичная точечная застройка центральной части, что приводит не только к перегрузкам отдельных транспортных магистралей, но и всей инженерной инфраструктуры города.

Современный период развития крупных городов характеризуется явной диспропорцией в формировании приоритетов развития массового и индивидуального пассажирского транспорта. Так, проявление некоторой активности в реализации мероприятий, направленных на модернизацию улично-дорожной сети крупных городов, наблюдаемой в последнее время в России, практически не сопровождалось корректировкой маршрутной схемы пассажирских видов транспорта.

Вывод по главе один

В первой главе была рассмотрена роль пассажирского транспорта в инфраструктуре города. А также опыты формирования маршрутных сетей в США, Западной Европе и России.

Россия отстает от развитых стран по уровню автомобилизации. В данный момент степень развития городского пассажирского транспорта в нашей стране отстает от потребностей населения. С одной стороны, это обусловлено довольно низкими темпами строительства и реконструкции городских магистралей. Так, доля городской территории, приходящаяся на транспортные коммуникации, долгое время не увеличивалась, составляя около 10-15 %. С другой стороны, реализуемые мероприятия по развитию улично-дорожной чети отражают, в большей степени, интересы пользователей личных автомобилей, т.к. этот вид транспорта на 80-90 % формирует городской транспортный поток.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						31
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ГЛАВА 2. ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ И ТРЕБОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДЕ

2.1 Подвижность городского населения

Основной задачей планирования пассажирских перевозок является обеспечение наиболее полного удовлетворения потребностей населения в передвижении при оптимальном использовании транспортных средств.

Для расчета интенсивности движения на сети городских улиц необходима возможность прогнозировать передвижения населения как по направлениям, так и по частоте. В этих целях все население делится на группы:

- А — трудящиеся градообразующих предприятий и учреждений;
- Б — трудящиеся обслуживающих предприятий и учреждений;
- В — учащиеся вузов, техникумов, ПТУ;
- Г — несамодеятельное население (дети, домохозяйки, пенсионеры, инвалиды).

К самодеятельному относится население групп А и Б.

Для Российской Федерации характерен следующий состав населения по группам: А — 27 — 35% ; Б — 20 — 23% ; В, Г — 40 — 50% .

Диаграмма 1 – Состав населения

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

Все передвижения в зависимости от их целей делят на:

- трудовые,
- культурно-бытовые,
- на отдых и прочие.

Наибольшую трудность представляет расчет и прогнозирование пассажирских потоков.

Различают общую подвижность населения — среднее число всех передвижений по территории города, и транспортную подвижность населения — среднее число поездок на транспортных средствах. Отношение транспортной подвижности к общей носит название коэффициента пользования транспортом. Значение этого коэффициента зависит от вида поездок и размеров города.

Коэффициенты пользования транспортом определяют по материалам обследования подвижности населения. При отсутствии таких данных пользуются среднестатистическими значениями. В зависимости от дальности и цели передвижения среднестатистические коэффициенты пользования транспортом следующие:

Таблица 3 - Коэффициенты пользования транспортом

Дальность передвижения, км	До 1	1,5	2	2,5	3	Более 3
Трудовые передвижения	0,3	0,65	0,9	1	1	1
Культурно-бытовые передвижения	0,15	0,4	0,65	0,8	0,9	1

Развитость сети общественного пассажирского транспорта характеризует коэффициент пересадочности — отношение числа передвижений на транспортных средствах с учетом всех пересадок к числу полных поездок между пунктами отправления и назначения.

Для Москвы этот коэффициент для трудовых поездок находится в пределах 1,59— 1,61, для культурно-бытовых— 1,32— 1,33.

Отношение общего числа передвижений к числу прямых и попутных передвижений называется коэффициентом возвратности. Этот коэффициент

характеризует возможность многоцелевых поездок и изменяется в пределах 1,25...2,00.

Транспортная подвижность населения зависит от размеров города, развития в нем индустрии, числа и расположения объектов культурно-бытового обслуживания. В настоящее время определяется еще и соответствие уровня развития транспорта и его сети потребностям населения, а также уровням цен на проезд. Для Москвы характерно следующее соотношение, по целям поездок:

- трудовые поездки 43 — 45 %;
- культурно-бытовые 45 %;
- на отдых 9 — 11 %;
- на железнодорожные вокзалы и в аэропорты — до 1 %.

Число трудовых поездок определяют умножением численности населения групп А и Б на среднюю подвижность населения по трудовым целям, к ним добавляют деловые поездки в количестве 5 % от трудовых.

Культурно-бытовую подвижность населения определяют по материалам обследований. При отсутствии данных обследования используют ориентировочные значения перспективной подвижности населения, в зависимости от числа населения города:

Таблица 4 – Зависимость подвижности от численности населения

Население города, тыс.чел.	50	100	250	500	750	1000	2000	5000 и более
Число передвижений на одного жителя в год	950	1030	1080	1100	1100	1150	1200	1300- 1400

Обследование подвижности населения — очень трудоемкая задача. Такое широкомасштабное обследование приурочивается к переписи населения страны или в каком-либо отдельном регионе страны. В промежутках между переписями населения проводят выборочные обследования.

Подвижность лежит в основе формирующихся пассажиропотоков. В настоящее время имеется несколько методов сбора информации о передвижении населения.

2.2 Методы обследования пассажиропотоков

В производственной деятельности предприятий городского пассажирского транспорта применяется несколько методов обследования пассажиропотоков. Эти методы отличаются способом получения информации. Выбор метода происходит на стадии подготовки к проведению обследования и представляется наиболее важным этапом, в связи с тем, что правильность выбора напрямую влияет на успешность обследования [5].

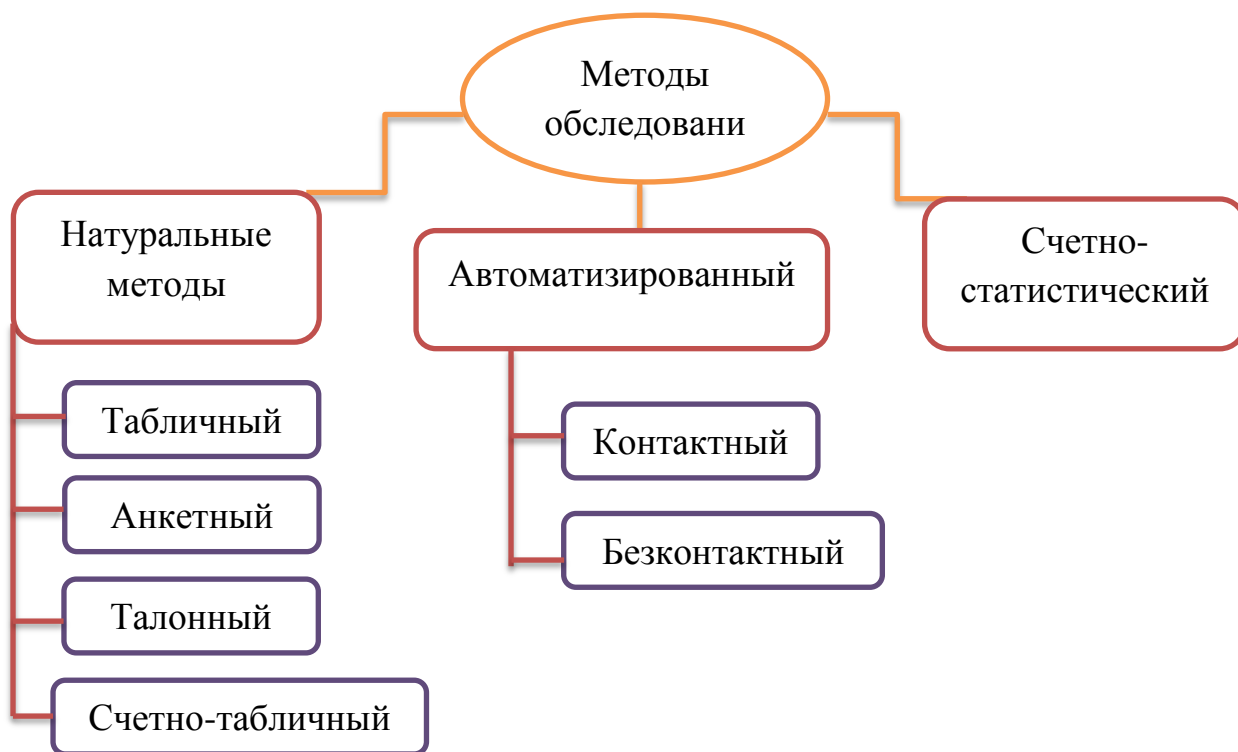


Рисунок 1 - Методы обследования пассажиропотоков

2.2.1 Анкетный метод обследования пассажиропотоков

Основан на заполнении населением, пассажирами или учетчиками специальных анкет о совершаемых поездках.

В зависимости от цели и масштабов проведения обследования могут применять различные формы и методы опроса.

Обследование проводят или путем рассылки анкет по почте, или непосредственным опросом и заполнением анкет по месту жительства, работы, учебы, во время поездки, в местах пересадки с одного вида транспорта на другой, на конечных остановочных пунктах.

Анкетный метод обследования применяют для разработки новой, корректировки действующей транспортной сети или отдельных ее узлов, маршрутов в целях улучшения работы транспорта и повышения удобств пассажиров. Этот метод в сравнении с другими позволяет получить ответ на большой круг интересующих вопросов и, в частности, выявить потребность населения в передвижениях по различным направлениям и в различные места вне зависимости от существующей транспортной сети [8].

Недостатками анкетного метода являются сложность и длительность обработки материалов, большая трудоемкость и высокая стоимость.

До последнего времени анкетный метод применялся, как правило, при обследовании пассажиропотоков в городах. Вместе с тем условия проведения обследований на междугородных маршрутах, особенно большой протяженности, отличаются от обследований на других маршрутах и позволяют получить дополнительные данные о пассажиропотоках. Наиболее целесообразно применение в этом случае анкетного метода. В силу специфических особенностей данного метода, позволяющего получить ответ практически на неограниченный круг вопросов и особенностей поездок пассажиров в междугородном сообщении на маршрутах большого протяжения (значительные расстояния между остановочными пунктами, меньшая по сравнению с городскими и пригородными маршрутами сменяемость пассажиров, большее время нахождения пассажиров в автобусе), представляется возможность получения широкого круга разнообразных сведений непосредственно в подвижном составе за время поездки пассажиров.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						36
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Исходя из преимуществ анкетного метода и особенностей междугородных перевозок разработана анкета для проведения обследований на междугородных маршрутах большого протяжения. Учитывая основной недостаток этого метода – большую трудоемкость обработки первичных данных, форма анкеты разработана с учетом возможности механизированной обработки. Ввиду заполнения анкет непосредственно в подвижном составе процесс подготовки и проведения обследования значительно менее трудоемок, чем при обследовании анкетным методом городских и пригородных пассажиропотоков, когда приходится рассылать или каким-либо другим методом доводить анкеты до населения, а затем получать их заполненными.

2.2.2 Отчетно-статистический метод

Применяется при анализе данных о выручке от перевозки пассажиров на маршрутах и проданных билетах.

Сведения о проданных билетах позволяет определить количество перевезенных пассажиров по всему маршруту, колебания пассажиропотоков по участкам маршрутов, направлениям, часам суток, месяцам и сезонам года [15].

По этим отчетным сведениям на междугородных маршрутах можно получить корреспонденцию поездок пассажиров по каждому остановочному пункту, а на пригородных маршрутах - только количество перевозимых пассажиров по участкам маршрутов.

Метод работы автобусов на городских маршрутах без кондуктора позволяет получить лишь данные о количестве перевезенных пассажиров за рейс.

Для получения полных данных, кроме пассажиров, взявших разовые билеты, необходимо учитывать пассажиров, имеющих сезонные, месячные, школьные и другие виды проездных билетов.

Систематический анализ этим методом отчетных данных о проданных билетах и выручке не только не исключает периодического проведения натуральных обследований пассажиропотоков, но является основой для их организации.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						37
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

2.2.3 Талонный метод

Позволяет определить, помимо основных показателей пассажиропотоков, также корреспонденции поездок пассажиров между остановочными пунктами маршрута. При этом методе обследования пассажирам при входе выдаются, а при выходе отбираются специальные талоны. Недостатками этого метода, так же как и анкетного, являются сложность проведения обследования и обработки первичных материалов, большая трудоемкость и высокая стоимость работ.

2.2.4 Табличный метод

Основанный на опросе пассажиров в ГПТ. Позволяет получить наиболее полные сведения о пассажиропотоках и может применяться при обследованиях на междугородных, пригородных и городских маршрутах. Помимо данных, обеспечиваемых табличным методом, основанным на подсчете пассажиров в ГПТ, он позволяет дополнительно получить сведения о корреспонденциях поездок пассажиров между остановочными пунктами, данные об их пересадках на другой вид транспорта или маршрут, а также сведения о своевременности осуществления перевозок.

По сравнению с анкетным и талонным этот метод является универсальным и более простым в подготовке и проведении обследования, обработке полученных материалов, менее трудоемким и более дешевым по проведению [8].

Сущность обследования данным методом заключается в том, что при обследовании учетчик, узнав от пассажира, до какой остановки он следует, должен в специально разработанной учетной таблице напротив пункта посадки проставить пункт назначения. Таким образом, определяется передвижение пассажира между остановочными пунктами маршрута. Одновременно регистрируются пересадки пассажиров и своевременность осуществления. Для обозначения передвижений пассажиров по маршруту в учетной таблице каждому остановочному пункту или группе пунктов присваивается шифр.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						38
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

При обследовании одновременно регистрируется место посадки пассажира, пункт назначения и отпадает необходимость вторичной его регистрации при выходе. Регистрация пассажиров при входе в транспортное средство на остановочном пункте производится в графе данного пункта, что значительно упрощает работу учетчика. Заполненная учетная таблица позволяет без предварительной обработки видеть количество отправившихся пассажиров с любого остановочного пункта, их распределение по пунктам выхода и пересадки на разные виды транспорта (маршруты).

Материалы обследования таблично-опросным методом позволяют:

- определить по отдельным участкам, направлениям, рейсам, маршрутам, магистралям и всей транспортной сети объем перевозок;
- пассажирооборот;
- пассажирообмен остановочных пунктов;
- корреспонденцию поездок пассажиров между остановочными пунктами;
- среднюю дальность поездки пассажиров;
- использование вместимости подвижного состава;
- количество пассажиров, остающихся на остановочных пунктах из-за переполнения автобусов;
- количество и корреспонденцию поездок пассажиров, следующих без пересадки и с пересадками;
- виды транспорта или отдельные автобусные маршруты их дальнейшего следования;
- пункты пересадки и их пассажирообмен;
- ожидаемую выручку.

2.2.5 Счетно-табличный метод

Основан на подсчете пассажиров учетчиками, находящимися на остановочных пунктах или внутри ТС.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		39

В первом случае учетчики ориентировочно определяют пассажирообмен основных остановочных пунктов путем подсчета количества вошедших, вышедших и оставшихся на остановке пассажиров (из-за переполнения общественного транспорта) или определяют наполнение проходящего транспорта примерным подсчетом количества пассажиров, находящихся в нем.

Во втором случае учетчики, находящиеся внутри общественного транспорта, подсчитывают количество входящих и выходящих пассажиров по каждому остановочному пункту, что обеспечивает большую точность обследования пассажиропотоков. Количество учетчиков зависит от числа дверей в транспорте: в однодверных - обследование проводит один учетчик, в двухдверных – два.

Существенным недостатком табличного метода, основанного на подсчете пассажиров, является то, что невозможно получить сведения о передвижении пассажиров по маршруту – корреспонденции поездок пассажиров и вследствие этого невозможно выявить распределение поездок пассажиров по зонам дальности и остановочным пунктам (количество перевозимых пассажиров между начальными и конечными, начальными и промежуточными, между промежуточными, промежуточными и конечными пунктами). Отсутствие этих данных не позволяет определить эффективность принятой организации движения и в случае необходимости ввести обоснованно укороченные или экспрессные рейсы, произвести разрыв или продление маршрутов [30].

2.2.6 Глазомерный метод

Визуальные (глазомерные) методы предусматривают визуальную оценку наполнения подвижного состава. Для оценки вместимости может применяться балльная шкала (например, 1 балл, если занята половина мест для сидения, 2 – если все и т.д.) – визуальный балльный метод. Также может использоваться «силуэтная» форма, когда учетчики визуально «на просвет» на основе силуэтов шести видов определяют степень наполнения состава – визуальный силуэтный

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						40
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

метод. Зная число мест для проезда сидя и вместимость той или иной марки транспортного средства можно перейти от баллов или силуэтов к числу пассажиров. Глазомерный метод могут применять сами водители или кондукторы, а также учетчики, находящиеся на остановочных пунктах.

2.2.7 Автоматизированный метод

Автоматизированные методы позволяют получить информацию без участия людей с использованием различных технических средств. Контактные методы позволяют получать данные о пассажиропотоке через непосредственное воздействие пассажиров на технические средства, например, когда люди вводят информацию в полуавтоматические устройства путем нажатия клавиш или воздействуют на контактные ступеньки транспортного средства при входе и выходе.

При неконтактных методах могут использоваться фотоэлектрические приборы, и количество входящих и выходящих пассажиров будет определяться по тому, в какой последовательности люди пересекут пучок световых лучей от фотопреобразователей. Существует косвенный (весовой) метод, когда с помощью специальных устройств взвешиваются одновременно все пассажиры в подвижном составе, а затем общая масса делится на среднюю массу одного пассажира (70 кг). При использовании этого метода требуется отдельная посадка и высадка на остановочных пунктах.

2.3 Сравнительный анализ методов обследования

Сравнивая методы обследования пассажиропотоков, следует отметить, что каждый из них имеет как свои преимущества, так и недостатки.

Так, отчетно-статистический метод с одной стороны характеризуется низкой трудоемкостью и себестоимостью обследования, с другой – позволяет получить очень ограниченный круг показателей.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						41
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Анкетный метод является, пожалуй, самым продуктивным, поскольку может охватывать всю маршрутную сеть и позволяет получать большой объем информации по интересующим направлениям. Однако, такой метод предусматривает обработку полученных анкет, ввиду чего имеет высокую трудоемкость, для снижения которой необходимо заранее предусмотреть возможность обработки анкет с использованием ЭВМ.

Также большую трудоемкость, а равно и высокую стоимость работ, имеет талонный метод, так как необходимы значительные финансовые и трудовые затраты на проведение самого обследования и на обработку первичных материалов.

Более дешевым и менее трудоемким, по сравнению с талонным и анкетным методами, является табличный.

Визуальные методы могут быть более привлекательными, так как существует возможность их применения без привлечения дополнительных трудовых ресурсов (когда наполнение подвижного состава определяют сами водители или кондукторы). Существенным недостатком таких методов выступает субъективность получаемых данных.

Независимо от выбранного метода, данные получаемы в результате обследований, требуют последующей обработки и отражают характер изменения пассажиропотоков за прошедший период времени. С целью устранения этого недостатка, а также для существенного сокращения трудоемкости, могут использоваться автоматизированные методы обследования. Однако такие обследования предусматривают оборудование транспортных средств дополнительными устройствами, что, во-первых, отражается на стоимости обследования в сторону ее увеличения, а, во-вторых, сами устройства, зачастую недолговечны и сложны в настройке [15].

Кроме того, в часы «пик» существенно снижается точность, получаемой информации.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						42
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Выбор метода обследования определяется также целью обследования и решаемыми на его основе задачами. Отчетно-статистический метод лучше использовать как основу для проведения обследований другими методами. Анкетный метод приемлем для проведения практически любого обследования (сплошного или выборочного, разового или систематического, базисного или текущего и т.п.), позволяет решать как частные задачи, так и задачи более высокого порядка. Для оперативного определения наполняемости транспортных средств и мощности пассажирских потоков могут использоваться визуальные и автоматизированные методы (как правило, косвенные). Счетно-табличным и автоматизированными (контактными и неконтактными) методами получают данные о числе посадок и высадок пассажиров по отдельным остановочным пунктам.

Основным методом при определении межостановочных корреспонденций является талонный, также может быть приемлем опросно-табличный метод.

2.3 Основные характеристики транспортных сетей

Одна из основных характеристик пассажирского транспорта — пассажиропоток — количество пассажиров, которые проезжают или будут проезжать в единицу времени через данное сечение магистрали) в одном или двух направлениях.

Другим показателем, характеризующим объем пассажирских перевозок, является пассажирооборот. В общем виде пассажирооборотом называется показатель количества пассажирских перевозок в единицу времени, выражаемый числом перевезенных или подлежащих перевозке пассажиров в прямом и обратном направлениях для отдельных участков района или города, а для отдельных узлов, станций, остановок или пунктов — количество прибывших, убывших и совершивших пересадку пассажиров в час, сутки, месяц или год.

Подвижность населения характеризует собой число поездок в среднем за год, приходящихся на одного жителя города:

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						43
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$\rho = \frac{A_{\Gamma}}{N} \quad (1)$$

A_{Γ} — годовой пассажирооборот города;

N — общее число жителей.

Подвижность населения города зависит от:

- размера города, количества населения;
- благосостояния трудящихся;
- разбросанности основных районов жилья;
- качества работы перевозочных средств;
- тарифа и других условий.

В больших городах, где населению требуется преодолевать большие расстояния при перемещениях от места жительства на работу и обратно, где больше театров, клубов, домов культуры, стадионов, а также больше средств массового пассажирского транспорта, подвижность населения больше, чем в малых городах. Для более точного определения подвижности населения следует пользоваться местными статистическими данными.

Характеристикой улично-дорожной сети является коэффициент непрямолинейности, определяемый по формуле:

$$K_{\text{нп}} = \frac{L_{\text{ф}}}{L_0} \quad (2)$$

$L_{\text{ф}}$ — фактическая длина поездки между пунктами города,

L_0 — расстояние между пунктами по воздушной линии [3].

Показывает насколько удобно в плане транспортных связей располагается рассматриваемый участок города от выбранного начального пункта до объектов тяготения. Степень непрямолинейности оценивается по таблице 5 и не должна превышать рекомендуемых значений. В противном случае рекомендуется перенести место отправления на другое место и повторить измерения.

Таблица 5 - Коэффициенты приведения различных видов транспорта

Вид транспорта	$K_{\text{нп}}$
Автобусы	1,3-40 (в зависимости от размера)
Троллейбусы, трамваи	4,0

Конфигурация транспортной сети зависит от транспортной планировки. В старых городах она определяется исторически сложившейся застройкой, что часто имеет определенные неудобства. В новых городах (районах) определяется по утвержденным генеральным планам развития городов.

Требования к транспортной сети:

1. Крупные объекты тяготения (промышленные предприятия и зоны, транспортные узлы внешних видов транспорта, культурно-бытовые объекты городского значения) должны быть связаны с жилыми массивами и между собой, по возможности, кратчайшими расстояниями.
2. Транспортные линии должны соответствовать направлению пассажиропотоков, а их длина должна соответствовать площади города и количеству эксплуатируемого подвижного состава.
3. Пропускная способность транспортной сети должна обеспечивать пропуск ожидаемого количества транспортных средств и должны быть предусмотрены резервные линии движения на случай прекращения движения по любому из участков транспортной сети.

Вывод по главе два

Во второй главе были рассмотрены основные критерии и требования эксплуатации систем пассажирского транспорта в городе. Также были рассмотрены несколько методов сбора информации о передвижении населения, и основные характеристики проектирования транспортных сетей.

Следует отметить, что не существует единственного оптимального метода обследования пассажирских потоков и при выборе, в первую очередь, необходимо руководствоваться целью обследования и решаемыми на его основе задачами, а

затем учитывать такие факторы как наличие денежных средств, возможность привлечения людских ресурсов, местные условия, возможность оперативной обработки полученных данных и иные.

Также нужно использовать основные характеристики транспортной сети.

Зачастую, главное противоречие возникает между потребностью в денежных средствах на проведение обследования и ограниченностью объема финансирования.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		46

ГЛАВА 3. ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

В настоящий момент рынок программных продуктов в области транспортного планирования и организации движения только начинает формироваться. Программно-технические средства применялись и ранее для учета пассажиропотоков и проектирования сетей, но в настоящее время эта тенденция усиливается в связи со всеобщей информатизацией. Специально для задач транспортных исследований и проектирования разрабатывается программное обеспечение. Одной из первых и программ является программа ЕММЕ/2. («Equilibre Multimodal, Multimodal Equilibrium» означает "Мультимодальное Равновесие"). Первые подобные транспортные модели на основе данного программного продукта были созданы в Канаде и в Финляндии. Программное обеспечение ЕММЕ/2 разрабатывалось как интерактивно-графическая гибкая среда моделирования для городского и регионального транспортного планирования.

На российском рынке можно отметить две системы моделирования движения AnyLogic и ChronoMap. По своим возможностям и области решаемых задач системы практически идентичны и объединяют в себе полный пакет программного обеспечения для планирования, анализа и организации транспортного движения.

3.1 Общие сведения о системе имитационного моделирования AnyLogic

Система AnyLogic 7.1 – популярная во всем мире программа для построения имитационных моделей систем различной природы.

AnyLogic является кросс-платформенным программным обеспечением, работает как под управлением операционной системы Windows, так и под Mac, OS и Linux.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

AnyLogic включает в себя графический язык моделирования, а также позволяет пользователю расширять созданные модели с помощью языка Java. Интеграция компилятора Java в AnyLogic предоставляет более широкие возможности при создании моделей.

Использование AnyLogic дает возможность оценить эффект конструкторских решений в сложных системах реального мира. Отечественный профессиональный инструмент имитационного моделирования AnyLogic нового поколения, разработан на основе современных концепций в области информационных технологий и результатов исследований в теории гибридных систем и объектно-ориентированного моделирования. Построенная на их основе инструментальная система AnyLogic не ограничивает пользователя одной единственной парадигмой моделирования, что является характерным для существующих на рынке инструментов моделирования. В AnyLogic разработчик может гибко использовать различные уровни абстрагирования и различные стили и концепции и смешивать их при создании одной и той же модели [36].

Рисунок 2 – Интерфейс AnyLogic

Среда AnyLogic является объектно-ориентированной. Объектно-ориентированный подход весьма удобен для представления сложных систем, кроме того он интуитивно понятен и естественен для пользователя системы.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		48

Таким образом, идеи и методы, направленные на управление сложностью, выработанные в последние десятилетия в области создания программных систем, позволяют разработчикам моделей в среде AnyLogic организовать мышление, структурировать разработку и, в конечном счете, упростить и ускорить создание моделей.

Еще одна особенность AnyLogic это представление моделей как набора взаимодействующих параллельно функционирующих активных объектов [11]. Такой подход к моделированию интуитивно очень понятен и естественен во многих приложениях, поскольку системы реальной жизни состоят из совокупности активностей, взаимодействующих с другими объектами. Активный объект AnyLogic - это объект со своим собственным функционированием, взаимодействующий с окружением. Он может включать в себя любое количество экземпляров других активных объектов. Активные объекты могут динамически порождаться и исчезать в соответствии с законами функционирования системы. Так могут моделироваться социальные группы, холдинги компаний, транспортные системы. Система AnyLogic поддерживает проектирование, разработку, документирование модели, выполнение компьютерных экспериментов с моделью, включая различные виды анализа - от анализа чувствительности до оптимизации параметров модели относительно некоторого критерия [14].

В результате AnyLogic не ограничивает пользователя одной-единственной парадигмой моделирования, что является характерным фактически для всех инструментов моделирования, существующих сегодня на рынке. В AnyLogic разработчик может гибко использовать различные уровни абстрагирования, различные стили и концепции, строить модели в рамках той или иной парадигмы и смешивать их при создании одной и той же модели, использовать ранее разработанные модули, собранные в библиотеки, дополнять и строить свои собственные библиотеки модулей. При разработке модели на AnyLogic можно использовать концепции и средства из нескольких «классических» областей

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						49
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

моделирования, например, в агентной модели использовать методы системной динамики для представления изменений состояния среды или в непрерывной модели динамической системы учесть дискретные события. В AnyLogic легко строятся подобные модели с требуемым уровнем адекватности, позволяющие ответить на многие вопросы, интересующие исследователя. Широкие возможности анимации и визуального представления результатов в процессе работы модели позволяют понять суть процессов, происходящих в моделируемой системе, упростить отладку модели.

Несмотря на сложность решаемых задач, AnyLogic проста в использовании. Поэтому изучение системы можно рекомендовать вузам для проведения лабораторных работ по дисциплинам, связанным с имитационным моделированием систем. Высокая степень визуализации повысит у студентов интерес к изучению дисциплины и позволит смотивировать их к научно-исследовательской деятельности.

3.2 Общие сведения о системе имитационного моделирования ChronoMap

ChronoMap — это модуль MapInfo Professional , который предназначен для моделирования транспортных сетей, решения различных транспортных задач и геомаркетинга. ChronoMap позволяет производить вычисления, имитировать и визуализировать решения, с использованием самых полных и точных баз данных цифровых дорожных карт, повышая эффективность вашей деятельности. ChronoMap используют торговые сети, банки, сервисные организации, государственные учреждения и консалтинговые фирмы во всем мире, которым необходимо решать логистические задачи. ChronoMap разработали в геоинформационного программного обеспечения в отличие от AnyLogic.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

Рисунок 3 – Интерфейс ChronoMap

Программа работает практически с любыми данными дорожной сети в векторном формате MapInfo Professional. Граф создаётся непосредственно из .tab файла MapInfo. В программу встроены трансляторы наиболее распространённых баз данных уличной сети, такие как TeleAtlas, NavTech, AND, ADC WorldMap, GISnet, Catique и другие. Если программа опознала формат базы данных, то граф сети будет создан автоматически. В случае если формат базы данных не распознан, то программа предлагает применить процедуру модификации таблицы для построения графа. При этом в таблицу будут добавлены необходимые служебные поля. Слой дорог при этом может быть в любой проекции поддерживаемой MapInfo [37].

Особенность ChronoMap — это возможность определять правила для построения транспортных сетей, что позволяет приблизить математическую модель (граф) к реальным дорожным условиям. Чем больше правил будет определено для транспортной сети, тем корректнее будет полученный результат. По этим параметрам ChronoMap является лидером в продуктах этой категории. В их числе:

- Определение скоростных характеристик сегмента сети - класса дороги, которому присвоена скоростная характеристика.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						51
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- Задание различных скоростных характеристик для сегмента в разных направлениях (для улиц с двухсторонним движением).
- Задание участков с односторонним движением.
- Снижение скоростных характеристик сети, в часы пик или в условиях непогоды.
- Запрет проезда.
- Временное закрытие сегмента без перестройки графа сети (например, ремонт).
- Запрет поворотов.
- Запрещение на проезд определённых видов транспорта (габариты, тоннаж, тип и т.п.)
- Библиотека различных транспортных средств.

Большинство программ данного класса оперирует скоростными характеристиками сегментов уличной сети, и как правило - это максимальная скорость движения для данного класса дороги. При этом не учитывается, какое транспортное средство передвигается по этой дороге. ChronoMap оперирует категорией «Транспортное средство», в ней имеется соответствующая библиотека. Пользователь может выбрать из нужных транспортных средств необходимое (библиотеку можно редактировать). Выбор транспортного средства (автомобиль, велосипед, грузовик, трактор и т.д.) для движения по маршруту очень важен. Параметры каждого транспортного средства могут быть модифицированы: скорость, снижение скорости в час пик и т.п. Также можно изменять физические характеристики транспортных средств (вес, габариты и т.п.).

ChronoMap для MapInfo Professional, позволяет создавать и анализировать карты транспортной доступности. Построение зон транспортной доступности в ChronoMap обладает большим числом настроек. Зоны могут строиться по одной или многим точкам с минимизацией расстояния, времени или транспортных издержек, с учётом категории транспортных средств и других характеристик сети. Полезной особенностью является построение зон доступности, как от точки, так и

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

к точке. Имеется широкий выбор настроек для оформления карты. Помимо этого имеется возможность проводить сравнительный анализ двух карт транспортной доступности, в результате которого получается новая карта, выявляющая различия, например, для оценки транспортной доступности после закрытия дорог.

Ещё одна функция может использоваться для таких задач как создание и сравнение различных сценариев доступности определенного пункта с оценкой эффективности каждого варианта [37]. В ChronoMap реализована функция поиска кратчайшего пути, вычисление маршрутов от начального пункта через промежуточные пункты до пункта прибытия. Оптимизирующие функции позволяют определить наилучший маршрут с точки зрения времени, расстояния или транспортных расходов, а также оптимизировать последовательность «остановок» (задача коммивояжера). Пункты («остановки») могут быть указаны непосредственно на карте или взяты из таблицы MapInfo, например, как результат геокодирования адресного списка клиентов, которым необходимо осуществить доставку товаров.

3.3 Пакет имитационного моделирования Aimsun

Пакет имитационного моделирования Aimsun представляет собой полнофункциональный комплекс инструментов анализа транспортных потоков и перевозок, который может использоваться для планирования, детального моделирования и исследования требований и условий деятельности в сфере транспорта. Продукт реализует интегрированную платформу, пригодную для выполнения как статического, так и динамического моделирования. ПИМ Aimsun спроектирован и реализован в помощь аналитику, применяющему на практике четырехступенчатую модель транспортного планирования. Основные функции приложения таковы: статическое распределение (назначение) трафика (одно- и многопользовательское), анализ запросов (включая импорт/экспорт матриц,

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

манипуляции с матрицами, анализ местоположения детекторов и корректировку матриц) и генерация обходов.

Моделирования дорожного движения необходимо как для выявления эффективных стратегий управления транспортными потоками, так и для поиска оптимальных решений по развитию УДС в периоды реконструкции, ремонтов коммуникаций и пр.

Целью моделирования является определение оптимальной топологии УДС, адекватный выбор расположения технических средств организации дорожного движения, определение возможных этапов будущего развития. На модели можно опробовать влияние всплесков интенсивности, влияние перекрытия полос движения, связанное с предстоящей реконструкцией, на общую транспортную ситуацию, что невозможно сделать в реальной сети [35].

Исходными данными для моделирования являются результаты транспортного обследования, в ходе которого выявляются:

Топологические характеристики УДС включают, в том числе:

- количество полос дорожного полотна;
- ширина полос дорожного полотна;
- ширина обочины;
- геометрические данные пересечений;
- количество и расположение остановок городского транспорта;
- расположение знаков регулирования дорожного движения.

Характеристики транспортных средств включают, в том числе:

- длину;
- ширину;
- максимальную допустимую скорость;
- максимальное ускорение;
- максимальное и нормальное торможение;
- время реакции водителя;
- минимальную дистанцию между ТС;

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

- уровень потребления топлива;
- уровень выброса загрязняющих веществ.

Характеристики светофорных объектов (СО) включают, в том числе:

- организацию дорожного движения на перекрестках;
- фактические временные параметры работы СО;
- наличие регистрирующих камер и управляющих детекторов на перекрестке.

Характеристики транспортных потоков включают, в том числе:

- входную интенсивность движения;
- интенсивность движения на поворотных направлениях.

Особенности движения и парковки транспортных средств на рассматриваемой УДС включают, в том числе:

- наличие парковок в пределах исследуемой сети;
- количество автомобилей выезжающих с парковок, расположенных вдоль дорог, в час.

3.4 Геоинформационная система Mappl

Географическая информационная система Mappl (ГИС Mappl) – это система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, отображение и распространение данных, а также получение на их основе новой информации о пространственно-ориентированных явлениях. В ГИС информация организована в виде слоев. Каждый слой представляет собой совокупность объектов, объединенных каким-либо общим признаком (например, тематические слои зданий, гидрографических объектов и др.). В свою очередь, каждый объект в ГИС характеризуется координатной парой (или набором координат) и некоторыми атрибутивными характеристиками. ГИС предоставляет возможности накопления и анализа пространственной информации, оперативного поиска объектов, их отображения в удобном для использования виде, осуществления различного рода

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						55
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

поисково-справочных процедур. Данные со слоёв хранятся в реляционной СУБД. ГИС хранит данные в MySQL.

3.4.1 Программный комплекс подготовки данных и визуализации результатов транспортного моделирования ANetEditor

Программный комплекс ANetEditor создан для распределенной подготовки данных и визуализации результатов транспортного моделирования пакета Aimsun. Он использует ГИС Mappl для редактирования и отображения объектов. В отличие от пакета Aimsun, комплекс ANetEditor позволяет анализировать результаты моделирования. Основным недостатком программного комплекса Aimsun следует считать то, что при моделировании необходимых параметров он отражает загруженность каждой секции в отдельности, при этом не учитывая влияние одной секции на другую. Последнее может быть определено как достаточно большая погрешность в значительной степени снижающей эффективность прогнозирования образования пробок [38].

В свою очередь комплекс ANetEditor позволяет оценивать как результаты моделирования по каждой секции в отдельности, так и рассматривать «пробку» как единое целое, т.е. в данном случае присутствует влияние одной секции на другую, что позволяет комплексно анализировать систему образования пробок, как единое целое, тем самым в значительной степени повышая эффективность прогнозирования.

Следует отметить также, что, в отличие от Aimsun, ANetEditor экономически более целесообразен в плане дешевизны, а также к его достоинству можно отнести возможность изменения функции визуализации.

Вывод главы три

В третьей главе были рассмотрены программно-технические средства проектирования систем городского пассажирского транспорта.

Предложены программные пакеты, которые обеспечивают:

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		56

- оценку уровня транспортной доступности городских районов, выявление проблемных зон в транспортной сети, обеспеченность видами транспорта;
- учет комплекса аспектов функционирования остановки: подход пассажира на остановку, ожидание, выбор вида транспорта и маршрута следования, загруженность транспортных средств;
- обоснование принимаемых решений по оптимизации работ подвижного состава: выбор вид транспорт для работ на определенном маршруте, режимов работ транспорта;
- оптимизация интервалов движения по часам суток, обоснование выбора подвижного состава для маршрута;
- расчет в соответствии с установленными тарифами величины прибыли по маршруту, в соответствии с выбранным видом и маркой подвижного состава.

Сконструированная и реализованная имитационная модель остановок для оценки показателей транспортной сети города (времени ожидания пассажиров начала обслуживания) обеспечивает проведение анализа влияния следующих параметров маршрутной сети на качество обслуживания пассажиров:

- вместимость транспортных средств;
- коэффициент загруженности транспортных средств;
- интервал движения транспортных средств, в том числе учитывается диапазон изменения интервалов;
- величины критического времен ожидания;
- приоритет выбор транспортного средства (по критерию стоимости проезда);
- параметр пассажиропотока.

Разрабатывают оптимизационную модель для определения рационального сочетания вида и количества транспорта, позволяющая обосновать экономическую целесообразность маршрута в целом.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						57
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ПРАКТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СИСТЕМАМИ В ГОРОДАХ РОССИИ.

4.1 История общественного транспорта в городе Екатеринбург

Общественный транспорт критически важен для благополучия крупного города. Во многих мегаполисах мира уже давно сделали ставку на дестимулирование использования автомобиля (и главная причина этого не экология, а нехватка дорожного пространства) и развитие инфраструктуры для приоритетного движения автобусов, трамваев и иногда троллейбусов.

В Екатеринбурге до сих пор ведутся споры о том, какой способ перемещения должен быть главным.

Любые аргументы любителей личного транспорта распадаются, причина этому математика и реальный опыт: темпы дорожного строительства никогда не опередят рост автомобилизации [13]. Чем больше дорог строится, тем больше образуется транспорта, чтобы заполнить их. Провозные преимущества нового полотна сходят на нет в течение месяцев, если не недель. Иногда новые дороги действительно снижают остроту проблемы пробок на некоторых участках, но в большинстве случаев пробки просто перемещаются в другие места. Установлено, что ввиду особенностей автотранспорта, ввиду особенностей его эксплуатации, увеличивается в местах ввода новых участков дорог, загружая их при этом до предела.

Рост автомобилизации, неразвитая инфраструктура общественного транспорта, неупорядоченные схемы его движения ведут к коллапсу, низкой доступности городских сервисов и возможностей.

Екатеринбург обладает развитой сетью общественного транспорта (трамвай, троллейбус, автобус, маршрутное такси, городская электричка, а также метрополитен). Сеть общественного транспорта с 1991 года заметно увеличилось: стало больше троллейбусных маршрутов, появились коммерческие автобусы и маршрутные такси [33]. Проблемой города является недостаточная продолжительность метрополитена: построена только одна линия, пересекающая

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		58

город с севера на юг. Другие линии не строятся в виду отсутствия финансирования. Стоимость разового билета на общественный транспорт в Екатеринбурге заметно выше, чем в большинстве других городов России — 28 руб. (с 1 февраля 2017 года).

В Екатеринбурге представлены практически все виды городского транспорта. Общий объём перевозок пассажиров всеми видами транспорта ежегодно снижается. Если в 2002 году годовой пассажиропоток муниципального транспорта составлял 647,1 млн человек и по этому показателю город с большим отрывом занимал в стране третье место, то по итогам 2008 года этот показатель составил 412 млн человек (четвёртое место в России). Основными причинами снижения объёма перевозки пассажиров являются увеличение количества личных автомобилей, а также перегруженность автотранспортом центральных улиц города, что значительно затрудняет скорость передвижения общественного транспорта. Положительная тенденция увеличения объёма перевозок сохраняется только у метрополитена, как самого скоростного вида — во многом за счёт вызванной дорожными заторами низкой скорости наземного транспорта. Для связи строящегося микрорайона Академический с центром города предполагается строительство линии скоростного трамвая.

Екатеринбургское МУП «Трамвайно-троллейбусное управление» — современное транспортное предприятие с развитой инфраструктурой, осуществляющее 60 % городских пассажирских перевозок. Ежедневно на 31 трамвайных и 19 троллейбусных маршрутах выходят 544 единицы подвижного состава. Общая протяженность трамвайных путей в городе составляет 182,2 километра, троллейбусных — 157,8 километра в однопутном исчислении.

4.1.1 Действующая схема движения общественного транспорта

В Екатеринбурге разработана новая схема движения общественного транспорта. Ее можно назвать революционной. Городские чиновники готовы к экспериментам, это подтверждается тем, что конкурс на модернизацию сети в

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

декабре 2015-го выиграл не Гипрогор или НИИ генплана. В консультанты был призван американец Джарретт Уокер, выпускник Стэнфорда, более 25 лет работающий в сфере организации пассажирских перевозок.

Противники подобного решения администрации не понимали, как можно отдавать работу над транспортной схемой в руки любителей и иностранца, который и в Екатеринбурге ни разу не был. Однако власти остались непреклонны.

Проблема существующей сети: Екатеринбург обладает достаточно большим парком автобусов, трамваев и троллейбусов, однако он распределен почти по 130 маршрутам. Это в ряде случаев не позволяет достичь приемлемой частоты движения (10 минут и меньше) и снижает привлекательность общественного транспорта.

Рисунок 4 - Действующая маршрутная сеть в центре Екатеринбурга

Транспортное обслуживание организовано таким образом, чтобы соединить точки отправления и назначения напрямую, не требуя пересадок. Была проведена масса исследований, и оказалось, что наиболее производительными являются маршруты, обладающие высокой частотой, а отнюдь не те, что позволяют добраться до нужного места быстрее или без пересадки.

Другое негативное следствие наличия большого числа маршрутов — их дублирование. По центральным улицам Екатеринбурга сегодня ходят более 20 различных троллейбусов, трамваев, частных и муниципальных автобусов. В итоге

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						60
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

остановки не способны пропустить имеющийся трафик МПТ, что приводит к заторам. Водители автобусов малой вместимости пытаются обогнать друг друга в борьбе за пассажира, в то время как трамваи идут пустыми.

Третье следствие — неэффективное использование подвижного состава большой и особо большой вместимости: его заполняемость оставляет желать лучшего, в то время как транспорт малой вместимости работает с большой загрузкой. Задача состоит в канализовании транспортных потоков с распределения транспорта повышенной вместимости по магистральным направлениям и центральным улицам и вывод транспорта малой вместимости на периферию.

В результате запускается механизм циклической деградации: из-за низкого пассажиропотока у муниципальных предприятий не хватает денежных средств на модернизацию парка, они убирают самые убыточные рейсы, частота движения снижается, популярность маршрутов падает.

Рисунок 5 - Предлагаемая маршрутная сеть

С точки зрения приоритизации движения общественного транспорта в существующих условиях есть и еще одна очевидная проблема: на ряде перекрестков автобусы и трамваи могут двигаться одновременно в трех направлениях.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		61

Существующая система общественного транспорта в Екатеринбурге является результатом десятилетий инвестиций в инфраструктуру, но не слишком продуманного планирования. Ее трамвайная, троллейбусная и автобусная части создавались отдельно друг от друга, и не предполагали совместной работы. Власти города уверены, что при использовании существующих ресурсов можно значительно увеличить показатели городской мобильности.

4.1.2 Новая схема движения общественного транспорта

Чтобы описать основные принципы, заложенные в новую схему движения общественного транспорта, можно употребить всего три слова: частота, простота, полезность. Город ждет резкое сокращение маршрутов: трамвайных — с 30 до девяти, автобусных — с 80 до 39, троллейбусных — с 19 до десяти. При этом инвентарное число пассажирского транспорта останется неизменным.

Главная задача: устранить дублирование и нарастить частоту движения общественного транспорта. Глобально рассматривать систему перевозок как связанную сеть маршрутов, каждый из которых получает пассажиров от другого. Таким образом, люди могут быстрее добраться до точки назначения.

Джарретт Уокер приводил пример: последний вечерний рейс, как правило, возит очень мало людей, он совершенно нерентабелен. Однако если его убрать, упадет заполняемость нескольких предыдущих. Причина — сомнения людей в том, что общественный транспорт по вечерам будет работать качественно.

Результатом внедрения новой схемы должно стать радикальное изменение характера высокочастотной сети (сегодня она в основном представлена автобусами малой и средней вместимости, которые имеют очень ограниченную провозную способность и стоят в одних пробках с машинами). Например, в пределах 500 метров от остановок трамвая, ходящего не реже чем раз в 10 минут, и метро будет жить и работать около 700 — 720 тыс. человек (сейчас — 110 —

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		62

120 тысяч). Малые и средние автобусы в новой сети будут использоваться только на периферии. За счет этого будет приведен в соответствие спрос на транспортные услуги и подвижной состав. В новой сети лишь 3% горожан будет жить вне зоны доступа высокочастотных маршрутов, сегодня их доля составляет 14%.

Через два года после внедрения новой схему движения МПТ доступ людей к скоростным маршрутам, обслуживаемым подвижным составом большой вместимости, значительно вырастет.

Диаграмма 2 – Двухлетний план



Еще один результат— увеличение доступности ключевых точек притяжения. По итогам изохронного анализа сегодня до центра Екатеринбурга (район цирка) в течение 30 минут могут добраться 553,5 тыс. жителей, после модернизации системы движения транспорта показатель должен вырасти до 646,3 тысячи (плюс 16%). На 13% увеличится 30-минутная доступность железнодорожного вокзала.

Более заметный эффект от новой сети ощутит ряд отдаленных районов.

Таблица 6 – Сравнительный анализ

Отдаленные районы	Число пассажиров	
	До модернизации	После модернизации
ЖБИ (микрорайон, расположенный в восточной части Екатеринбурга) за полчаса	80 000	105 000
Уралмаш (северная оконечность города)	158 500	275 400
ВИЗ (западная часть)	81 700	131 00

Эти цифры могут еще вырасти, если обеспечить общественному транспорту приоритет (выделенные полосы по всему маршруту движения, пересмотр режима работы светофоров).

Эффект, на который надеются городские власти — сокращение издержек за счет более эффективного использования подвижного состава и роста пассажиропотока. Сегодняшняя маршрутная сеть стоит около 7,5 млрд рублей. Выручка транспортных предприятий — в среднем 3 млрд рублей. Разрыв свыше 4 млрд рублей по новому закону должен компенсировать город. Таких возможностей у них нет. Поэтому актуализация транспортной сети — вопрос крайней актуальный.

Точная стоимость внедрения схемы пока неизвестна. Она примерно составит несколько десятков миллионов рублей. 40% средств пойдет на создание системы навигации по новой сети.

Идеологически новый подход к организации общественного транспорта в Екатеринбурге выглядит исключительно удачным. Однако без реализации ряда условий эта идея потерпит неудачу. Первое из них — формирование комфортных пересадочных узлов. Сегодня в Екатеринбурге таковых практически нет. Одноименные остановки трамвая, автобуса или троллейбуса могут находиться в 200 — 400 метрах друг от друга. О теплых местах ожидания транспорта (они актуальны на периферии, где горожане будут пересаживаться с высоко-

низкочастотный транспорт) речи не идет. Этот элемент инфраструктуры явно требует модернизации.

Идея пожертвовать прямыми маршрутами в пользу увеличения скорости перемещения будет вполне оправданной. И даже климатический фактор (пересадки в минус 20 или минус 30) не может всерьез рассматриваться как аргумент против: суммарное время ожидания транспорта на улице за счет роста частоты его движения сокращается. Кроме того, анализ использования «Е-карт» (электронный проездной) показывает, что сегодня достаточно много екатеринбуржцев ездят с пересадками.

Второй момент — изменение системы оплаты проезда. Сегодня в Екатеринбурге действует модель, при которой пассажир оплачивает каждую поездку. Очевидно, что для новой схемы движения транспорта она не подходит. Нужны билеты, действующие определенное количество времени (час или полтора — вопрос открытый). Пока никаких расчетов их возможной стоимости не проводилось.

Третий момент — пересмотр взаимоотношений с частными перевозчиками, чей парк в основном представлен автобусами средней и малой вместимости.

Сегодня в городе действует несколько феодальная система распределения маршрутов: частнику выдается линия, которая обязательно объединяет центр и окраины. В их схеме небольшие автобусы используются только на подвозящих до магистральных маршрутов. Но возникает проблема рентабельности. Ее можно решать двумя путями. Лучший — плата за транспортную работу, то есть перевозчик получает от муниципалитета деньги за то, что совершил определенное количество рейсов с определенной частотой на определенном подвижном составе. Выручка от проданных билетов, в этом случае, либо становится бонусом частной компании, либо перечисляется в муниципалитет. Другой путь — субсидии. Но этот метод менее предсказуем и более сложен.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

Реализацию новой схемы движения планируется внедрить в Екатеринбурге летом 2017 года в один день.

Для жителей города — это будет неожиданностью. Сеть работает как единое целое. Поэтапное внедрение ее элементов невозможно. Даже если бы придумали, как растянуть процесс, то он заметно вырос бы в цене и был бы куда более неприятен горожанам. Лето выбрано не случайно — существенная часть жителей находится в отпусках, студенты и школьники — на каникулах. К осени, когда спрос на общественный транспорт вырастет, система движения уже будет отлажена.

Новая маршрутная сеть — это большой шаг вперед для Екатеринбурга, но нельзя останавливаться. Нужно серьезно работать над проектированием выделенных полос, оптимизацией светофорных фаз, заниматься микромоделированием перекрестков. К сожалению, в России такой практики на сегодняшний день очень мало.

4.2 История общественного транспорта в Москве

Москва с 12-миллионным населением является крупнейшим транспортным узлом России. Весьма важное место в составе функционирующей в городе транспортной системы занимает общественный транспорт, на котором совершается более 14 млн поездок в сутки (в год — более 5 млрд поездок). Более половины из них обеспечивает Московский метрополитен, имеющий развитую сеть линий, которые, однако, работают на пределах своих проектных мощностей. По интенсивности движения поездов Московский метрополитен является одним из самых напряжённых в мире (в 2013 году он занимал 5-е место во всём мире и 1-е — в Европе).

В Москве действует разветвлённая сеть маршрутов автобусов, троллейбусов, трамваев, маршрутных такси. На конец 2014 года подвижной состав ГУП «Мосгортранс» насчитывал около 6 тыс. автобусов, 1,5 тыс. троллейбусов и 920 трамваев, которые обслуживали 800 маршрутов: 668

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

автобусных, 88 троллейбусных и 44 трамвайных. В начале 2016 года общая длина маршрутной сети составляла 9020 км, а в структуре Мосгортранса имелось 17 автобусных и 7 троллейбусных парков, Филевский и Новокосинский автобусно-троллейбусные парки, 5 трамвайных депо.

Общественный транспорт снижает нагрузку на экологию Москвы со стороны частного автотранспорта.

Большая часть наземного городского транспорта находится в ведении ГУП «Мосгортранс» с 31 июля 1958 года, когда решением Мосгорисполкома было образовано Управление пассажирского транспорта Москвы (УПТМ) посредством слияния действовавших на тот момент управления пассажирского автотранспорта и Трамвайно- троллейбусного управления. Основная часть маршрутов в Зеленограде обслуживаются Зеленоградским автобусным парком в составе ГУП «Мосгортранс» (до 2004 года — ГУП «Зеленоградский автокомбинат»). Новомосковский и Троицкий округа в значительной степени также обслуживаются ГУП «Мострансавто» Московской области.

Действуют экспериментальные программы скоростного автобуса (с осени 2011 года, на конец 2013 года 6 маршрутов) и ночных маршрутов транспорта (с осени 2013 года, на зиму 2013 года 6 маршрутов автобуса, 2 — троллейбуса, со временем планируется значительное увеличение количества таких маршрутов.

В городе также действуют лёгкое метро, монорельсовая дорога, маршрутные такси, такси, электропоезда-«аэроэкспрессы» до аэропортов, городские поезда, а также предполагается организация скоростной транспортной системы (СТС-скоростной трамвай). На Воробьёвых Горах функционирует кресельная канатная дорога (планируется строительство ещё одной над Химкинском водохранилищем), а на Живописном мосту будет действовать так называемый лифтовой фуникулёр.

Пригородный транспорт Москвы представлен электропоездами, автобусами, речными судами.

С 1 августа 2013 года Москва разделена на две тарифные зоны.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

- Зона А: «старая» Москва (границы по состоянию до 1 июля 2012 года) и Новомосковский округ;
- Зона Б: Троицкий округ, Зеленоград и Рублёво-Архангельское.

Стоимость внутри одной зоны приравнена к старому общему тарифу, а между зонами проезд возможен по Единому билету или за 45 рублей. Это означает значительное удешевление тарифов (до 5 раз) для жителей «Новой Москвы». При этом в зоне Б действуют не все виды проездных (в том числе не действуют «Тройка» и «90 минут»), а билеты имеют свою окраску и несовместимы с билетами внутри зоны А. Также введена переходная зона на границе зон А и Б со своим цветом билетов.

Также выпускаются проездные билеты, у которых стоимость одного проезда уменьшается с ростом количества поездок или срока действия.

4.2.1 Новый проект системы МПТ «Магистраль»

Первые прототипы проекта системы МПТ «Магистраль» начали создаваться в Москве еще в 2012 году. Город заказал тогда проработку транспортной системы, тогда и было предложено пустить маршруты через центр города и поделить их на разные категории. Тогда решили, что из этой идеи ничего не выйдет.

Четыре года спустя ситуация изменилась. В октябре 2016 года запустили первую очередь маршрутов, а последняя очередь сети «Магистраль» будет запущена в 2017 году.

Новых маршрутов в рамках проекта практически не будет: большинство — это в той или иной степени измененные уже существующие рейсы.

Основных нововведений два.

1. Все маршруты будут проходить через центр, даже если раньше пересекали границу ЦАО по касательной.
2. Вводятся три категории маршрутов: магистральный, районный и социальный.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						68
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Магистральных маршрутов всего семнадцать, десять из них обозначаются буквой М и порядковым номером. Как минимум первые два месяца после запуска такие автобусы будут ходить с двумя номерами, новым и старым, на основе которого был придуман магистральный путь следования. Магистральные маршруты — самые длинные, они выходят из окраинных районов в одной части Москвы, пересекают центр и выходят к спальным районам в другой части города. Например, по маршруту «м1» (бывший Т1) можно будет доехать от улицы Кравченко по Ленинскому проспекту через Тверскую и Ленинградский проспект до больницы МПС. Маршрут «м3» позволит добраться от «Лужников» до метро «Семеновская» через Пречистенку и Покровку. Троллейбусные маршруты №33, 62 и 84 объединили в маршрут «м4», который теперь будет следовать от кинотеатра «Ударник» до Озерной улицы на юго-западе города.

Магистральные маршруты будут ходить чаще всего, каждые 5–10 минут, и должны стать полноценной альтернативой метрополитену. Для девяти магистральных маршрутов будет организован своеобразный единый пересадочный узел на Лубянской площади, для каких-то автобусов эта остановка будет конечной, а для каких-то придется на середину маршрута.

Кроме того, магистральными по факту, но не по номеру можно будет считать три трамвая, два экспресс-маршрута, один «буквенный» автобус и один «буквенный» троллейбус. Магистральные трамваи — это маршрут «А» (от «Чистых прудов» до «Октябрьской»), №3 (от «Чистых прудов» до Балаклавского проспекта) и №39 (от тех же «Чистых прудов» до «Университета»).

Два экспресс-маршрута (№144 и №904) были немного изменены. Оба будут отправляться от «Китай-города», проходить через Охотный Ряд, Театральную площадь и Лубянку. Далее №144 следует по Ленинскому проспекту до Теплого Стана, а №904 — по Ленинградскому проспекту в Митино. Что касается «буквенных» маршрутов, то речь идет прежде всего о знаменитой «Букашке» — троллейбусе «Б», который продолжит курсировать привычной трассой по Садовому кольцу.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

Новый маршрут автобуса «А» — частично повторяет трамвайный маршрут, существовавший в Москве в начале XX века. С 8 октября он будет ходить от площади трех вокзалов до стадиона «Лужники», охватив западную часть Бульварного кольца от Трубной площади до Кропоткинской. За восточную часть бульваров, как уже упоминалось выше, будет «отвечать» трамвай «А».

Районные маршруты не такие востребованные среди пассажиров, как магистральные, поэтому они будут ходить немного реже, раз в 10–15 минут. В интервальности и кроется основное отличие районных маршрутов от магистральных. В остальном районные маршруты точно так же будут проходить своим путем по центральным улицам, но по протяженности они меньше, чем магистральные. Районную категорию получили восемь троллейбусных и семь автобусных маршрутов, они будут обозначаться голубыми табличками.

Их номера не поменяются, но некоторые улицы, по которым они следуют, будут другими. Это сделано для того, чтобы транспорт не делал лишние петли и максимально быстро шел к цели.

Социальные маршруты - их главная задача не максимально быстро доставить пассажиров в центр, а объехать по пути максимальное количество социально значимых мест, то есть поликлиники, МФЦ, управы, собесы и так далее. Они ходят еще реже, чем районные. Социальные маршруты, обозначаемые розовым цветом, будут ходить раз в 20–30 минут.

Как и магистральные, и районные маршруты, социальные маршруты будут либо заезжать в центр из спальных районов, либо ходить непосредственно по центральной части Москвы.

Ночные маршруты практически не изменятся, разве что Н1, Н2, Н3, Н4, Н5 и Н6 теперь будут останавливаться в одном месте — на Славянской площади у метро «Китай-город». Остальные ночные маршруты останутся такими же, что и раньше, как и интервал их движения — раз в 30 минут.

В мэрии предполагают, что запуск проекта «Магистраль» повысит популярность наземного общественного транспорта и разгрузит центральные

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						70
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

станции метрополитена. В центре города появится регулярно курсирующий транспорт, который дает возможность жителям Центрального округа и пассажирам, которые работают в центре, добираться до места назначения, не затрачивая время на дорогу до метро, спуск под землю и пересадки между линиями. Оптимизация и спрямление маршрутов позволят сократить средний интервал движения на центральных маршрутах более чем в два раза.

Чтобы наземный транспорт не терял время, для них откроются выделенные полосы.

В департаменте транспорта считают, что схема организации дорожного движения сделана так, чтобы задержки личных автомобилей из-за этого были минимальными.

Согласно концепции новой транспортной сети «Магистраль» 73% горожан, передвигающихся по городу, должны пользоваться общественным транспортом. И один из самых важных приоритетов в их работе — обеспечение комфортного передвижения общественного транспорта.

Эксперты считают, что организация дополнительных полос не приведет к существенному росту пробок — им просто негде будет образовываться, тем более что в последние годы многие улицы в центре Москвы и так были сильно сужены. Чем шире становится проезжая часть, тем больше автомобилистов решают ехать по этим дорогам. Чтобы вместились все автомобилисты, нужно заасфальтировать 60%, а это невозможно. Когда улица сужается, в том числе за счет выделенных полос, автомобилисты довольно быстро отказываются от личного транспорта в пользу общественного.

После запуска проекта системы МПТ «Магистраль» в заторах будет находиться только личный автотранспорт, тогда как общественный транспорт сможет проехать.

Передвигаться именно по центру Москвы на личном транспорте нет потребности, так как сложно найти парковочное место, постоянно придётся стоять в заторах, так что, возможно, автомобилисты и сами переседут на

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						71
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

общественный транспорт и пробок станет меньше. А с запуском проекта общественный транспорт будет пущен там, где не ходил последние годы, например по южной части Петровки.

4.2.2 Недостатки проекта

Есть у проекта и ряд недостатков. Один из основных — это то, что схему движения существенно переделали, и пассажирам теперь придется привыкать к новым номерам, новым интервалам и новым маршрутам, какими бы удобными те ни оказались в итоге. На остановках обещают вывешивать новые схемы с подробными разъяснениями, но несколько месяцев путаницы будут.

Появятся маршруты с одинаковыми номерами: с буквой «М» и без буквы «М». Например, будет автобус №4 и №м4. Систему нумерации нужно упростить, иначе люди будут путаться. Похожие маршруты - сохранить прежние номера. Кроме того, лучше будет, если каждый маршрут наземного транспорта в Москве обозначался одной уникальной цифрой. Сейчас в городе не более тысячи маршрутов, и цифр должно хватить на каждый из них.

В то же время обозначать маршруты и буквами, и цифрами правильно. Так сразу можно понять, часто ли ходит автобус по этому маршруту или нет, то есть пассажир уверен в регулярности автобусов так же, как в поездах метро. Подобная система нумерации введена, например, в Нью-Йорке и Берлине. Причем берлинцы знают систему автобусных маршрутов наизусть, как москвичи знают схему метрополитена.

По словам эксперта, до сих пор, пока маршруты в Москве были только пронумерованы, люди не понимали, как часто они ходят. К тому же сама схема движения была запутанной сетью: маршрут может идти по проспекту, а потом повернуть во дворы и пропасть. Движение в центре города было полностью разрушено, когда было введено одностороннее движение вокруг Кремля.

«Магистраль» — это большой шаг вперед для городского транспорта, однако есть необходимость дальнейшего совершенствования системы. Следовало

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

бы меньше маршрутов заканчивать в центре. Не многие пассажиры решаться поехать с пересадкой через центр, для этого у них есть метро. Также стоит запускать прямые автобусы, которые ездят по маршрутам, отличным от метро. Такой маршрут смотрелся бы очень правильно.

Вопросы также вызывает и потенциальная востребованность новой системы среди пассажиров. Специально под «Магистраль» пустят дополнительные автобусы, троллейбусы и трамваи, всего 370 единиц транспорта. После запуска маршрутной сети будет вестись постоянный мониторинг загруженности маршрутов и подвижного состава.

4.3 Сравнительный анализ схем общественного транспорта города Екатеринбурга и проекта «Магистраль».

За последние годы российские города пережили не так много попыток реформировать местные системы общественного транспорта.

Таблица 7 - Сравнительная таблица

Критерии	Москва	Екатеринбург
Автор методологии	Джарретт Уокер	
Масштаб работы	Изменить маршрутную сеть в центральной части Москвы, в пределах Садового кольца.	Весь город
Интересы жителей	Не обсуждалась с общественностью	Учитывались косвенным образом

Интересы жителей	Не обсуждалась с общественностью	Учитывались косвенным образом
Информированность пассажиров	Большой и понятный раздел на сайте мэрии Москвы, плакаты на остановках, которые рассказывают о том, как ездят новые маршруты, аудио объявления в общественном транспорте.	Люди не понимают, в чем состоит реформа, им сложно ориентироваться в новой карте, сложно понять, как им куда добираться. Должны быть люди, которые делают ее, разъясняют, проводят общественные собрания, но их нет.
Логика проекта	Как можно меньшим числом часто ходящих маршрутов, позволять, как можно большему количеству людей добираться в как можно большее количество мест. Маршруты ввиду небольшого интервала будут пользоваться у населения репутацией надежных.	

Между проектом «Магистраль» и проектом в Екатеринбурге есть большая разница с точки зрения масштабов. Перед «Магистралью» стояла задача изменить маршрутную сеть в центральной части Москвы, в пределах Садового кольца. Это достаточно небольшая территория даже по екатеринбургским масштабам. Внутри нее нужно было предусмотреть схему движения автобусов.

Но решение это было достаточно важным, поскольку речь шла о центре города. Москва устроена радиально-кольцевым образом, и на центральном кольце в 1992 была пересмотрена схема организации движения. По итогам этого пересмотра движение по кольцу было закручено в одну сторону и все

центральные автобусы были подчинены такой схеме. Если для движения автомобилей новая схема и могла быть в чем-то лучше, чем старая, то автобусы просто стали ездить вокруг Кремля. Для пассажиров это было неприемлемо, поскольку такая схема не позволяла добраться ниоткуда никуда. В результате большинство автобусов возили воздух, и привлечение любого количества пассажиров сверх этого можно было считать успехом новой сети.

Ситуация в Москве была проще, чем в Екатеринбурге, поскольку работали с одним перевозчиком. Все автобусы большой вместимости, троллейбусы и трамваи в городе принадлежат ГУП «Мосгортранс», и не было проблемы организовать перевозчиков, что-то решать с тарифами. Речь шла только о реконфигурации маршрутной сети в центральной части города, и где-то в течение четырех-пяти месяцев эту работу сделали.

Также уже есть виденье развития сети до 2018 года: где-то около 20% решений не удалось внедрить сразу, поскольку на нескольких улицах нужно полностью менять схему организации движения — делать из односторонних улиц двусторонние, ставить светофоры, организовывать выделенные полосы, и это достаточно большая работа. Если ничего не поменяется, то эти решения будут внедрены до конца года.

«Магистраль» не обсуждалась с общественностью, с одной стороны, когда работаешь в городе, где население больше 12 млн человек, опросить их достаточно сложно. При этом, в отличие от Екатеринбурга, было очень малое понимание того, что люди в центре делают, и эти данные нужно было как-то собрать. В результате интересы жителей учитывались косвенным образом. У мэрии Москвы есть большой объем сотовых данных, по которым могли видеть, где люди живут, где они работают. И просто предоставить им более удобную возможность передвижения, чем у них была.

В Екатеринбурге проходят протесты против новой транспортной сети. Транспортная система, как она есть сейчас, все же позволяет добраться из точки А в точку Б. С неудобствами, с некоторыми пересадками, где-то переплачивая за

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		75

проезд, но свою миссию транспортная сеть выполняет. Система МПТ в центре Москвы была устроена таким образом, что из одной точки в другую передвигаться можно было только пешком. Автобусы были настолько бесполезны, что они просто возили воздух. Соответственно, и опрашивать было особо некого.

У общественности были отдельные вопросы, и их достаточно много, но они решаются в рабочем режиме: можно позвонить в call-центр, оставить заявку на сайте, написать письмо и так далее. Дорабатывать отдельные нюансы системы проще, чем опрашивать всех заранее. Кому-то не понравилось, что изменился конкретный маршрут, у кого-то есть вопросы к стабильности движения транспорта.

Когда маршрутный транспорт был практически бесполезен, нареканий к сети практически не было. Когда сеть стала действительно полезной и удобной и люди стали массово ей пользоваться, они начали жаловаться на то, что транспорт долго идет из-за пробок или, например, приходят сразу по двое.

Эти проблемы существуют во всех городах, сейчас департамент транспорта работает над созданием новых выделенных полос.

В Екатеринбурге достаточно скептически относятся к идее, что общественный транспорт будет ходить в интервале 5-7 минут. Если встать в Екатеринбурге на какой-нибудь остановке, где проходит несколько маршрутов общественного транспорта, и посчитать, сколько автобусов-троллейбусов-трамваев проехало мимо, можно увидеть, что их там очень много. Когда уменьшается количество маршрутов, уменьшается сложность сети. Суть реформы **в Екатеринбурге в том, чтобы примерно тем же количеством подвижного состава** обслуживать меньшее количество маршрутов. В итоге каждый отдельный маршрут будет ходить чаще.

В Москве была достаточно большая информационная кампания: плакаты на остановках, аудиообъявления.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		76

Основная проблема сети в Екатеринбурге в том, что люди не понимают, в чем состоит реформа и что конкретно произойдет для них, им сложно ориентироваться в новой карте, сложно понять, как им куда добираться.

Методология Джарретта Уокера помогает на 80-85% построить правильную сеть.

Вопрос расчёта пассажиропотока по пока несуществующим маршрутам рассматривается поверхностно. В Москве прогнозируют потенциальный пассажиропоток, но это достаточно общая оценка.

Проблема подобных прогнозов заключается в том, что они всегда основаны на каких-то принятых допущениях, а между допущениями и фактами есть большая разница.

Логика проекта — и московского, и екатеринбургского — маршрутная сеть проектируется таким образом, чтобы как можно меньшим числом часто ходящих маршрутов позволять как можно большему количеству людей добираться в как можно большее количество мест. Если строится маршрутная сеть таким образом, получается на выходе максимально эффективное решение, и каким бы пассажиропоток ни был до реформы, после реформы он будет расти.

Использовались при планировании множество наборов исходных данных. Собирали данные о поездках по автоматизированной системе контроля оплаты проезда, как это сейчас есть и в Екатеринбурге, — с той лишь разницей, что в Москве любой пассажир прикладывает билет к считывателю и поездка фиксируется в системе. Были данные GPS-трекинга, которые позволяли учитывать проблемные участки, где общественный транспорт стоит в заторах или возможно затруднение движения.

Что касается перепроверки результатов, то максимальный результат от подобных проектов достигается где-то через год. Когда в Москве открывается новый участок метро, что в последнее время происходит довольно часто, первый год он, как правило, возит воздух, там никого нет.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						77
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Людам нужно время, чтобы адаптироваться, перестроить свои поездки. Даже если новый вариант гораздо быстрее чем тот, которым они пользовались раньше, люди все равно ездят по старинке, по инерции. В Москве наблюдается взрывной рост пассажиропотока, порядка 125 тыс. дополнительных посадок в рамках «Магистральной» в день, и это не окончательная цифра. Это то, что имеется по итогам двух-трех месяцев работы сети. Говорить о каких-то окончательных цифрах нужно будет ближе к лету. Но пока то, что наблюдается, — люди пользуются, тренд положительный и все оправданно. Люди добираются до пункта назначения на общественном транспорте, их становится с каждым днем больше.

В Екатеринбурге рост пассажиропотока в абсолютных цифрах будет гораздо более скромный, чем в Москве, потому что в городе уже есть достаточно развитая сеть общественного транспорта, но рост должен быть.

В общемировой практике есть подход, связанный с транспортным моделированием, когда создается модель, вносятся туда имеющиеся данные и смотрят, как реагирует транспортное поведение людей на инновации. Но такие модели очень требовательны к качеству исходных данных, и этот момент является основной слабостью. Есть данные полные, есть неполные, есть данные высокого качества и весьма приблизительные. Всегда нужно понимать, какие данные были использованы, как они добывались, какие есть погрешности. Транспортная модель – достаточно сложный инструментарий, и на выходе это может привести к тому, что на каком-то этапе, произойдет сбой в системе. Это возможно, но это не самый эффективный способ работы.

Методология Джарретта Уокера позволяет имея достаточно ограниченный набор исходных данных — структуру города, распределение жителей и рабочих мест, улично-дорожную сеть города и пассажиропотоки, — на 80-85% построить правильную сеть, которая будет максимально полезна для наибольшего количества людей. Эта методология работает, что подтверждается и личным опытом самого Джарретта Уокера. Она хороша тем, что основана на геометрии, а геометрия работает во всех местах одинаково. Транспортные модели в условиях

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

ограниченного количества исходных данных, как правило, таким достоинством не обладают.

4.4 Новый проект системы МПТ в городе Челябинск

Общественный транспорт города Челябинска представляет собой автобусами большой вместимости, троллейбусами, трамваями и автобусами малой вместимости. Подвижной состав автобусной системы был полностью обновлён к 2012 году, однако из-за финансовых проблем происходит постоянное сокращение автобусных маршрутов и увеличение интервала у некоторых маршрутов.

Челябинский электротранспорт в данный момент запредельно изношен: 97% трамваев и 90 % троллейбусов выработали свой срок и подлежат списанию.

В связи с плачевным состоянием муниципального транспорта, доля частных перевозок (автобусами малой вместимости) составляет 70 %.

Сегодня власти города Челябинска рассматривают новую городскую маршрутную сеть, которую разработал Институт генерального плана и транспорта.

Разрабатывая новую маршрутную сеть, перед разработчиками стояли главные задачи:

1. Предоставить больший приоритет электротранспорту.
2. Снизить загруженность центральных улиц.
3. Убрать дублирование маршрутов.
4. Решить вопрос с соблюдением расписания.

Согласно исследованию, которое было предоставлено городским управлением транспорта, трамвай является выгодным транспортом. Так в новой схеме рассчитывают, что этот вид транспорта увеличит пассажиропоток в 2 раза.

Из-за увеличения количества машин в последние годы изменились светофорные циклы. Раньше они были настроены под движение трамваев, на сегодняшний момент под личный автотранспорт. В качестве эксперимента

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		79

планируется ввести участок приоритетного движение трамваев на одной из самых загруженных линий - по ул. Цвиллинга.

Проблема троллейбуса в том, что людям приходится долго стоять на остановке (троллейбусы ходят с большими интервалами). Разработчики считают, что троллейбусы могут перевозить в 3 раза больше пассажиров. Но этих показателей можно достигнуть только при уменьшении интервала движения (вместо 15 минут, максимум 8).

С автобусами расчеты показали, что если на некоторых маршрутах заменить подвижной состав большой вместимости на средний, маршрут перестанет быть убыточным.

В Челябинске в сутки совершается 1 млн 100 тыс. поездок. 70% из них приходится на автобусы малой вместимости. Но им также не достаточен пассажирооборот. Им будет предложена альтернатива – встать на линии, по которым ходят нерентабельные автобусы большой вместимости.

Новую маршрутную сеть можно назвать «эволюционной». Транспортная сеть города Челябинска не готова обрывать длинные маршруты, а пассажиры не одобряют увеличение количества пересадок. В то время как подобные меры практикуются во всех городах-миллионниках.

В идеале должна работать система пересадочных узлов, как в Екатеринбурге, но в Челябинске этих узлов нет. Поэтому прямо сейчас радикально изменить схему невозможно. Если развивать пересадочные узлы, снижать издержки транспортников, что благополучно скажется на экономике предприятий и улучшит качество подвижного состава. В итоге преобразится не только транспорт, но и облик города.

Вывод по главе четыре

В четвертой главе были рассмотрен опыт практики управления транспортными системами в городе Екатеринбург, Москва и Челябинск.

В России проектов по комплексному развитию маршрутных сетей было немного. Предыдущий проект был реализован в Казани, при этом город делал

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		80

качественно такой же рывок, который делает сейчас Екатеринбург. Вместо большого количества маршрутов Казань получила большое количество новых автобусов, число малых и средних автобусов значительно упало, а число маршрутов существенно сократилось. Нет точных данных, насколько эффективнее стала работать эта сеть, но эта сеть успешно запустилась и сегодня работает. Хотя методологически она шла несколько иным способом. Методология Джарретта Уокера хорошо подходит именно Екатеринбургу и тот документ, который получился на выходе — одно из лучших решений в области планирования городского транспорта, которое случилось в России.

Новая маршрутная сеть — это большой шаг вперед для Екатеринбурга, но нельзя останавливаться только на этом. Одним изменением схемы всего и сразу не добьешься, нужно серьезно работать над проектированием выделенных полос, оптимизацией светофорных фаз, заниматься микромоделированием перекрестков — это огромный объем работы, и в России такой практики на сегодняшний день очень мало.

В Москве только идут первые шаги в этом направлении. Но сегодня выделенные полосы не воспринимаются как нечто особенное, это обычный элемент транспортной инфраструктуры, и внедрять их с каждым годом становится все быстрее и проще. Москва готовится к внедрению адаптивных светофоров и ряда других решений. Это мировая практика, в ближайшее время это и московская практика, и екатеринбургская.

В Челябинске также первые шаги к преобразованию транспортной сети. Челябинск стремится развивать пересадочные узлы, снижать издержки транспортников, что благополучно скажется на экономике предприятий и улучшит качество подвижного состава. Все разработки проводились при помощи ПО по моделированию транспортных потоков МПТ, разработанными транспортникам.

На сегодняшний момент транспортную сеть проектирует градостроитель, а маршрутную сеть проектирует и эксплуатирует специалисты в области

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		81

транспорта, то есть в их транспортников, нет градостроительной составляющей, что мы и предлагаем внедрить посредством ГИС, о чем и будет рассказано в главе 5.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		82

ГЛАВА 5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ ГОРОДОВ

Не нарушая процесс моделирования транспортных потоков методами транспортников, сбор данных можно конкретизировать: изучить расселение населения как начальную стадию формирования пассажиропотоков при помощи топографических карт.

5.1 Сбор данных

Для решения различных задач многочисленными потребителями применяются электронные карты. Топографические, специальные и тематические электронные карты объединяются в систему электронных карт. Входящие в нее векторные и растровые электронные карты используются для решения расчетных и информационных задач, анализа, моделирования, отображения обстановки и местности [26].

В данной выпускной квалификационной работе в качестве исходных данных использовалась электронная цифровая карта микрорайона города Челябинска.

Электронная цифровая карта представляет собой оцифрованные в ГИС «Panorama» жилые многоквартирные строения.

Рисунок 6— Фрагмент электронной цифровой карты микрорайона города Челябинска

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		83

Для упрощенной работы с оцифрованными строениями они разбиты на классы, согласно семантическим характеристикам.

В семантической базе данных хранится описание каждого объекта, информационно связанных друг с другом. Информация заносится пользователем.

Объекты в данной выпускной квалификационной работе разделены по таким семантическим характеристикам, как:

1. Тип строения;
2. Этажность строения (9,10,16 этажей);
3. Количество подъездов;

Выше перечисленные параметры заносились в семантическую базу данных.

Рисунок 7 – Семантические данные отдельного строения.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		84

5.2 Источники атрибутивной информации

В данной выпускной квалификационной работе источниками атрибутивной информации для заполнения семантических данных служили спутниковые актуальные снимки масштаба 1:2000, полученные из справочной системы открытого пользования SAS Planet. Данный источник применяется для уточнения типов здания и определения характеристик: число подъездов строения, этажности, что в последствии позволит перейти к численности. Данные были использованы в ПО ГИС «Panorama» в качестве подложки.

Снимок формируются в программе с привязкой (автоматически создается файл привязки .map и .tab) для дальнейшего его использования в других программных продуктах.

Рисунок 8 – Параметры формируемого снимка

Снимки, полученные из информационного источника SAS Planet, представляют собой растры.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		85

Рисунок 9 – Параметры загрузки раstra.

В качестве источников атрибутивной информации в данной дипломной работе так же были использованы:

1. Данные информационного ресурса 2ГИС (Дубль ГИС). По данным Дубль ГИС была уточнена информация относительно этажности строений.
2. Онлайн GOOGLE-карты, а именно, панорамы улиц. Данный источник использовался для определения числа подъездов, так как не всегда подгруженные спутниковые снимки обеспечивали читаемость (дешифрируемость) необходимой информации. Так же, с помощью панорамы улиц можно уточнить тип строения здания. Данная информация необходима для дальнейшего подсчета количества квартир в каждом доме.

В выпускной квалификационной работе использовались снимки GOOGLE, сформированные с привязкой с помощью справочной системы открытого пользования SAS Planet, так как они являются актуальными (съемка проведена в 2016 г) и подходят для тематического картографирования.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		86

В картографировании рассматриваемого вида не требуется высокая точность пространственной привязки жилых строений. Нам достаточно знать примерное местоположение дома в пределах квартала либо микрорайона. Таким образом, в нашем случае использовалась полиномиальная привязка. Точность геоинформационного картографирования и пространственной привязки данных, обеспеченная в моей выпускной квалификационной работе, позволяет считывать со снимков необходимые характеристики строения (чаще всего, это количество подъездов).

5.3 Исходные данные

Целью данной дипломной работы является показ возможности и технологии определения спроса общественного транспорта в проектируемом микрорайоне по оцифрованным многоэтажным жилым строениям с помощью программного обеспечения ГИС «Panorama».

Для того, чтобы посчитать численность населения конкретного дома приеи формулу формула (1):

$$Ч = Э \cdot П \cdot К \cdot Д \quad (3)$$

где Ч – численность населения конкретного дома;

Э – количество этажей в доме;

П – количество подъездов;

К – квартир на лестничной клетке;

Д – среднее число членов домохозяйства.

Данные о количестве этажей в доме были получены из информационного ресурса 2ГИС (Дубль ГИС), а так же из онлайн GOOGLE-карт, а именно, панорам улиц.

Данные о количестве подъездов были получены из справочной системы открытого пользования SAS Planet при просмотре спутниковых актуальных снимков.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

Данные о числе квартир на лестничной клетке были получены из данных сети Internet.

В ходе анализа полученных данных я разделила дома по типам и назначила каждому типу среднее число квартир на этаже для оперативной обработки результатов рассматриваемого вида картографирования расселения населения.

5.4 Планировка и застройка микрорайонов

Микрорайон — территориальная и планировочная единица городской структуры, состоящая из элементов жилой среды и учреждений общественного обслуживания (социальной инфраструктуры), характерная для планировки и застройки городов СССР и некоторых других социалистических стран. Классический микрорайон состоит из 3–4 жилых групп, каждая из которых представляет собой несколько средне- или многоэтажных жилых домов, как правило, типовых серий, выходящих в обширный общий двор с расположенным по центру детским садом (яслями). Своеобразным ядром микрорайона служит школа, обычно с небольшим стадионом на пришкольном участке [32].

Квартал – в архитектуре и градостроительстве часть территории населённого пункта, ограниченная пересекающимися улицами. Разделяются на жилые и деловые кварталы [29].

Городской квартал или просто квартал – наименьший элемент города; находится в окружении улиц и является центральным элементом градостроительства и городского дизайна. Квартал является пространством для зданий в пределах уличного рисунка города и образует основную единицу городской структуры [28].

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		88

Рисунок 10– Разделение микрорайона на зоны

Требованиям современности больше отвечают микрорайоны. Микрорайон направлен на то, чтобы жилые и общественные здания обязательно представляли собой единый ансамбль, связанный между собой архитектурно-планировочным решением. Основой композиции жилой среды является группа жилых домов.

В состав микрорайона входит несколько групп жилых домов с детскими учреждениями и блоками первичного обслуживания. В микрорайоне имеется общественный центр — ядро композиции. Микрорайон по сравнению с кварталом больше удовлетворяет требованиям правильной организации бытовых процессов, инсоляции зданий и территорий, проветриванию, защиты от шума и пыли. Микрорайон допускает функциональное зонирование, позволяющее четко организовать структуру пространства. Микрорайон значительно больше квартала по размерам.

Наилучшая организация жилого района предполагает членение его на микрорайоны. Районы сложившейся застройки допускается формировать из кварталов. Микрорайон представляет собой основную структурную единицу жилой застройки. Идеи создания микрорайонов зародились в период возникновения укрупненных кварталов Харькова, Запорожья, Санкт-Петербурга инженерами в 30-х гг. XX в.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

По данным 1972 г в микрорайоне могут проживать 10... 20 тыс. чел. и более в зависимости от величины города. Территория микрорайона определяется в границах межмагистральных территорий, отмеченных красными линиями, при обеспечении доступности для населения основных объектов обслуживания микрорайонного значения на расстоянии 500 м. В микрорайоне должны располагаться все учреждения культурно-бытового обслуживания, удовлетворяющие повседневные запросы населения.

Микрорайоны должны быть связаны с общественным центром как транспортными, так и пешеходными путями, которые по возможности должны иметь минимальное количество взаимных пересечений. Должна быть налажена надежная связь между микрорайонами и объектами общегородского центра, а также с другими элементами планировочной структуры города: промышленной зоной, зоной внешнего транспорта, зоной отдыха. Основная работа при перевозке должна приходиться на общественный транспорт. Для создания его сети определяют оптимальные расстояния от жилых домов до остановок общественного транспорта, интервалы и скорость его движения.

У жителей микрорайона есть пожелание, чтобы было несколько остановок ведущие в разные точки города.

Спроектируем движение городского автотранспорта с микрорайона по желанию жителей.

5.5 Расчет численности микрорайона на основе исходных данных программного обеспечения ГИС «Panorama»

Для примера рассчитаем численность микрорайона, разделённый на четыре зоны. В одной зоне находится восемь 10-этажных домов, в каждом доме три подъезда по 4 квартиры на этаже:

- Две однокомнатные квартиры;
- Две двухкомнатные квартиры.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						90
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Рисунок 11 – План этажа 10-ти этажного дома

Если считать, что на этаже живет по 6 человек, то получается $Ч = Э \cdot П \cdot К \cdot Д = 10 \cdot 3 \cdot 6 = 180$ человек живет в одном 10-этажном доме. Отсюда следует, что $Ч = 180 \cdot 32$ домов = 5760 человек.

Рисунок 12 - Семантические данные 10 - этажного дома

Также в каждой зоне по семь 16-этажных дома, в каждом 3 подъезда по 4 квартиры на этаже:

- Две двухкомнатные квартиры;
- Одна однокомнатная квартира;
- Одна трехкомнатная квартира.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		91

Рисунок 13 – План этажа 16-ти этажного дома

Если считать, что на этаже живет по 8 человек, то получается $Ч = Э \cdot П \cdot К \cdot Д = 16 \cdot 3 \cdot 8 = 384$ человек живет в одном 16-этажном доме.

Отсюда следует, что $Ч = 384 \cdot 21 \text{ домов} = 8064$ человек

Рисунок 14 - Семантические данные 16 - этажного дома

В сумме в микрорайоне проживает $5760 + 3840 = 9600$ человек.

5.5.1 Размещение остановочных пунктов

На выбранном варианте маршрутной системы необходимо разместить остановочные пункты так, чтобы обеспечить:

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		92

- наибольшие удобства для пассажиров,
- наименьшие затраты времени на подход к остановкам и на пересадку,
- безопасность движения пешеходов и пассажиров,
- наиболее высокие скорости сообщения.

Размещение по тем или иным направлениям остановочных пунктов определяется размещением главнейших фокусов тяготения населения (промпредприятия, центр города, административные, хозяйственные, культурно-просветительные и прочие объекты).

Расстояние между остановочными пунктами пассажирского общественного транспорта в пределах города и других населенных пунктов следует принимать для автобуса, троллейбуса и трамвая 400–600 м, для экспресс-автобуса, экспресс-троллейбуса и экспресс-трамвая — 800–1200 м, для метрополитена — 1000–2000 м, для городской электрички — 1500–2000 м. Протяженность (дальность) пешеходных подходов до ближайших остановок общественного транспорта от входов в жилые дома или на объекты приложения труда следует принимать не более 500 м. В районах застройки индивидуальными жилыми домами дальность пешеходных подходов до ближайшей остановки общественного транспорта может быть увеличена: в городах с населением свыше 250 тыс. чел. — до 600 м, в остальных населенных пунктах — до 800 м [18].

В общегородском центре дальность пешеходных подходов от объектов массового посещения до ближайшей остановки общественного транспорта должна быть не более 250 м, в производственных и коммунальных зонах — не более 400 м от проходных предприятий, в зонах массового отдыха и спорта (кроме стадионов и дворцов спорта) — не более 800 м от главного входа.

5.6 Анализ полученных результатов

Рассмотрев пример микрорайона, можно предположить, что на каждой стороне нужно расположить остановку общественного транспорта. Расстояние между остановками при этом получается не менее 450 м.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

Чтобы житель микрорайона в шаговой доступности мог добраться до нужного места, поставленной целью. Согласно указанному выше каждая зона делится на 4 части, и сказать, что каждая часть пойдет на ближайшую остановку.

Рисунок 15 – Деление зон

Но точного расчета - сколько пассажиров придёт на каждую остановку невозможно без обследования пассажиропотока, так как это напрямую влияет на успешность расчёта.

1. Требуется натурное обследование пассажиропотока, то есть градостроительные методы
2. Использование ГИС.
3. Картографическая основа в ГИС

Если не использовать при моделировании пассажиропотока, то даст менее обоснованный результат. Нужно не забывать про личные автомобили, учитывать пожелание жителей микрорайона. То есть расчет со стороны градостроителя можно назвать «поверхностным» расчетом.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
						94
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Вывод по главе пять

В пятой главе был рассмотрен расчет численности жителей микрорайона, и приведены примеры размещения остановок. А также сделан вывод, что провести правильный расчет числа остановок и массового пассажирского транспорта при стадии проектирования микрорайона невозможно. А требуется последующее обследование, так как массовый пассажирский транспорт важен жителей микрорайона и благополучия города.

Градостроительный метод не перечеркивает метод, которым пользуется транспортники, а только дополняет его.

При использовании ГИС- метода есть свои преимущества:

1. Сбор исходных данных, а именно информациях о этажности дома и его численности, собирается из доступных, открытых источников.
2. Возможно провести визуальный анализ картины расселения при использование картографической основы.
3. Делать выводы и возможном движении пешеходов к остановочным пунктам. Рассмотрение расположение остановок и направления МПТ.

Но в последнее время этот метод игнорируется, т.к. представляет собой дополнение, нуждающиеся в финансировании направление.

Также для улучшения пассажиропотока в городе можно провести следующие мероприятия:

1. Размещать расписания массового пассажирского транспорта на всех остановках города;
2. Сократить, время стоянок на конечных пунктах в часы «пик».
3. Как можно меньшим числом часто ходящих маршрутов позволять, как можно большему количеству людей добираться в как можно большее количество мест.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		95

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выполнении выпускной квалификационной работы были рассмотрены отдельные методы моделирования транспортной сети и пассажиропотока. Для камерального расчета пассажиропотока была предложена методика расчета численности населения с использованием традиционного объективного состава цифровых топографических карт. Работа была выполнена средствами ГИС *Mapogama*.

В настоящее время при проектировании транспортной сети пользуются специальными методами, которые являются методами, разработанными специалистами в области транспорта.

В данной работе рассмотрены и представлены преимущества возможности привлечения градостроительных методов, включая использования геоинформационного моделирования и картографической основы, являющейся пространственным базисом в ГИС.

При использовании ГИС- метода есть свои преимущества:

1. Сбор исходных данных, а именно информациях о этажности дома и его численности, собирается из доступных, открытых источников.
2. Возможно провести визуальный анализ картины расселения при использование картографической основы.
3. Делать выводы и возможном движении пешеходов к остановочным пунктам.
4. Рассмотрение расположение остановок и направления МПТ. Что дает, более детальное, корректное и структурное представление о необходимости на качественном уровне формирования и проектирования новых участков сети транспорта, что в результате дает положительный результат.

На сегодняшний момент транспортную сеть проектируют градостроители, а маршрутную сеть проектируют и эксплуатируют специалисты в области транспорта. На сегодняшний момент у них нет сотрудничества и согласованности в действии.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		96

При исправлении всех недостатков будут выполнены основные задачи МПТ:

1. Полное удовлетворение потребностей населения в пассажирских перевозках.
2. Эффективное использование подвижного состава.
3. Максимальное снижение транспортных расходов.
4. Построение правильной структуры маршрута.

Требуется создания качественно новых систем управления, способных гибко реагировать на быстро изменяющиеся условия среды и приоритеты населения.

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		97

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Александров, А.П. Городской пассажирский транспорт/ А.П.Александров, Л.А.Бронштейн, А.А.Поляков. – М.: Гострансиздат, 1939 – 58с.
- 2 Антошвили, М.Е. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ/ М.Е.Антошвили, М.В.Хрущев, Г.А.Варелопуло. – М.: Транспорт,1974. – 104 с.
- 3 Блатнов, М. Д. Пассажирские автомобильные перевозки/ М.Д.Блатнов. - М.: Транспорт, 1981. – 222с.
- 4 Бунеев, В.М. Эффективность городского пассажирского транспорта: методы оценки и обоснования / В.М. Бунеев, В.И. Новоселов, Н.Н. Путилова. – Новосибирск: НГАВТ, 2008. – 415 с.
- 5 Володин, Е.П. Организация и планирование перевозок пассажиров автомобильным транспортом/ Е.П.Володин. – М.: Транспорт, 1982 – 224с.
- 6 Вукан Р. Вучик, Транспорт в городах, удобных для жизни / Р. Вучик Вулкан пер. с англ. А. Калинина под науч. ред. М. Блинкина. – М.: Территория будущего, 2011. – 576 с
- 7 Геронимус, Б.Л. Математико-статистический метод выборочного обследования пассажиропотоков/ Б.Л.Геронимус, Д.Д.Джумаев. – Автомобильный транспорт,1966. – 45 с.
- 8 Гудков, В.А. Пассажирские автомобильные перевозки/ В.А. Гудков. – М.: Горячая линия – 2004. – 102с.
- 9 Зильберталь, А.Х. Трамвайное хозяйство./ А.Х.Зильберталь. – М.: Гострансиздат,1932.- 86 с.
- 10 Зильберталь, А.Х. Проблемы городского пассажирского транспорта/ А.Х.Зильберталь. – М.: Гострансиздат,1937.- 87 с.

- 11 Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 / Ю.Г.Карпов. – СПб.: БХВ-Петербург,2005.
- 12 Ларионов, В.С. Принципы и метод установления пассажирских маршрутов. Труды НИИГТ Моссовета. "Организация движения городского транспорта"/ В.С.Ларионов. - М.: НККХ РСФСР, 1940.
- 13 Лобанов, Е.М. Транспортная планировка городов. Учебник для вузов./ Е.М.Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240с.
- 14 Мезенцев, К.Н. Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1 : учеб. пособие / К.Н.Мезенцев. Под редакцией Заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора А.Б.Николаева. Часть 1, 2. – М.: МАДИ. – 2011.
- 15 Миротин, Л.Б. Логистика. Общественный пассажирский транспорт/ Л.Б.Миротин. – М.: Экзамен. – 2003. – 150с.
- 16 Ольховский, С.Ю. Моделирование функционирования и развития маршрутизированных систем городского пассажирского транспорта: монография/ С.Ю.Ольховский, В.В.Яворский. – Омск: Издательство СибАДИ, 2001. – 138с.
- 17 Папаскуа, А.А. Совершенствование организации пассажирских автомобильных перевозок в загруженных районах городов: дис. ... канд. техн. Наук / Папаскуа А.А. – Ростов-на-Дону, 2004. – 218 с.
- 18 Позаченюк, Е.А. Территориальное планирование. Учебное пособие/ Е.А.Позаченюк. – М.: Транспорт, 2007. – 200 с.
- 19 Поляков, А.А. Городское движение и планировка улиц/ А.А.Поляков – М.-Л.: Государственное издательство литературы по строительству, 1953. – 251с.
- 20 Спирин, И.В. Научные основы комплексной реструктуризации городского пассажирского транспорта: монография / И.В. Спирин. – М.: ИКФ «Каталог», 2007. – 200 с.

- 21 Хрущев, М.В. Методы общей и локальной маршрутизации автобусного транспорта в городах: монография/ М.В.Хрущев. – М.: ГУУ, 1999. – 408с.
- 22 Якшин, А.М. Планировка транспортных сетей. Опыт градостроительного исследования/ А.М.Якшин. – М., 1946. – 88с.
- 23 Анализ опыта формирования оптимальных маршрутных схем городского пассажирского транспорта/ А.А.Бурлуцкий // Вестник ТГАСУ. – 2013 - №2 – С.371-380.
- 24 Интерактивное конструирование маршрутной системы городского пассажирского транспорта/ Ф.Г.Глик // Градостроительство. – Киев: Будивельник. – 1987. – Вып.39. – С.100-106.
- 25 Получение матрицы пассажирских корреспонденций на основе данных электронных карт / Е.А. Кочегурова, Я.А. Мартынов, Ю.А. Мартынова, А.С. Фадеев // Системы управления и информационные технологии. — 2013. — Т. 54. № 4. — С. 35–39.
- 26 ГОСТ Р 51353-99. Геоинформационное картографирование. Метаданные электронных карт. Состав и содержание. – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 2000. – 8с.
- 27 СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*. – М.: ОАО "ЦПП", 2011. – 109 с.
- 28 Городской квартал. – https://ru.wikipedia.org/wiki/Городской_квартал.
- 29 Квартал. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/Квартал/>.
- 30 Магистраль - [https://ru.wikipedia.org/wiki/Магистраль_\(маршрутная_сеть\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Магистраль_(маршрутная_сеть)).
- 31 Маршрутная сеть «Магистраль». - <https://www.mos.ru/city/projects/magistral/>.
- 32 Микрорайон. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/Микрорайон>.

- 33 Новая сеть массового пассажирского транспорта Екатеринбурга. –
www.ekattransit.ru.
- 34 Транспорт Екатеринбурга. -
https://ru.wikipedia.org/wiki/Транспорт_Екатеринбурга
- 35 Aimsun – www.againc.net/media/42776/info/
- 36 Anylogic – <http://www.anylogic.ru>
- 37 ChronoMap - <http://www.mapinfo.ru/product/chronomap>
- 38 Mappl – www.mappl.ru

					<i>АС-411.120700.62.2017.ПЗ.ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>102</i>