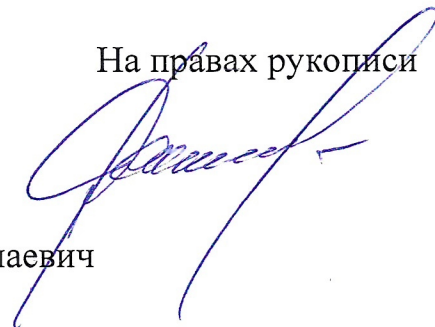


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Орловский государственный университет имени
И.С. Тургенева»

На правах рукописи



Семкин Александр Николаевич

**Совершенствование управления процессами перевозки
пассажиров в городских агломерациях на основе
интеллектуальных транспортных систем**

Диссертация
на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Специальность 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы

Научный
руководитель:

Новиков Александр Николаевич
доктор технических наук, профессор

Орел – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПассаЖИРОВ В ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ НА ОСНОВЕ ИТС	14
1.1 Транспортный процесс, методы и способы управления.....	14
1.2 Современный опыт создания и развития интеллектуальных транспортных систем.....	19
1.3 Анализ методов и способов управления процессами перевозки пассаЖиров на основе интеллектуальных транспортных систем	31
1.4 Технологии реализации интеллектуальных транспортных систем...	40
1.5 Цели и задачи исследования	44
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПассаЖИРОВ	47
2.1 Определение целевой функции диссертационного исследования	47
2.2 Теоретические основы совершенствования управления процессами перевозки пассаЖиров на основе ИТС.....	57
2.2.1 Формирование информационных потоков алгоритмов совершенствования управления процессами перевозки пассаЖиров.....	57
2.2.2 Формирование алгоритмов управления процессами перевозки пассаЖиров.....	68
2.3 Выводы по главе 2.....	93
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПассаЖИРОВ НА ОСНОВЕ ИТС.....	96
3.1 Программа проведения экспериментальных исследований.....	96
3.2 Сбор данных о маршрутной сети Орловской городской агломерации, методы и способы проведения экспериментальных исследований	98

3.2.1	Характеристика маршрутной сети Орловской городской агломерации.....	98
3.2.2	Выбор объектов маршрутной сети Орловской городской агломерации, на которых будет проводиться тестирование предложенных алгоритмов	102
3.2.3	Выбор программного обеспечения и периферийного оборудования, применяемого при проведении экспериментальных исследований.	107
3.3	Результаты тестирования алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров.....	110
3.3.1	Результаты тестирования алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока.....	110
3.3.2	Результаты тестирования алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основании данных глобальной навигационной спутниковой системы.....	124
3.3.3	Результаты тестирования алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе применения технологий искусственного интеллекта	129
3.4	Выводы по главе 3.....	138
4	ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ	139
4.1	Архитектура программного обеспечения комплекса подсистем координации движения общественного транспорта и диспетчерского управления транспортом служб содержания дорог.....	139
4.2	Архитектура программного обеспечения комплекса подсистем управления дорожным движением.....	149
4.3	Выводы по главе 4.....	150
5	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ	152

5.1	Определение эффективности применения алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров.....	152
5.2	Вывод по главе 5	155
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	156
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	160
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	181
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	185

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Транспортный комплекс является одним из основополагающих элементов народного хозяйства, обеспечивающий устойчивое развитие и стабильность страны. Для повышения эффективности его функционирования необходимо проведение ряда мероприятий, направленных на внедрение современных методов, технологий и подходов организации, моделирования и управления транспортными системами, процессами и транспортными средствами.

В соответствии с «Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [1] одним из важных элементов развития транспортной отрасли нашей страны является широкое внедрение и развитие цифровых технологий. Однако, на данный момент отмечается их недостаточный уровень внедрения [1]. В связи с этим одной из целей развития транспортного комплекса РФ является: «Цифровая и низкоуглеродная трансформация отрасли и ускоренное внедрение новых технологий» [1]. В рамках достижения выше озвученной цели возникает необходимость постановки и решения следующих задач [1]:

- цифровизация пассажирских перевозок;
- цифровизация грузовых перевозок;
- цифровизация жизненного цикла инфраструктуры и транспортных средств;
- цифровизация управления транспортным комплексом и т.д.

Решение поставленных задач достигается широким развитием интеллектуальных транспортных систем (ИТС) на всей территории Российской Федерации. Так начиная в 2018 году запущен Национальный проект «Безопасные и качественные автомобильные дороги», предусматривающий реализацию мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов

управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» [3].

В рамках данного проекта в нескольких регионах России внедряются комплексные ИТС, охватывающие различные элементы транспортной инфраструктуры, а именно управление дорожным движением, мониторинг и управление общественным транспортом, а также транспортом коммунальных служб и др.

Практический этап внедрения ИТС в нашей стране вскрыл пласт проблем. Так, в частности, выявился недостаточный уровень проработки нормативно-правовой документации. Также можно отметить низкий уровень разработки теоретических основ, методов и алгоритмов управления транспортной инфраструктурой городских агломераций при помощи ИТС. Проблемы в реализации ИТС сформировались под влиянием того, что каждый из регионов, внедряющих интеллектуальные системы опирался только на свой индивидуальный опыт и видение решения проблемы. Это привело к появлению различного узкоспециализированного программного обеспечения (ПО), решающего конкретную задачу (управление светофорным объектом, мониторинг работы общественного транспорта, коммунальной техникой и т.д.). Однако, в целях устойчивого развития ИТС необходимо решить проблемы интеграции разрозненного ПО в единую интеграционную платформу, наличие которой предусмотрено различными нормативно-правовыми актами РФ [4, 7, 11].

Всё это приводит к необходимости формирования базовых принципов построения физической и функциональной архитектуры различных подсистем ИТС и рассмотрения их не только как совокупности различного ПО объединенного единой интеграционной платформой, а как гармонизированной экосистемы управления транспортными системами муниципальных образований РФ, объединенных в единую национальную ИТС.

Приведенные выше положения, подтверждают актуальность темы диссертационного исследования, имеющую высокую научно-практическую значимость.

Степень ее разработанности. Вопросам реализации ИТС в различных сферах транспортной инфраструктуры посвящены труды многих отечественных (К.А. Бодягин, С.А. Гараган, С.В. Жанказиев, В.М. Власов, В.В. Зырянов, В.В. Комаров, П.В. Куренков, И.Н. Маркелов, П.В. Метёлкин, А.Н. Новиков, Ю.Н. Ризаева, В.А. Персианов, А.Д. Пивоваров, И.Н. Пугачёв, В. Ю. Савченко-Бельский, И.В. Спириин, М.П. Улицкий, Л.С. Фёдоров, М.В. Хрущёв, А.Г. Швецова) и зарубежных (Берножу П., Старри К., Пржибел П, Свитек М., Уильямс Б, Фрэнки С., Хатояма К.) ученых и исследователей.

Результатами работ, приведенных выше учёных, являлись разработки теоретических основ функционирования ИТС в отдельных видах транспортных систем. Работы приведенных авторов можно разделить по двум направлениям:

- рассматриваются вопросы совершенствования управления и функционирования транспортных систем за счёт внедрения ИТС, в которых особое внимание уделялось организации дорожного движения, а также управлению пассажирскими и грузовыми перевозками;

- рассматриваются организационно-экономические аспекты внедрения и эксплуатации ИТС.

Однако, в трудах этих учёных недостаточное внимание уделено разработке практических алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях посредством ИТС.

Цель настоящей работы – разработка алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях на основе интеллектуальных транспортных систем. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ тенденций совершенствования управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях, а также современного опыта создания и развития ИТС.

2. Научно обосновать алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров на основе ИТС, позволяющие решать прикладные задачи определения значений составляющих элементов маршрутного расписания городского пассажирского транспорта общего пользования (ГПТОП).

3. Провести экспериментальные исследования по установлению взаимозависимости фактического времени прохождения перегона улично-дорожной сети (УДС) подвижным составом (ПС) ГПТОП от средней скорости движения транспортного потока, фактических значений времени интервала движения ПС ГПТОП и времени посещения геозон, определенного глобальной навигационной спутниковой системой, а также параметров точности и качества технологий искусственного интеллекта, применяемых для мониторинга и определения фактических значений времени прохождения ПС ГПТОП перегона УДС и интервала их движения.

4. Разработать программное обеспечение для управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях.

5. Определить эффективность применения разработанных алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях.

Объект исследования – интеллектуальные транспортные системы городских агломераций.

Предмет исследования – взаимосвязи подсистем ИТС, способствующих совершенствованию управления процессами перевозки пассажиров в условиях городских агломераций.

Рабочая гипотеза – процессы перевозки пассажиров необходимо рассматривать как элемент ИТС, на который оказывают влияние различные факторы, приводящие к вариативности параметров маршрутного расписания, что требует проведения мероприятий по обеспечению стабильного

функционирования ГПТОП, выполняемых посредством ситуационного управления в штатном и нештатном режимах.

Научная новизна исследования:

– Научно обоснованы алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров, которые на основе параметров состояния транспортного потока, данных глобальной навигационной спутниковой системы и применения технологий искусственного интеллекта позволяют определять фактические значения времени прохождения ПС ГПТОП перегона маршрута, интервала движения ПС, и на их основе формировать время оборотного рейса ПС ГПТОП.

– Впервые экспериментально установлены взаимозависимости фактического времени прохождения перегона УДС ПС ГПТОП от средней скорости движения транспортного потока, фактических значений времени интервала движения ПС ГПТОП и времени посещения геозон, определенного глобальной навигационной спутниковой системой, а также параметров точности и качества технологий искусственного интеллекта, применяемых для мониторинга и определения фактических значений времени прохождения ПС ГПТОП перегона УДС и интервала их движения.

Теоретическая значимость заключается в научном обосновании алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров, установлении взаимозависимости фактического времени прохождения перегона УДС ПС ГПТОП от средней скорости движения транспортного потока, фактических значений времени интервала движения ПС ГПТОП и времени посещения геозон, определенного глобальной навигационной спутниковой системой, а также параметров точности и качества технологий искусственного интеллекта, применяемых для мониторинга и определения фактических значений времени прохождения ПС ГПТОП перегона УДС и интервала их движения.

Практическая значимость заключается в разработке программного обеспечения и технических устройств для управления процессами перевозки

пассажиров ГПТОП на основе реализации ситуационного управления в штатном и нештатном режимах.

Результаты исследования носят прикладной характер и нашли свое применение в процессе реализации Локальных проектов ИТС городских агломераций в различных регионах нашей. Так, в частности, результаты исследования внедрены ЗАО «Единая национальная диспетчерская система» (ЗАО «ЕНДС») в качестве алгоритмов мониторинга ГПТОП в городах Вологда и Орел, а также МКУ «Объединенный муниципальный заказчик г. Орла» при реализации ИТС Орловской городской агломерации (Приложение А).

Результаты исследования внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» при подготовке студентов по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии» (направленность (профиль) «Интеллектуальные и информационные системы на транспорте») и специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (специализация «Автомобильная техника в транспортных технологиях»), а также в учебный процесс Ассоциации по развитию цифровых технологий транспорта «Цифровая Эра Транспорта» при обучении по программе повышения квалификации «Внедрение интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях. Базовый курс» (Приложение А).

Методология и методы исследования. Исследование проведено посредством разработки новых положений, сформированных на основе научной аргументации предложений научно-исследовательских трудов ряда отечественных и зарубежных исследователей в области ИТС, а также компиляции достижений предприятий реального сектора экономики.

Положения, выносимые на защиту:

1. Алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока.
2. Алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основании данных глобальной навигационной спутниковой системы.

3. Алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основе применения технологий искусственного интеллекта.

4. Результаты экспериментальных исследований по установлению взаимозависимости фактического времени прохождения перегона УДС ПС ГПТОП от средней скорости движения транспортного потока, фактических значений времени интервала движения ПС ГПТОП и времени посещения геозон, определенного глобальной навигационной спутниковой системой, а также параметров точности и качества технологий искусственного интеллекта, применяемых для мониторинга и определения фактических значений времени прохождения ПС ГПТОП перегона УДС и интервала их движения.

5. Программное обеспечение для управления процессами перевозки пассажиров в условиях городских агломераций.

6. Эффективность применения алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров.

Степень достоверности.

Принятые в диссертационной работе методология и методы исследования обеспечивают обоснованность и достоверность положений, выносимых на защиту, которые также подтверждаются широкой апробацией на международных научно-технических конференциях и выставках-форумах, и результатами внедрения в Локальные проекты ИТС городских агломераций в различных регионах нашей страны.

Апробация результатов. Результаты исследования представлены на международной научно-технической конференции «Информационные технологии и инновации на транспорте» (Орел, ОГУ имени И.С. Тургенева, 2015-2024 гг.), выставках-форумах «ИТС России» (Москва, 2021-2024 гг.), выставках-форумах «ИТС регионы» (2020-2024 гг.), VII Международной научно-технической конференции «Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015)» (Курск, 2015г.) и научно-технической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века:

теория и практика» (Воронеж, 2015г.).

Реализация результатов работы. Теоретические, научно-методические, прикладные и экспериментальные исследования, связанные с управлением процессами перевозки пассажиров реализованы в различных регионах нашей страны.

Информационная база исследования. Законодательные и нормативные правовые акты, Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, федеральная программа «Безопасные качественные дороги», региональные целевые программы развития ИТС, материалы федеральных и региональных органов власти, управлений и ведомств, статистические данные.

Личный вклад автора. Автор осуществил формирование цели и задач диссертационного исследования, формализовал направления теоретических и экспериментальных исследований, а также провел эти исследования.

Соответствие диссертационной работы паспорту специальности. Выполненные исследования соответствуют формуле паспорта научной специальности 2.9.8. Интеллектуальные транспортные системы по пункту 1 «Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач управления транспортными системами, процессами и транспортными средствами» и пункту 7 «Теоретические основы и методы моделирования транспортных технологических процессов с целью автоматизированного поиска эффективных решений и интеллектуальных алгоритмов управления транспортными системами, объектами транспортной инфраструктуры, одиночными транспортными средствами».

Публикации. Основные теоретико-методологические положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 7 печатных работах, в том числе 4 научные статьи в изданиях, из перечня рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций. По теме диссертации получены (Приложение Б):

– свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Мультисервисная платформа совместного использования транспортных средств в городской среде «НАВИГАТОР-С2020» (свид. 2020614909 Российская Федерация);

– свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Единая платформа управления транспортной системой «НАВИГАТОР ИТС» (свид. 2020614815 Российская Федерация).

– патент на полезную модель № 95152. Многофункциональное терминальное устройство телематической системы : № 2010105538 : заявл. 16.02.2010 : опубл. 10.06.2010 / Семкин А.Н, Богданов А.А, Шайдабеков Э.О.

– патент на полезную модель № 114200. Многофункциональное терминальное устройство телематической системы : № 2011117745 : заявл. 03.05.2011 : опубл. 10.03.2012 / Семкин А.Н, Богданов А.А, Загородних Н.А., Котов С.В, Леонов К.В., Загородних А.Н.

– патент на полезную модель № 125006. Бортовой комплекс для системы сопровождения и управления наземными транспортными средствами : № 2012123506 : заявл. 06.06.2012 : опубл. 20.02.2013 / Семкин А.Н, Богданов А.А, Шайдабеков Э.О., Загородних Н.А., Леонов К.В.

В опубликованных работах автору принадлежат научные идеи, теоретические и расчётно-прикладные разработки, заключения и выводы.

Структура и объём диссертации. Структура и последовательность изложения результатов диссертационной работы определены целью и задачами исследования. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений, содержит 189 стр. текста, 9 табл., 117 рис. Литературный список включает 121 наименование.

1 АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ В ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЯХ НА ОСНОВЕ ИТС

1.1 Транспортный процесс, методы и способы управления

Понятие «транспортный процесс» широко известно из материалов различных научно-практических источников [32, 40, 100, 106] и подразумевает: «перемещение грузов или пассажиров, включая все сопутствующие операции».

Процесс управления представляет собой совокупность целенаправленных воздействий на объект управления, направленных на поддержание определенных режимов функционирования и достижения намеченных результатов.

В работе [41] приводятся методы повышения качества и эффективности перевозок.

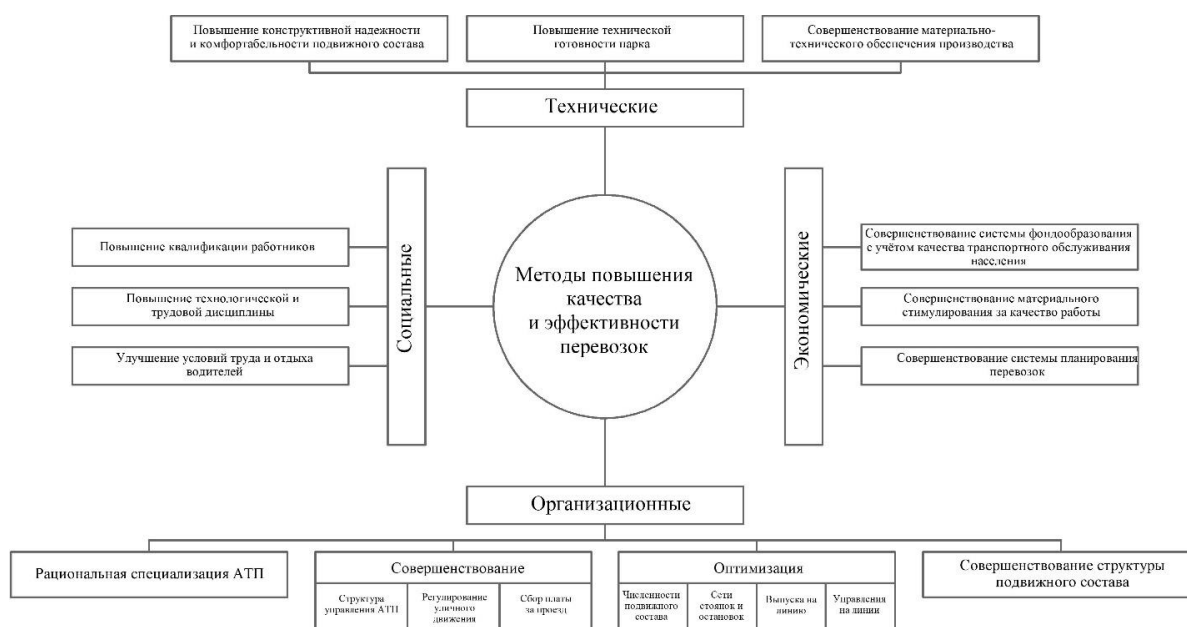


Рисунок 1 – Методы повышения качества и эффективности перевозок [41]

Как следует из приведённых данных, направлений повышения эффективности перевозочного процесса существует достаточное количество,

которые находят отражение в тенденциях развития как грузовых, так и пассажирских автомобильных перевозок.

Рассматривая сферу пассажирских автомобильных перевозок, можно выделить несколько моделей рынка (Рисунок 2) [54].

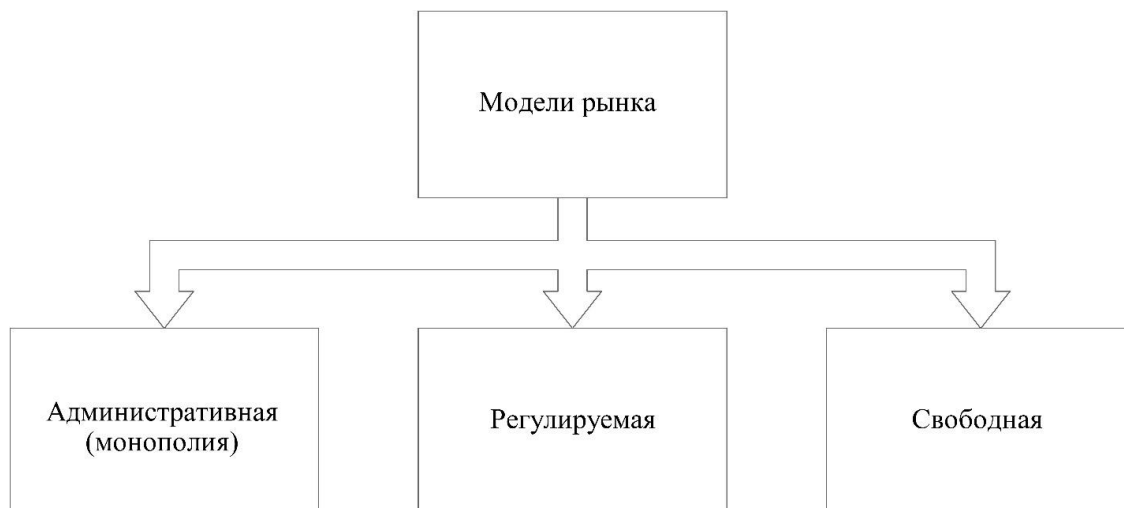


Рисунок 2 – Модели рынка пассажирских перевозок

При административной модели рынка, поставщик услуг по перевозке пассажиров находится в непосредственном подчинении у заказчика. Регулируемая модель характеризуется жестким контролем со стороны заказчика услуг по перевозке пассажиров за поставщиком. Спецификой свободной модели рынка является минимальное вмешательство заказчика услуг перевозки пассажиров в работу поставщика.

Современные тенденции в области осуществления транспортного процесса нашли отражение в «Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года» [1].

Соответственно многообразие направлений повышения эффективности перевозок диктует необходимость совершенствования управления транспортным процессом.

Под управлением транспортным процессом можно понимать процесс изменения состояния системы (транспортного процесса), направленный на улучшение показателей эффективности функционирования системы и который включает в себя: руководство, планирование, организацию,

оперативное управление, регулирование и контроль [31, 32, 40, 100, 101, 106, и т.д.]. Наличие широкого спектра действий, направленных на управление транспортным процессом, требует применения широкого инструментария для осуществления управления.

Методы управления транспортными процессами прошли долгий путь формирования, становления и развития. Так, начиная со второй половины прошлого века (1960-е гг.) в управлении транспортными процессами начали активно применяться методы математического моделирования, а также закономерности теории массового обслуживания (ТМО). Данные методы могли применяться для планирования и организации транспортного процесса, но для оперативного управления являлись достаточно громоздкими и трудно применимыми.

В работе [59] для оперативного управления транспортными процессами предлагается применение ситуационного подхода, основанном на выявлении текущей проблемной ситуации и решении её с применением материальных и управленческих ресурсов организации. При этом предлагается создание информационной базы для разрешения проблемных ситуаций.

Применительно к ГПТОП вопросы управления затрагивают процессы формирования маршрутной транспортной сети, а также тематику диспетчерского (оперативного) управления.

В основе формирования маршрутной транспортной сети лежат матрицы корреспонденций [31, 75, 96, 100, 111, 112, 116], состоящие из элементов, являющихся значениями количества передвижений между каждой парой транспортных районов [70]. При этом под транспортными районами может пониматься общность по определенным требованиям, агрегирующее индивидуальные потребности пользователей транспортной сетью [70].

На данный момент существует несколько подходов к построению матрицы корреспонденций. Однако, несмотря на большое разнообразие подходов к построению матриц корреспонденций, их можно объединить в три группы [96]:

- экстраполяционные методы;
- вероятностные методы;
- реляционные методы.

Во всех этих методах «краеугольным камнем» является вопрос получения исходной информации. Так в соответствии с Методическим указаниями [69] в качестве исходной информации необходимо использовать следующие данные:

- общие сведения о социально-экономическом развитии анализируемой территории;
- данные, характеризующие текущее состояние регулярных перевозок;
- данные о существующей маршрутной сети анализируемой территории;
- данные, о всех видах ГПТОП;
- данные о подвижности населения;
- данные о безопасности транспортного процесса.

Для получения исходной информации, необходимой для формирования матриц корреспонденций необходимо проведение натурных исследований, что является достаточно трудоемким процессом. Существенно облегчает решение данной задачи применение цифровых технологий. Так, уже известны способы определения пассажиропотоков на транспортных средствах при помощи технических средств (датчики учёта пассажиропотоков) [99]. Однако, существуют и другие способы. Например, определение пассажиропотоков по сигналам сотовой связи [75]. Данную услугу оказывают практически все операторы сотовой связи нашей страны и нашли широкое применение при построении матриц корреспонденций в метрополитене, т.к. на основании передачи данных о перемещении сигнала сотовой связи от одной базовой станции к другой можно определить на какой станции пассажир вошел в метро, а на какой вышел. Касательно, наземного транспорта, данная

технология трудно применима, т.к. по сигналу сотовой связи можно определить перемещение человека из одной геозоны в другую. При этом достаточно трудно определить каким способом человек перемещается между геозонами.

В ряде случаев для получения исходной информации для построения матриц корреспонденций используются данные системы автоматизированной оплаты проезда (АСОП) и данных навигационных систем. В этом случае, возможно достаточно точно установить место входа или выхода пассажира (место оплаты проезда), но трудно получить данные о перемещении пассажиров между определенными точками.

Вопросам автоматизации диспетчеризации ГПТОП посвящены работы В.М.Власова [33]. Диспетчерское управление осуществляется при помощи спутниковой навигационной системы, позволяющей производить оперативное управление движением ГПТОП в различных штатных и нештатных ситуациях.

В работе [60] автором рассматривается применение автоматизированных систем учёта пассажиропотоков для «повышения эффективности планирования и управления...» ГПТОП.

Дальнейшим этапом применения цифровых технологий в управлении процессами перевозок является работа [108] направленная на применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования и оценки транспортных процессов перевозки пассажиров ГПТОП.

Автором работы [88] предлагается применение нейросетевых моделей распознавания пассажиров в датчиках пассажирооборота с целью определения мест входа и выхода из транспортного средства.

В работе [80] путями повышения безопасности функционирования ГПТОП называются интеллектуальные транспортные системы (ИТС). Следует отметить, что развитие ИТС в нашей стране стартовало в 2000-х годах, а в активную фазу реализации вступило в 2019 году, в рамках Национального проекта «Безопасные качественные автомобильные дороги» [3].

Можно выделить следующие точки совершенствования управления процессами перевозки пассажиров, за счёт внедрения цифровых технологий (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Точки совершенствования управления процессами перевозки пассажиров

Таким образом, широкое внедрение цифровых технологий, и, в частности, ИТС является актуальной задачей, направленной на совершенствование управления процессами перевозки пассажиров.

1.2 Современный опыт создания и развития интеллектуальных транспортных систем

Интеллектуальная транспортная система – это: «Система, интегрирующая современные информационные, коммуникационные и телематические технологии, технологии управления и предназначенная для автоматизированного поиска и принятия к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом

региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта» [15].

Основываясь на определении понятия ИТС, приведенного в соответствующем нормативном документе [15], можно сказать, что ИТС представляет собой систему, объединяющую в себе различные методы и технологии, позволяющие автоматизировать процесс мониторинга и управление транспортным комплексом на различных уровнях.

Так в частности в работах С.В. Жанказиева [47], на которых основывается работа А.Г. Шевцовой [118] представлена архитектура ИТС, состоящая из пяти слоев (Рисунок 4).

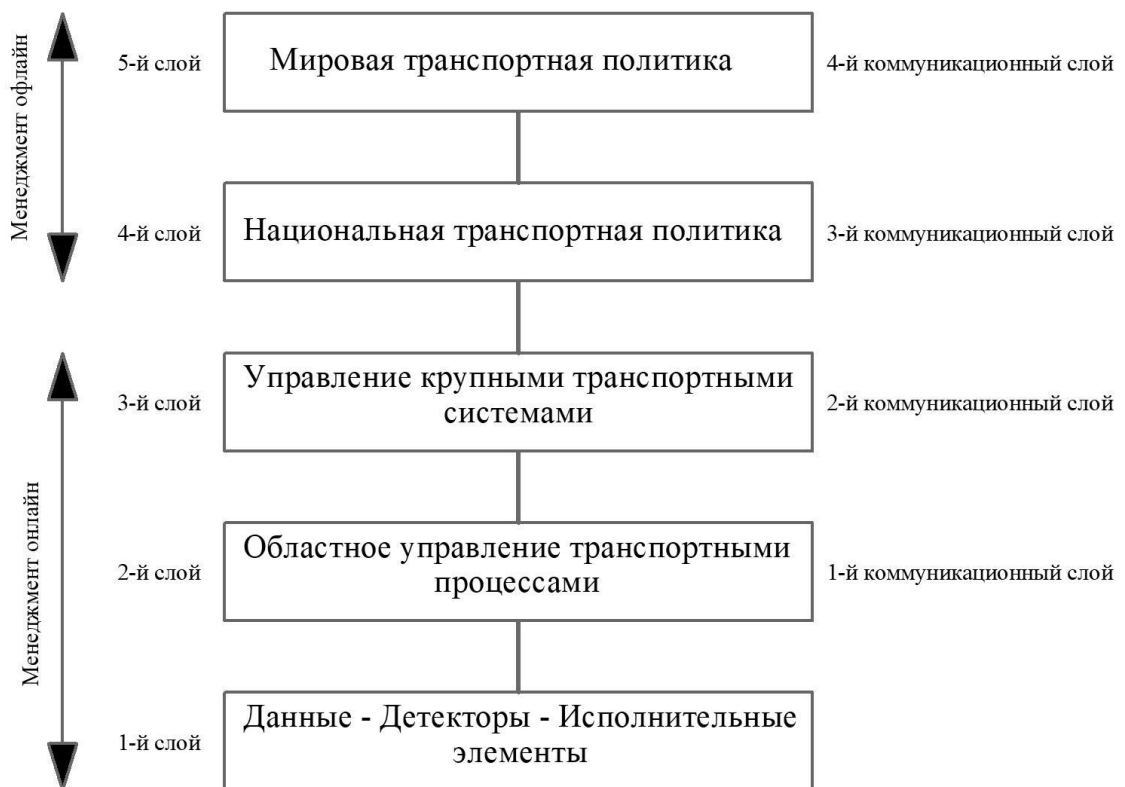


Рисунок 4 – Иерархическая структура ИТС [47]

Самый низкий слой ИТС – первый. В соответствии с данными работы [47] этот слой образован техническими средствами сбора данных, а также

исполнительными элементами, т.е. на данном уровне ИТС происходит как сбор исходной информации, так и предпринимаются управленческие воздействия. В качестве примера ИТС первого слоя в работах [80, 118] приводится схема управления транспортными потоками с учётом текущих дорожных условий (Рисунок 5). Объектом управления в данном случае может выступать локальный светофорный объект (СО).

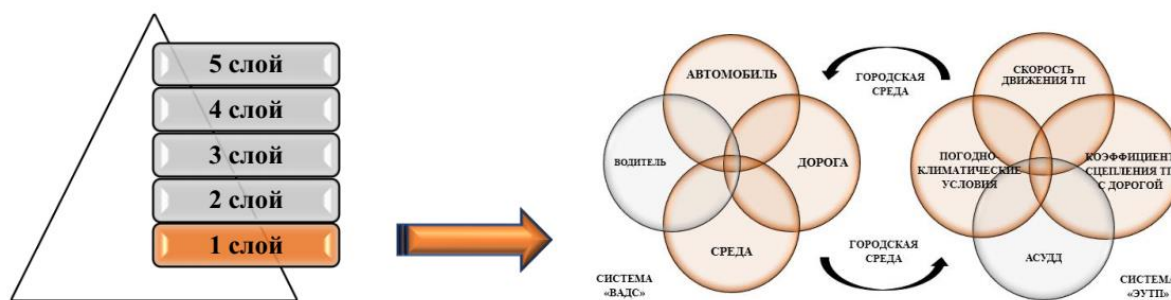


Рисунок 5 – Пример первого слоя ИТС (разработан А.Г. Шевцовой) [80, 118]:
 ЭУТП – эффективное управление транспортными потоками, АСУДД – автоматизированные системы управления дорожным движением, ТП – транспортный поток

Второй слой ИТС характеризуется возможностью оперативного управления отдельными участками транспортных сетей, терминалов, транспортных средств [47]. В качестве примера второго слоя ИТС можно привести работы А.А. Кураксина [58], в которых объектом управления выбрана центральная часть города Рязань.

Третий слой ИТС представляет собой транспортную сеть больших участков, функционирующую на основании информации, полученной от источников второго слоя ИТС. Примером ИТС данного слоя могут служить внедряемые в рамках Национального проекта «Безопасные качественные автомобильные дороги», предусматривающий реализацию мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских

агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек»
 [3] ИТС городских агломераций (Рисунок 6).

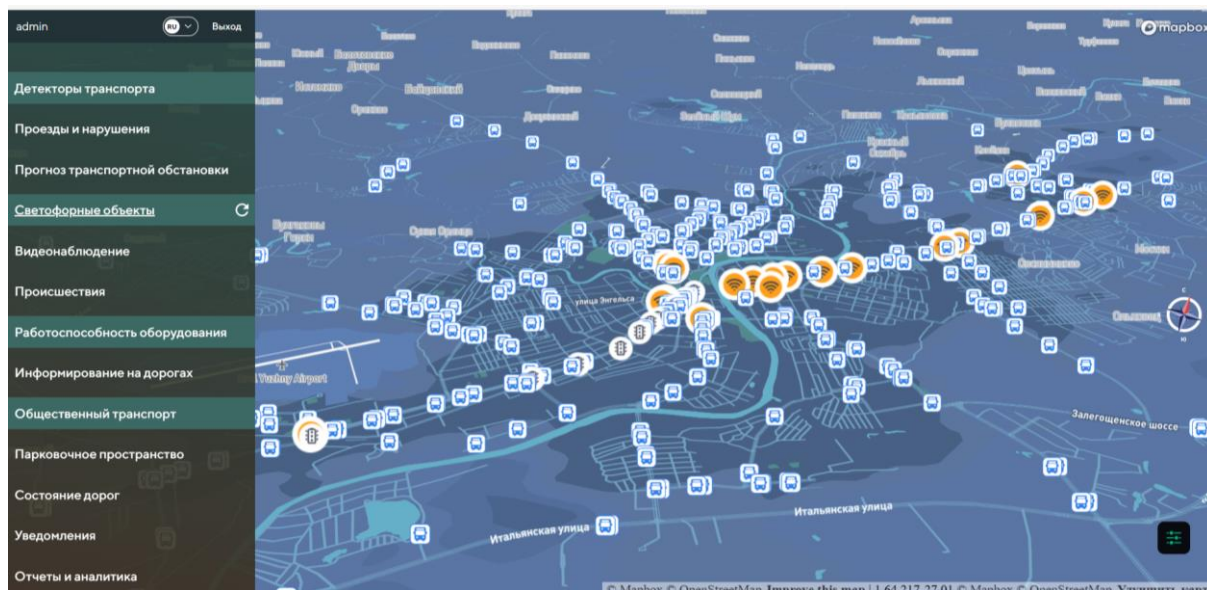


Рисунок 6 – ИТС Орловской городской агломерации (ПО «Навигатор – ИТС»)

Четвертый слой ИТС представляет собой национальную ИТС, которая представляет собой: «территориально-распределенную систему, состоящую из взаимосвязанных элементов информационно-технологического, организационного, методологического, кадрового, нормативно-правового и нормативно-технического характера, объединяющую действующие и создаваемые по единым правилам интеллектуальные транспортные системы в единую сеть с оптимизированной топологией и единым планом развития, обеспечивающая достижение целей и выполнение задач, определенных в Концепции [9]». В соответствии с Концепцией [9] Национальная система ИТС включает в себя следующие элементы (Рисунок 7):

- технологические элементы;
- обеспечивающие элементы;
- участники.



Рисунок 7 – Схема элементов национальной системы ИТС (составлена И.А. Евстигнеевым) [9, 44].

Пятый слой представляет мировой уровень и глобальную транспортную политику.

В настоящее время в нашей стране бурными темпами идет строительство ИТС первого – третьего слоев. В первую очередь это проявляется в реализации проектов ИТС в ряде агломераций Российской Федерации. Четвертый слой ИТС сейчас находится в стадии разработки и становления, и проявляется это в разработке нормативно-правовой основы национальной системы ИТС.

Применительно к реализации ИТС первого – третьего слоев, следует отметить, что на сегодняшний день, в нашей стране сформировался определенный подход к архитектуре ИТС, который нашёл отражение в ряде нормативных и методических документах. Так, в частности, ГОСТ Р 56294-2014 «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем» предусматривает следующую обобщённую физическую архитектуру ИТС (Рисунок 8) [11].

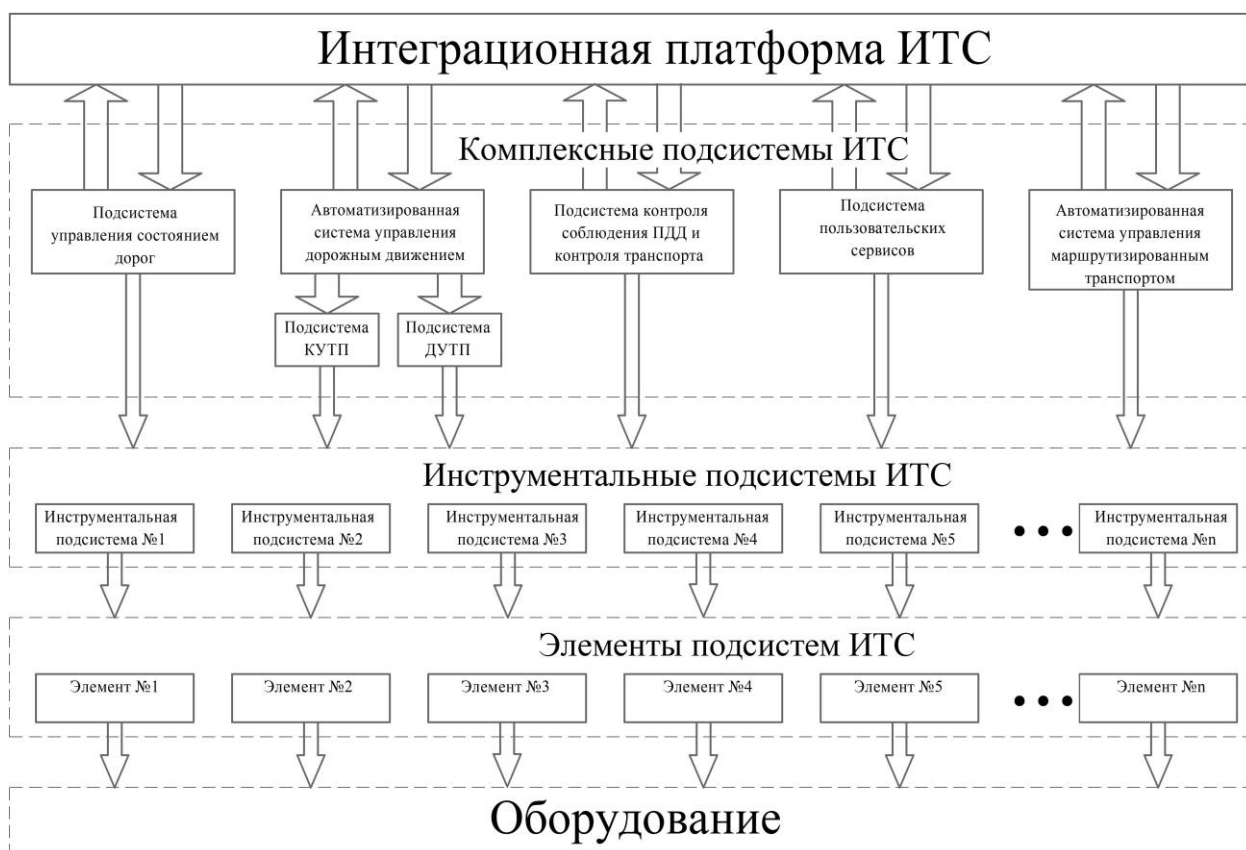


Рисунок 8 – Обобщённая физическая архитектура ИТС в соответствии с ГОСТ Р 56294-2014

Интеграционная платформа ИТС выполняет следующие функции [11]:

- координация работы всех комплексных подсистем ИТС;
- предоставление вариантов принятия решения персоналу ИТС в штатных и нештатных режимах;
- предоставление предварительно обработанных данных от комплексных подсистем ИТС персоналу ИТС;
- принятие решений из существующего набора сценариев по управлению транспортной системой в штатном режиме;
- обеспечение взаимодействия с внешними информационными системами.

При этом интеграционная платформа ИТС обеспечивает [45]:

- агрегирование и обработку текущих и ретроспективных данных;
- визуализацию текущего состояния транспортной системы;

- корректировку работы подсистем ИТС;
- определение режима функционирования транспортной системы;
- представление данных в установленной отчетной форме;
- сбор и хранение данных от всех подсистем ИТС;
- управление транспортной системой.

Работы по развитию интеграционной платформы и вопросы её взаимодействия с Национальной сетью ИТС производятся по настоящий момент. Так принят Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 71092-2023 «Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной архитектуре интеграционной платформы интеллектуальных транспортных систем» [12], в котором приведена классификация интеграционной платформы ИТС на уровне функциональной архитектуры (Рисунок 9).

Комплексная подсистема должна обеспечивать решение общих задач, выполнение которых позволяет достичь комплексной цели в рамках транспортной стратегии и принятия решений в сфере оказания транспортных услуг.

В качестве комплексных подсистем ГОСТ Р 56294-2014 [11] выделяет:

- Автоматизированная система управления дорожным движением, включающая в себя подсистему директивного управления транспортными потоками и подсистему косвенного управления транспортными потоками.
- Автоматизированная система управления маршрутизированным транспортом.
- Подсистема контроля соблюдения правил дорожного движения (ПДД) и контроля транспорта.
- Подсистема управления состоянием дорог.
- Подсистема пользовательских сервисов.

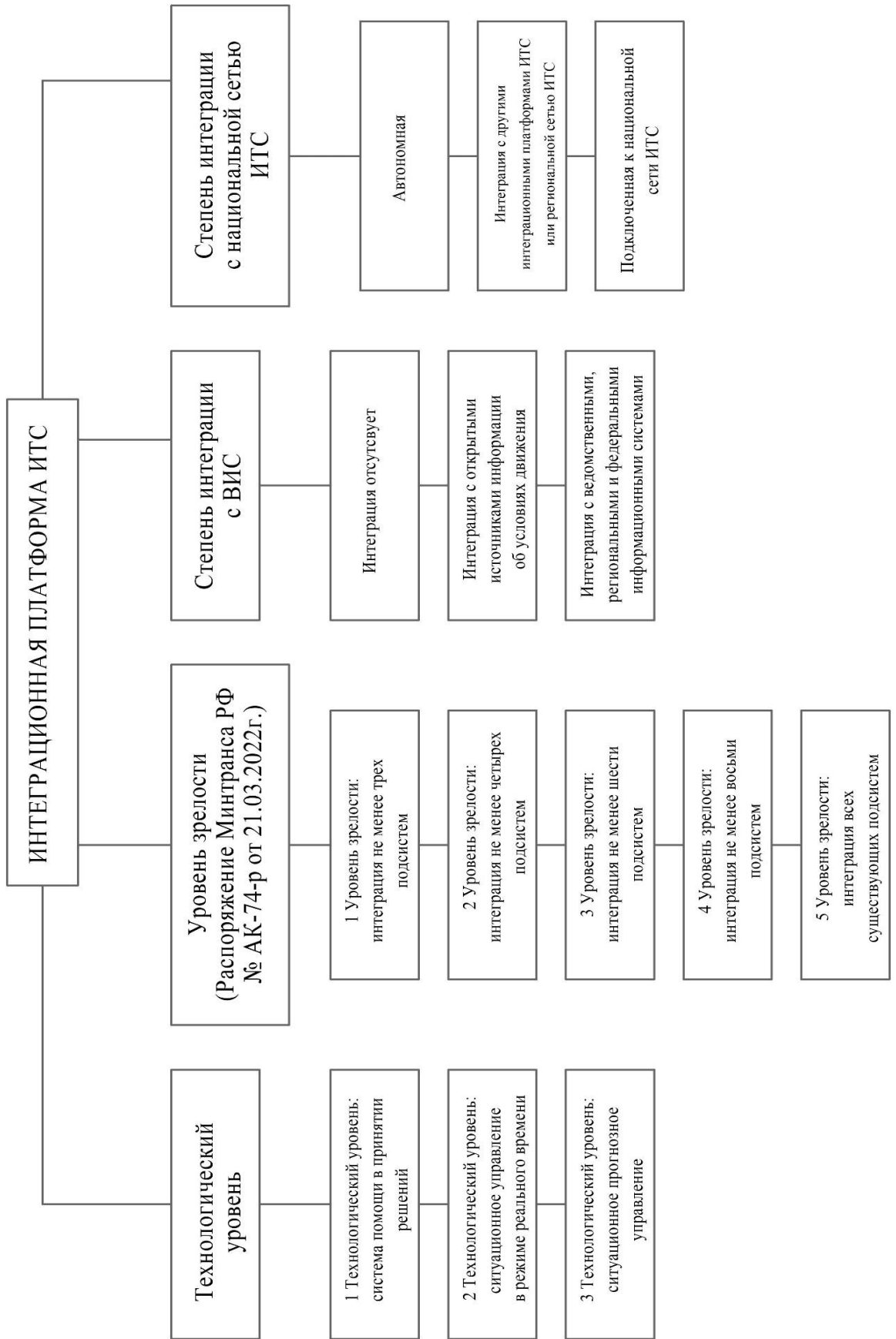


Рисунок 9 – Классификация функциональной архитектуры интеграционной платформы ИТС (в соответствии с ГОСТ Р 71092-2023) [12]

Дальнейшее развитие основ физической архитектуры ИТС является представленная в Методике оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» (Распоряжение Минтранса РФ АК-60-р от 25.03.2020г.), которая включает в себя 9 обязательных модулей и 13 обязательных подсистем, а также может включать 7 опционных модулей, и 22 опционные подсистемы (Рисунок 10) [4].

Анализируя данные приведенные на рисунках 9 и 10, можно сделать вывод, о том, что в отличие от ГОСТ Р 56294-2014, перечень подсистем, приведенных в Методике шире, а сами инструментальные подсистемы более специализированы.

Оценивая архитектуру ИТС, представленную в Распоряжении Минтранса РФ АК-60-р от 25.03.2020г. [4] следует отметить, что ряд инструментальных подсистем ИТС имеют схожие функции и имеют функцию взаимного дублирования. В связи с этим разработана новая методика формирования ИТС, представленная в «Методических рекомендациях по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение субсидий из федерального бюджета бюджетами субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрены интеллектуальные транспортные системы, предусматривающие автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» (Распоряжение Минтранса РФ АК-95-р от 27.04.2024г.) [7].



Рисунок 10 – Типовая архитектура ИТС (Распоряжение Минтранса РФ АК-60-р от 25.03.2020г.) [4]

В соответствии с распоряжением Минтранса РФ АК-95-р от 27.04.2024г. интеллектуальные транспортные системы представляют собой интеграционную платформу, объединяющую в себе модули и подсистемы ИТС.

В соответствии с «Методическими рекомендациями по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение субсидий из федерального бюджета бюджетами субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрены интеллектуальные транспортные системы, предусматривающие автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» (Распоряжение Минтранса РФ АК-95-р от 27.04.2024г.) ИТС городских агломераций должны иметь определенный уровень зрелости [7].

Инструментальные подсистемы ИТС включают в свой состав элементы подсистем ИТС, которые представляют из себя объединенное в техническую систему оборудование.

Оценивая приведенные в нормативной документации [7] требования по определению уровней зрелости ИТС субъектов Российской Федерации, можно сделать вывод, что основными направлениями реализации ИТС в нашей стране видятся мероприятия по организации дорожного движения.

Так, в частности, первые два уровня зрелости ИТС характеризуются увеличением доли светофорных объектов (подсистема светофорного управления (ПСУ), имеющих функции адаптивного управления и включенные в автоматизированную систему управления дорожным движением (АСУДД), а также созданием и развитием подсистем мониторинга параметров транспортных потоков (ПМПТП), метеомониторинга (ПМ),

видеонаблюдения, детектирования ДТП и ЧС (ПВН), диспетчеризации управления служб содержания дорог (ПДУССД). Интеграционная платформа ИТС должна обеспечивать интеграцию не менее четырех подсистем. К подсистемам, рекомендуемым к обязательной интеграции, относятся:

- ПСУ;
- ПМПТП;
- ПМ;
- ПВН;
- ПДУССД;
- подсистема обеспечения приоритетного проезда транспортных средств (ПОПП) (предусмотрена на третьем уровне зрелости ИТС);
- подсистема управления парковочным пространством (ПУПП) (предусмотрена на третьем уровне зрелости ИТС).

Таким образом, первые два этапа реализации ИТС направлены на совершенствование управления транспортными процессами за счёт повышения уровня организации дорожного движения, что коррелируется с утверждениями авторов, приведенных в работе [80].

Последующие этапы развития в ИТС в регионах, предусмотренные Методическими рекомендациями [7] предполагают развитие городского пассажирского транспорта, за счёт внедрения автоматизированных систем определения численности перевозимых ГПТОП пассажиров и автоматической передачи их в Центр мониторинга и управления общественным транспортом, а также создание и развитие ГПОПП.

Таким образом, формируется единая система управления транспортными процессами, первоначально в рамках территории реализации ИТС, с последующим масштабированием в региональную и национальные системы.

1.3 Анализ методов и способов управления процессами перевозки пассажиров на основе интеллектуальных транспортных систем

В соответствии с нормативной документацией [11] одной из целей ИТС является «оптимизация транспортного процесса». Большую роль в достижении поставленной цели оказывает внедрение элементов ИТС на базе навигационных сервисов, позволяющие фиксировать и контролировать основные показатели транспортной ситуации в городе, фиксировать нарушения ПДД, собирать информацию о наличии свободных парковочных мест, контролировать соблюдение маршрутов и расписания ГПТОП, отслеживать загруженность маршрутов, отменять непопулярные маршруты и назначать новые, где это необходимо.

Основными задачами, решаемые при помощи ИТС являются:

- повышение качества оказываемых транспортных услуг;
- обеспечение безопасности дорожного движения и перевозки пассажиров;
- повышение эффективности оперативного реагирования экстренных служб, в случае возникновения чрезвычайных ситуаций;
- формирование единого навигационно-информационного пространства транспортного комплекса регионов.

Оценивая структурные схемы подсистем и модулей, а также всей ИТС можно отметить, что ИТС позволяет управлять транспортными процессами на различных уровнях. Так, например, можно производить мониторинг и корректировку работы отдельного транспортного средства на линии, рассматривая её как самостоятельную единицу. С другой стороны, все транспортные средства образуют систему, представляющую собой транспортный поток, в этом случае объектом управления выступает транспортная система, состоящая из дорожной инфраструктуры и транспортных средств.

Примером различных подходов к управлению транспортными процессами могут быть комплекс подсистем управления дорожным

движением, который посредством ряда подсистем (подсистемы директивного и косвенного управления движением) осуществляет мониторинг и управление дорожным движением на участке улично-дорожной сети.

Другим примером управления транспортными процессами выступают системы мониторинга и управления транспортными средствами. Данный рыночный сегмент освоен уже достаточно давно. Системы мониторинга транспортных средств с помощью аппаратуры спутниковой навигации (АСН) нашли широкое распространение в различных отраслях промышленности: от пассажирского транспорта, до специализированного подвижного состава.

Большой вклад в формирование научных основ использования ИТС в области пассажирских перевозок автомобильным транспортом внесли сотрудники Московского автодорожного института (МАДИ) под руководством доктора технических наук, профессора В.М. Власова. Данный коллектив авторов сформировал структуру ИТС для городских пассажирских перевозок Московской области, которая включает в себя следующие функции (Рисунок 11) [46]:

- Автоматизированную систему учета и ведения паспортов маршрутов «Электронный паспорт маршрута», для функционирования которой необходимо наличие специализированной ГИС (географическая информационная система), единой справочной базы данных по региону (с указанием кодов ОКАТО населенных пунктов, улиц и остановок), а также исходных данных по маршруту.

- Систему автоматизированного расчета расписаний маршрутизированного транспорта (РМТ), которая базируется на мониторинге пассажиропотоков и параметров транспортного потока.

- Распределенная система диспетчерского управления, которая включает в себя диспетчерские центры пассажирских транспортных предприятий и навигационные системы транспортных средств.

- Автоматизированную систему информирования пассажиров. Информирование пассажиров может осуществляться посредством

программных средств в сети Интернет, в транспортных средствах и на остановочных пунктах (ОП).

– Информационно-аналитическую систему, включающую в себя органы местного самоуправления, региональные департаменты и министерства транспорта, региональные органы МЧС, МВД и УГАДН.



Рисунок 11 – Структура и взаимодействие основных компонентов диспетчерского управления, безопасности и информирования на ГПТОП

Необходимо отметить важную роль Федерального закона от 15 июня 2015 года № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» [1] в реализации основополагающих принципов создания автоматизированных систем управления на городском пассажирском транспорте (Рисунок 12).

Роль Федерального закона № 220-ФЗ в создании автоматизированных систем управления на городском транспорте заключается в регламентировании единых требований к формированию реестра маршрутов и карты муниципального маршрута установленного образца.

Современные цифровые технологии в области телекоммуникаций, связи и спутниковой навигации, позволили создать новую технологическую сущность в области управления пассажирскими перевозками: «Цифровая инфраструктура ГПТОП» - множество взаимосвязанных и

взаимодействующих цифровых информационных технологий, реализуемых элементами городских систем управления пассажирскими перевозками, имеющих единую информационную базу, состоящую из нормативно-справочной, пространственной и навигационной информации, организованной в рамках баз данных реестра маршрутов наземного городского пассажирского транспорта. Схема взаимодействия цифровой инфраструктуры наземного городского транспорта представлена ниже (Рисунок 13) (разработка МАДИ-ГУ) [46].



Рисунок 12 – Основополагающие принципы создания автоматизированных систем управления городским пассажирским транспортом [46]

Практическое развитие приведенные выше модели взаимодействия элементов цифровой инфраструктуры нашли в реализации концепций «безопасный автобус» и «умная остановка».

Несмотря на наличие исследовательских групп, работающих по внедрению ИТС в транспортные технологии, необходимо отметить, что наибольший вклад в развитие ИТС вносят предприятия реального сектора экономики нашей страны, разрабатывающие ПО и оборудование для данных подсистем.



Рисунок 13 – Элементы цифровой инфраструктуры ГПТОП и взаимосвязь между ними

Так в соответствии с исследованиями компании «НТИ Автонет» [103] ключевыми участниками рынка ИТС нашей страны являются:

- ПАО «Мегафон»;
- Sitronics Group – АФК «Система»;
- ПАО «Ростелеком»;
- ООО «Казань-Телематика»;
- НПО «Интеллектуальные Технические Системы»;
- АТ Consulting Восток;
- ООО «Автоматика-Д»;
- ООО «Электротекс-ИТС»;
- ООО «Рипас СПб».

Следует отметить, что наибольший интерес у компаний разработчиков ПО для ИТС вызывают АСУДД, т.к. многие регионы, реализующие ИТС ограничиваются первыми двумя уровнями зрелости. В качестве примера можно привести АСУДД «Спектр – 2.0» от компании ООО «Рипас СПб»

(Рисунок 14) и АСУДД «Мегapolis» от компании ООО «Электротекс-ИТС» (Рисунок 15) [103].

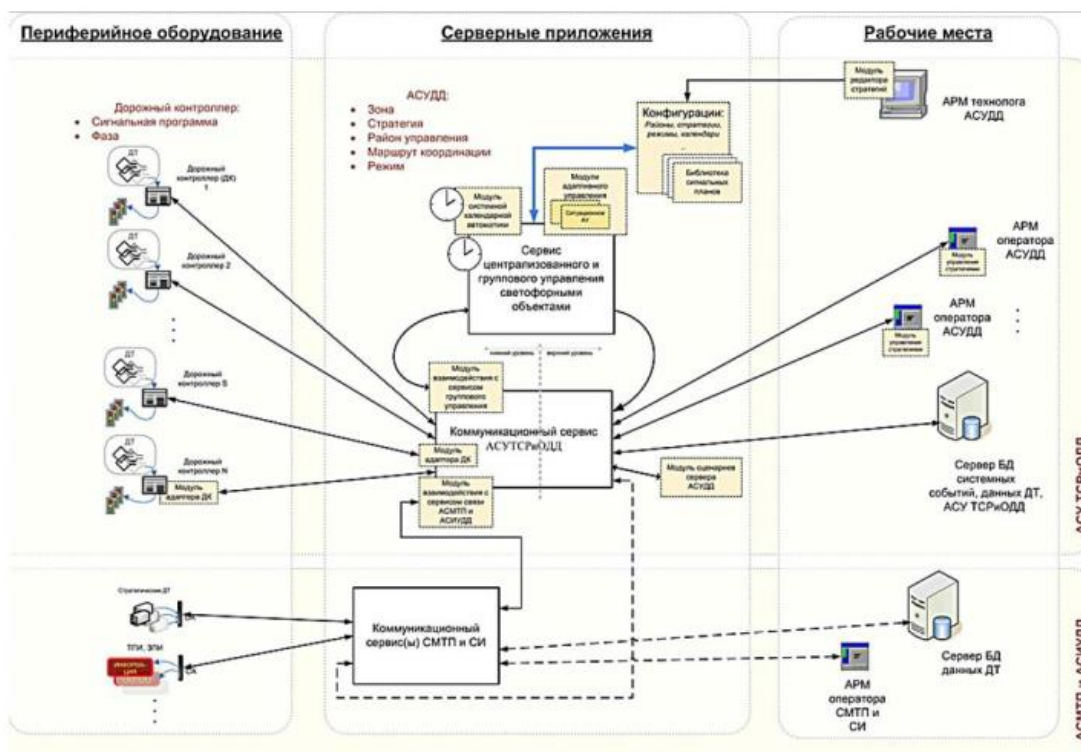


Рисунок 14 – Структурная схема АСУДД «Спектр 2.0»

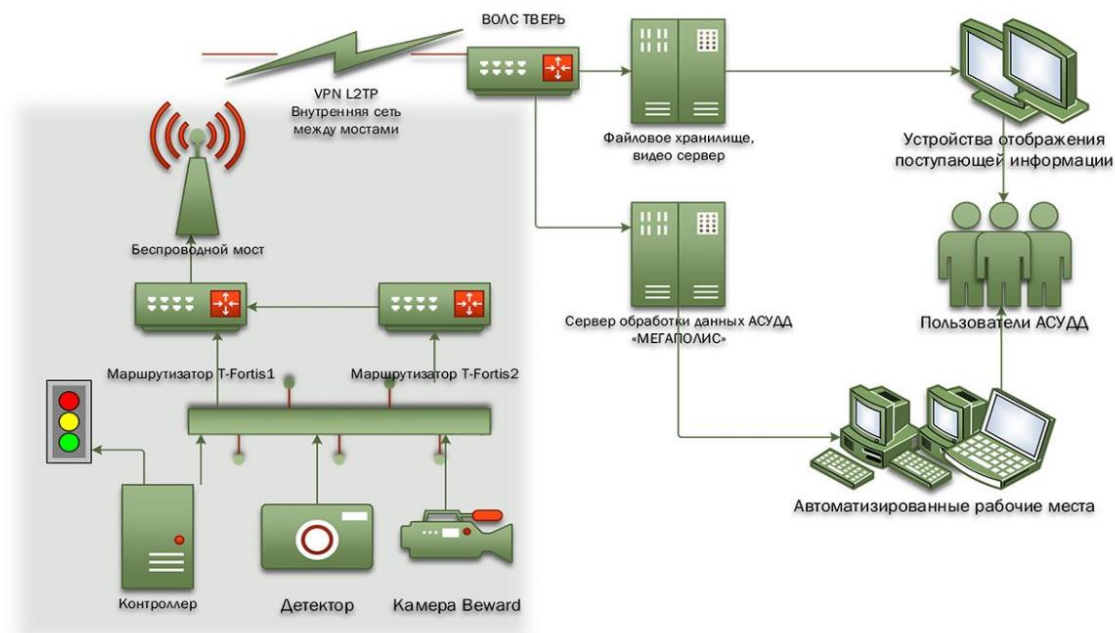


Рисунок 15 - Структурная схема АСУДД «Мегapolis» (на примере участка автодороги М10 «Москва – Санкт-Петербург»)

Анализ структурных схем АСУДД показывает их схожее устройство:

- периферийное оборудование, к которому относятся дорожные контроллеры (ДК), детекторы транспорта (ДТ), дорожные светофоры, камеры видеонаблюдения и т.д.;
- серверное оборудование, предназначенное для обеспечения связи между периферийным оборудованием и автоматизированными рабочими местами (АРМ), а также для хранения информации;
- АРМ сотрудников.

Анализируя опыт различных регионов по внедрению цифровых технологий в управление транспортными процессами, необходимо отметить, что многие регионы уже начали создавать региональные ИТС, объединяющие в одну систему муниципальные ИТС. Также постепенно меняется подход и к управлению пассажирскими перевозками наземным транспортом.

Так нормативно-методической литературой [4, 7] предусмотрен модуль управления движением общественного транспорта, включающий в себя несколько подсистем (Рисунок 16).



Рисунок 16 – Архитектура модуля управления движением общественного транспорта

В состав комплекса подсистем координации движения общественного транспорта входят следующие инструментальные подсистемы:

- подсистема управления маршрутами общественного транспорта;
- подсистема управления «умными остановками»;
- подсистема мониторинга перемещения общественного транспорта.

Подсистема управления маршрутами общественного транспорта предназначена для улучшения показателей эффективности и качества транспортного обслуживания населения, достигаемых путем оптимизации критериев использования подвижного состава ГПТОП, к которым относятся: соблюдение расписания движения, отклонение от маршрутов, пассажиропоток на маршруте. Полученные данные необходимы для оперативного управления и корректирования выпуска маршрутных транспортных средств на линию, а также осуществления сбора статистических данных, характеризующих эффективность и качество транспортной работы подвижного состава, и их дальнейшей аналитической обработки [99].

Целями и задачами подсистемы мониторинга перемещения общественного транспорта являются отслеживание перемещения маршрутных транспортных средств, а также соблюдения графиков движения транспортных средств по маршрутам [99]. Структурная схема инструментальных подсистем управления маршрутами общественного транспорта и мониторинга перемещения общественного транспорта представлена ниже (Рисунок 17).

Подсистема управления «умными остановками» предназначена для определения пассажирообмена на остановочных пунктах, коэффициента выпуска транспортных средств, а также для выявления случаев нарушений транспортного законодательства и обеспечения транспортной безопасности на остановочных пунктах. Кроме того, подсистема управления «умными остановками» необходима для информирования пассажиров о режимах работы пассажирского транспорта [99].

Структурная схема инструментальной подсистемы управления «умными остановками» представлена ниже (Рисунок 18).

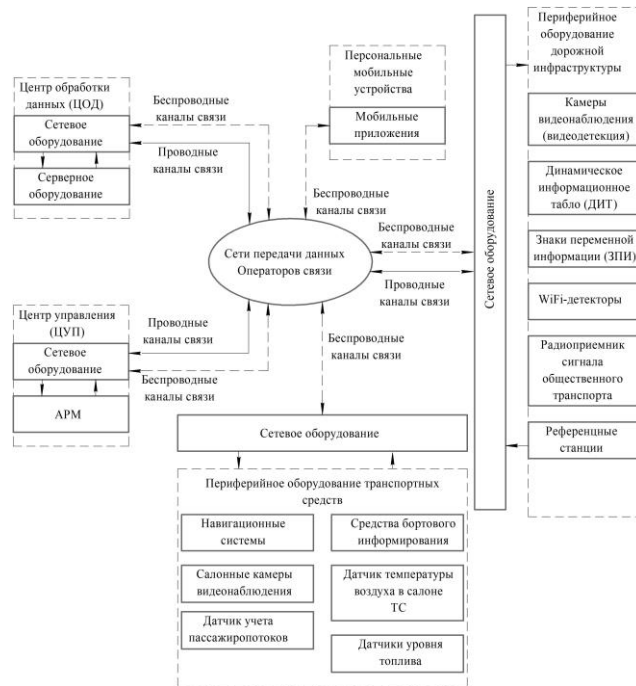


Рисунок 17 – Структурная схема инструментальных подсистем управления маршрутами общественного транспорта и мониторинга перемещения общественного транспорта

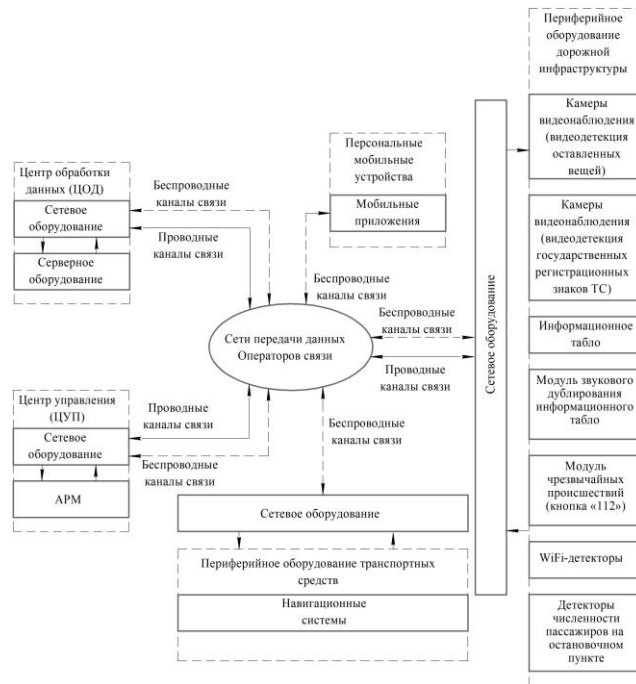


Рисунок 18 – Структурная схема инструментальной подсистемы управления «умными остановками»

ПО модуля управления движением общественного транспорта представлено широкой номенклатурой торговых наименований, которые выполняют примерно одинаковые функции:

- учет транспортной работы;
- предоставление данных для диспетчерских центров о местах расположения, технических параметрах общественного транспорта;
- диспетчерское управление движением общественного транспорта по всему маршруту;
- систематический контроль выполнения перевозчиками транспортной работы в соответствии с заключенными договорами;
- генерация специализированных отчетов о маршрутах движения общественного транспорта, расписаниях движения, размещения остановок.

Однако, в современных реалиях проникновения цифровых технологий во все сферы жизнедеятельности человека, реализация узкоспециализированного подхода разработки ПО является неактуальным процессом.

Задача управления процессами перевозки пассажиров заключается в максимальном удовлетворении спроса на перевозки, а это невозможно без развития информационных сервисов для конечных потребителей этих услуг. В этом случае имеет смысл говорить о необходимости создания цифровой экосистемы технологических продуктов, предназначенных для интерактивного взаимодействия всех участников системы пассажирских перевозок (Рисунок 19) [99].

1.4 Технологии реализации интеллектуальных транспортных систем

Важную роль в совершенствовании управления процессами перевозки пассажиров играют технологии реализации функциональных возможностей подсистем ИТС.

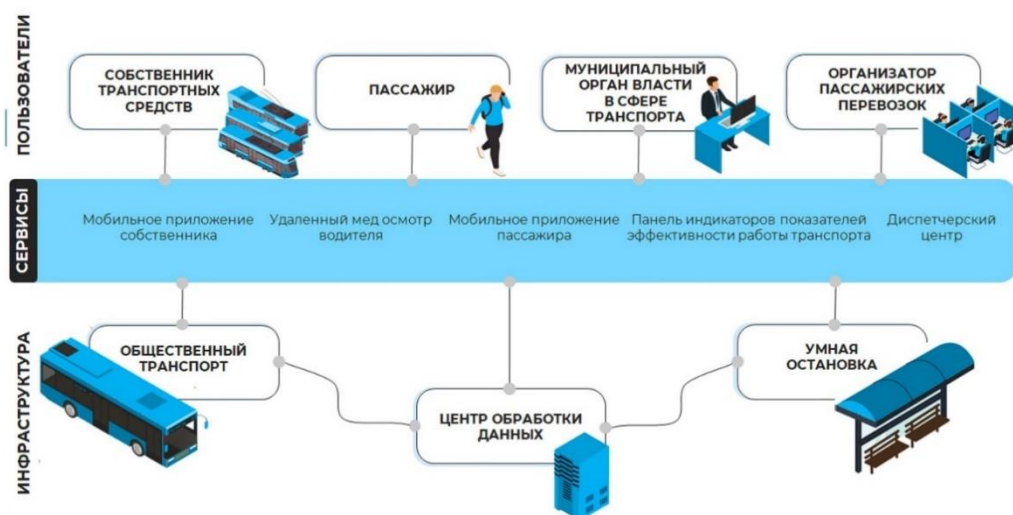


Рисунок 19 – Структурная схема экосистемы управления движением общественного транспорта

Развитие технологий реализации ИТС в нашей стране идет по пути формирования целей и общих принципов функционирования элементов ИТС, которое производится на уровне формирования нормативно-правовой и методической документации. Основными драйверами развития технологий ИТС выступают предприятия реального сектора экономики, внедряющие современные достижения науки и техники в разрабатываемые элементы ИТС.

Анализируя литературные источники [29, 33, 45, 46, 47, 53, 103, 118] можно выделить несколько ключевых технологий. В отечественной научной школе эти технологии получили название «опорных» [47, 103]. К таковым относятся:

- технологии транспортного планирования;
- информирование участников ДД;
- электронный сбор оплаты за езду по платным автомагистралям;
- управление пассажирскими перевозками;
- управление грузовыми перевозками;
- директивного и косвенного управления транспортными потоками

и т.д.

В зарубежных источниках [103] выделяются другие технологические группы (Рисунок 20).



Рисунок 20 – Зарубежные технологии ИТС

Анализ подходов к формированию ключевых технологий ИТС позволил сформировать перечень наиболее перспективных:

- технологии сенсорных устройств и сквозные цифровые технологии (искусственный интеллект, облачные технологии) [76];
- технологии позиционирования [33];
- технологии беспилотного управления транспортными средствами и интеллектуальные системы помощи водителям [29];
- технологии создания «цифровых двойников» [103];
- интеллектуальные интеграционные платформы [12].

О востребованности данных технологий свидетельствует и активизация разработки документов стандартизации по этим направлениям. Так, в частности, разработан ПНСТ 892-2023 «Интеллектуальные транспортные системы. Системы диспетчерского управления городским наземным пассажирским транспортом. Требования к архитектуре и функциям подсистемы информирования пассажиров, использующей фактическую и

прогнозную информацию о движении транспортных средств на маршрутах» [87], в котором приведены общие принципы информирования пассажиров, при этом активно используются технологии позиционирования.

Другим направлением является применение искусственного интеллекта (ИИ) в транспортной сфере. Эти вопросы находятся в ведении подкомитета 03 «Искусственный интеллект в дорожно-транспортном комплексе» Технического комитета по стандартизации 164 «Искусственный интеллект» [102]. На данный момент искусственный интеллект активно внедряется в транспортную отрасль (Рисунок 21). В качестве периферийного оборудования ИИ в ИТС широко применяются различные сенсорные устройства (в основном видеорекамеры).

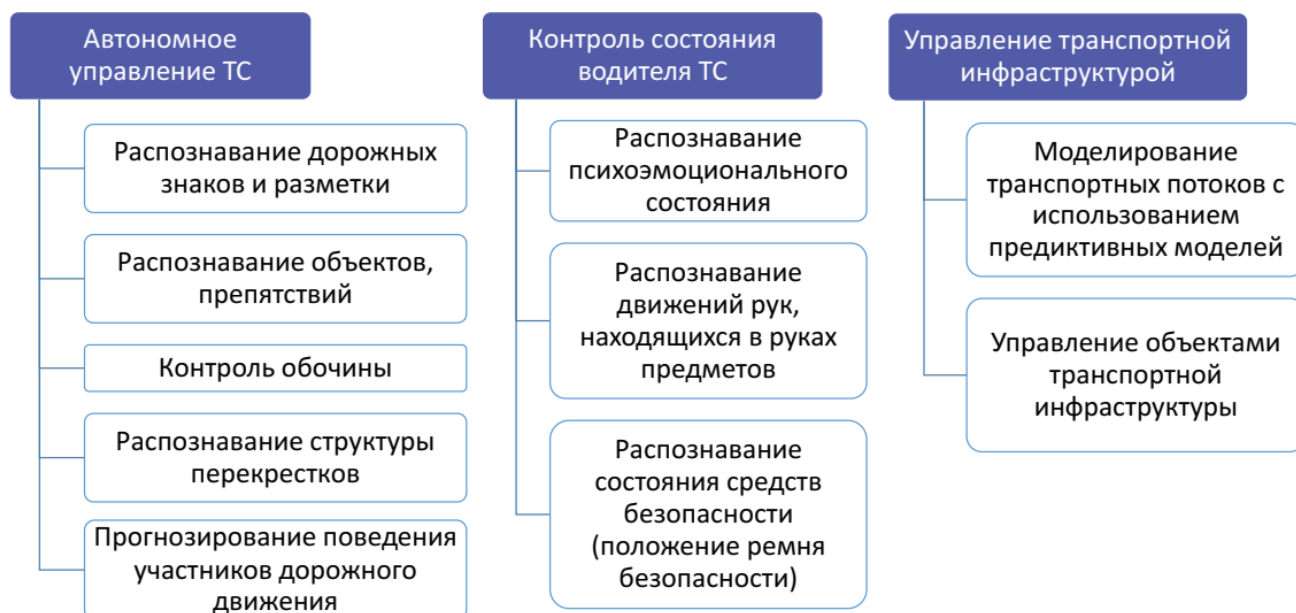


Рисунок 21 – Задачи ИИ в транспортной отрасли

Востребованность развития и совершенствования управления транспортными процессами вызывает необходимость широкого внедрения в процессы управления технологий «цифровой двойник». Для этого уже разрабатываются отечественные программные продукты имитационного моделирования. Примером такого ПО является программа «TransNet» [91].

Как отмечалось выше, функциональная архитектура интеграционной платформы стандартизована ГОСТ Р 71092-2023 «Интеллектуальные

транспортные системы. Требования к функциональной архитектуре интеграционной платформы интеллектуальных транспортных систем» [12].

Таким образом, данный момент характеризуется высокими темпами создания и развития муниципальных ИТС и широким внедрением современных технологических решений. При этом наблюдается определенное отставание теоретических, методических и нормативно-правовых разработок от уровня технологического развития.

1.5 Цели и задачи исследования

Анализ тенденций совершенствования управления процессами перевозки пассажиров на основе ИТС, позволил установить, что, точками совершенствования управления процессами перевозки пассажиров в современных условиях являются:

- повышение регулярности транспортного обслуживания пассажиров;
- автоматизация учёта работы подвижного состава и персонала, занятых в транспортных процессах перевозки пассажиров;
- расширение возможностей диспетчерского управления транспортным процессом;
- оперативный контроль над процессом перевозки пассажиров;
- оптимизация решения прикладных задач управления процессом перевозки пассажиров в штатных и нештатных ситуациях.

Осуществить достижение выявленных точек совершенствования управления процессами перевозки пассажиров предлагается широким внедрением ИТС, создание которых в нашей стране осуществляется с середины 2010-х годов. Бурный этап создания ИТС в России стартовал в 2019 году в рамках Национального проекта «Безопасные и качественные дороги». За эти годы были определены принципы формирования и эксплуатации ИТС на уровне городских агломераций.

Проведенный анализ принципов формирования и эксплуатации ИТС (физическая и функциональная архитектура, анализ нормативно-правового поля) показал на современном этапе реализации региональных ИТС наблюдается дисбаланс между практическими разработками, теоретическими основами и нормативно-правовой документацией. Зачастую имеет место строительство подсистем ИТС, требования к которым разрабатывает заказчик (как правило органы региональной исполнительной власти) без учёта теоретических основ функционирования ИТС. Это приводит к тому, что подрядчик (разработчик ПО и оборудования для подсистем ИТС) производит строительство подсистем, имеющих физическую и функциональную архитектуру несовместимую с подсистемами других производителей, что негативно сказывается на возможности строительства региональных и национальных сетей ИТС.

Кроме того, превалирует узкоспециализированный подход к реализации подсистем ИТС. Однако, исходя из анализа направлений развития ИТС в нашей стране уже нельзя ограничиваться развитием лишь одной из подсистем. Необходимо реализовывать комплексный подход к управлению процессами перевозки пассажиров как на муниципальном, так и на вышестоящих региональном и федеральном уровнях, позволяющий реализовывать управление в штатных и нештатных ситуациях, с применением современных технологий мониторинга и управления, в том числе и с использованием искусственного интеллекта.

В связи с этим сформированы цель и задачи диссертационного исследования. Цель настоящей работы – разработка алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях на основе интеллектуальных транспортных систем. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ тенденций совершенствования управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях, а также современного опыта создания и развития ИТС.

2. Научно обосновать алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров на основе ИТС, позволяющие решать прикладные задачи определения значений составляющих элементов маршрутного расписания ГПТОП.

3. Провести экспериментальные исследования по установлению взаимозависимости фактического времени прохождения перегона УДС ПС ГПТОП от средней скорости движения транспортного потока, фактических значений времени интервала движения ПС ГПТОП и времени посещения геозон, определенного глобальной навигационной спутниковой системой, а также параметров точности и качества технологий искусственного интеллекта, применяемых для мониторинга и определения фактических значений времени прохождения ПС ГПТОП перегона УДС и интервала их движения.

4. Разработать программное обеспечение для управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях.

5. Определить эффективность применения разработанных алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ

2.1 Определение целевой функции диссертационного исследования

Как отмечено выше, система ГПТОП, регулируемая Федеральным законом № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 13.07.2015г включает в себя следующих участников [1] (Рисунок 22).

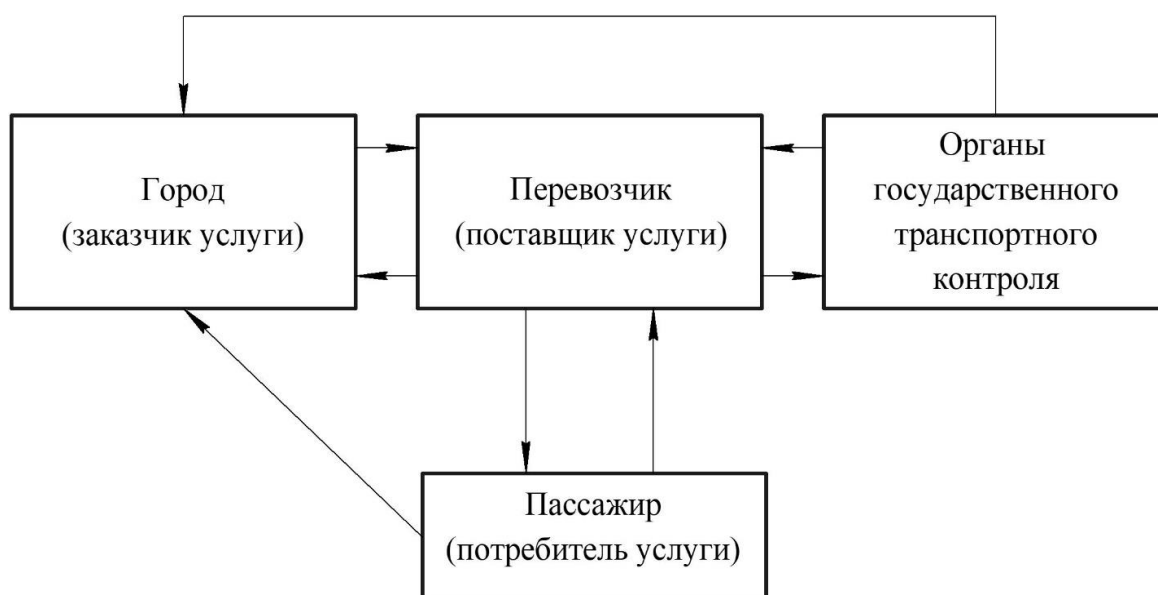


Рисунок 22 – Схема взаимодействия участников системы ГПТОП

Соответственно выделяются и различные подходы к оценке эффективности управления процессом перевозки пассажиров. Так для компаний – перевозчиков важным элементом является оценка технико-экономических показателей использования ПС, маршрутов и транспортной системы в целом.

К таким показателям относятся [41]:

- время рейса;
- время обратного рейса;

- средний интервал движения ПС на маршруте;
- интенсивность движения ПС на маршруте
- время нахождения ПС в наряде;
- количество рейсов работы ПС за смену;
- коэффициент сменяемости пассажиров за рейс;
- коэффициент наполнения ПС;
- динамический коэффициент использования вместимости ПС;
- суточная производительность единицы ПС;
- коэффициент регулярности;
- коэффициент выполнения рейсов;
- коэффициент выполнения графика движения.

С точки зрения пассажиров целесообразным является оценка эффективности процесса перевозки пассажиров посредством критериев, приведенных в нормативном документе ГОСТ Р 51004-96 «Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества» (от 01.01.1997 г.) [13]. Данный нормативный документ устанавливает перечень показателей качества, предъявляемых к пассажирским перевозкам (Рисунок 23 - Рисунок 30).

Цели «Заказчика» заключаются в полном удовлетворении спроса на перевозки пассажиров, с соблюдением всех нормативных и правовых показателей.

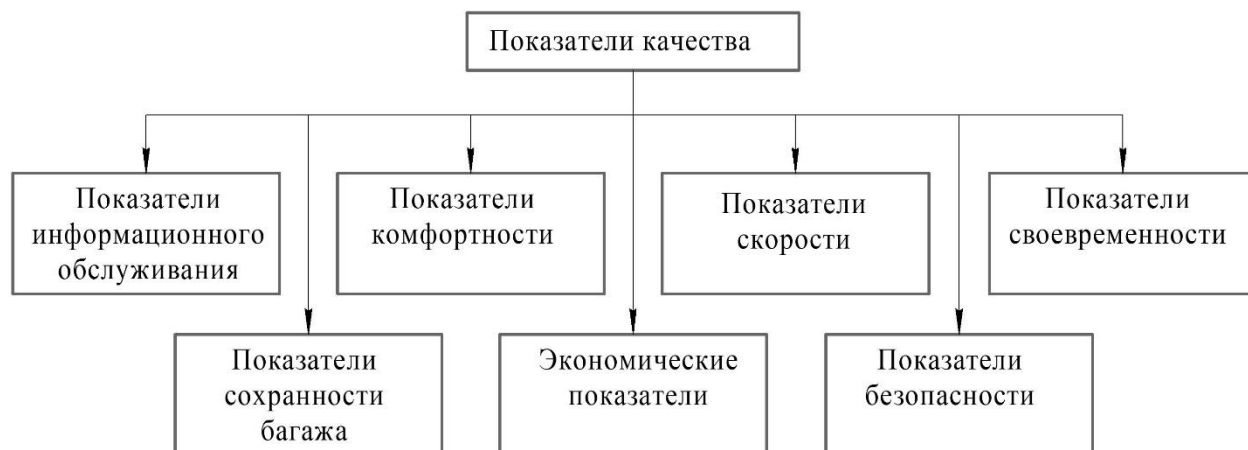


Рисунок 23 – Показатели качества пассажирских перевозок Р 51004-96

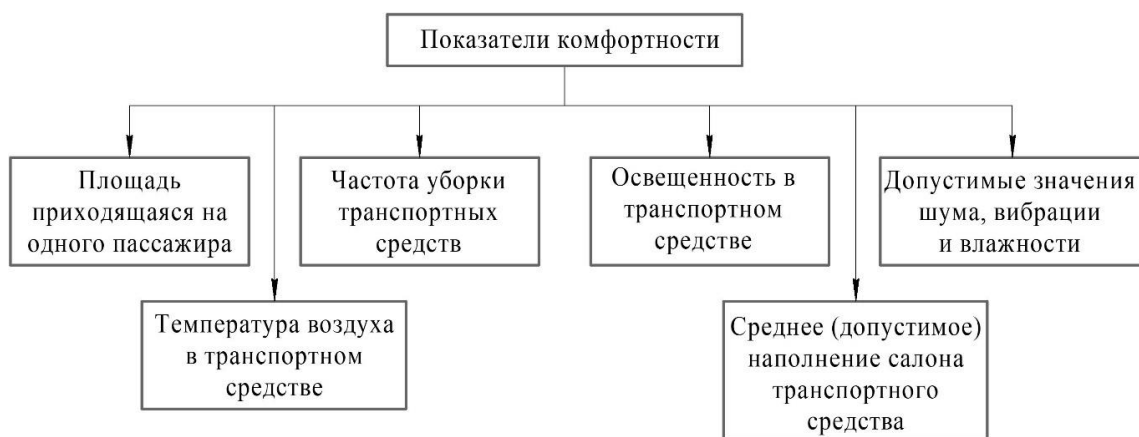


Рисунок 24 – Показатели комфортности в соответствии с ГОСТ Р 51004-96



Рисунок 25– Показатели скорости в соответствии с ГОСТ Р 51004-96

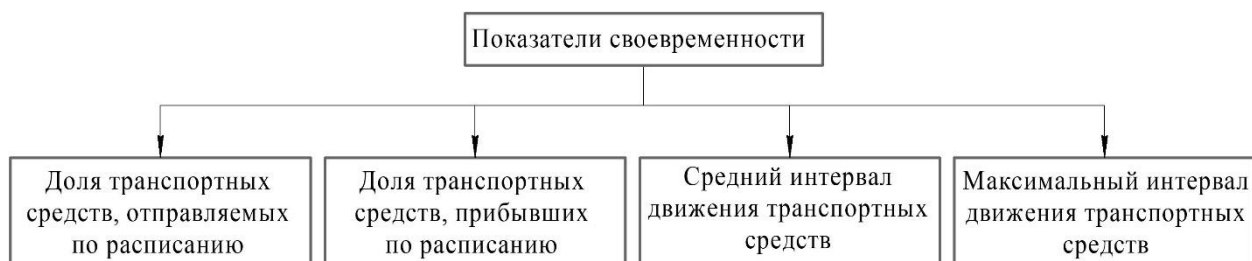


Рисунок 26 – Показатели своевременности в соответствии с ГОСТ Р 51004-96



Рисунок 27 – Показатели сохранности багажа в соответствии с ГОСТ Р 51004-96

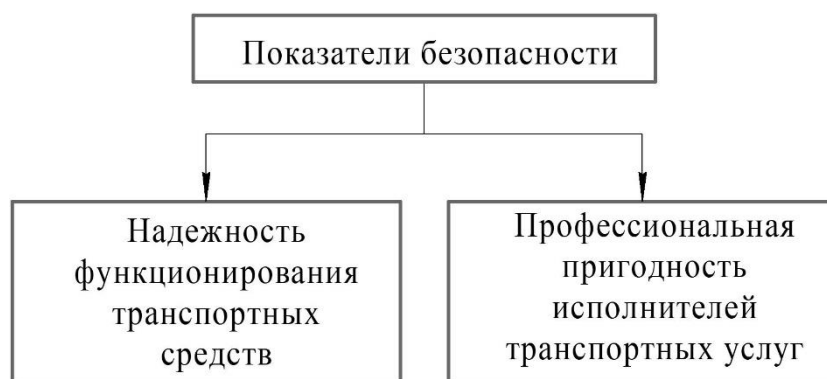


Рисунок 28 – Показатели безопасности в соответствии с ГОСТ Р 51004-96

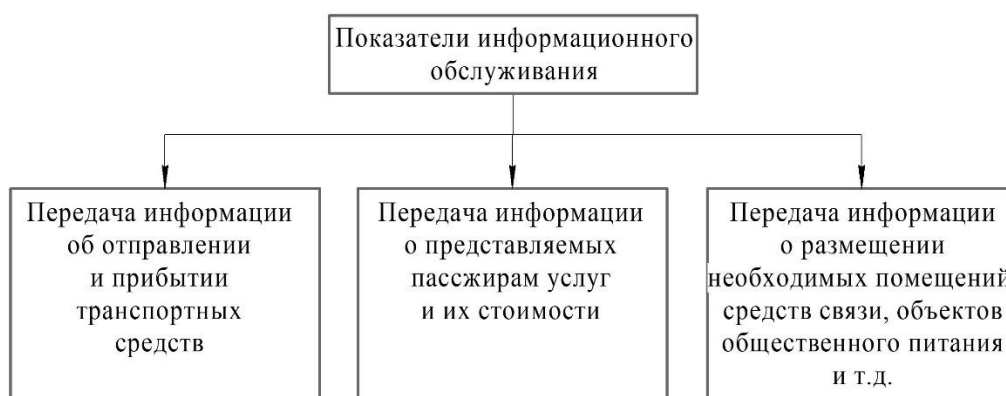


Рисунок 29 – Показатели информационного обслуживания в соответствии с ГОСТ Р 51004-96

Экономические показатели являются дополнительными показателями и включают в себя.

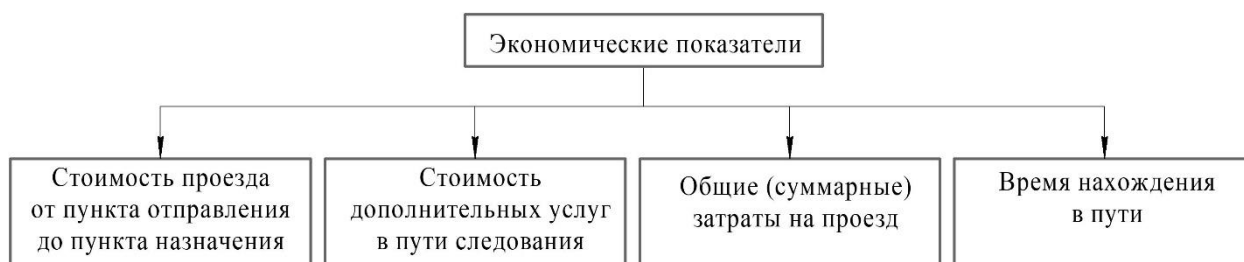


Рисунок 30 – Экономические показатели в соответствии с ГОСТ Р 51004-96

Приведенные показатели эффективности управления процессами перевозки пассажиров показывают, что значительное влияние на повышение этих показателей оказывают организационные мероприятия, направленные на формирование рациональной маршрутной сети, оптимизацию структуры ПС пассажирского транспорта, повышения эффективности диспетчерского

управления пассажирским транспортом, а также повышение показателей информационного обслуживания пассажиров ГПТОП.

Все вышеописанные направления развития системы ГПТОП нашли отражения в Методических рекомендациях [69], которые отражают общие принципы формирования и развития системы перевозок пассажиров в условиях территориально-административных образований нашей страны. В рассматриваемом документе [69] основным направлением совершенствования системы пассажирских перевозок является соблюдение требований Социального стандарта [4], в соответствии с которым основной задачей перевозки пассажиров является минимизация суммарных затрат времени всех пассажиров на перемещение, т.е.:

$$F = \sum (Q_{ij} \times T_{ij}) \rightarrow \min , \quad (1)$$

где Q_{ij} – пассажиропоток, пасс./ч;

T_{ij} – время поездки, ч;

i, j – точки маршрута (вершины графов маршрутов).

Как отмечалось выше, ГПТОП организован по маршрутному принципу, т.к. никаким другим способом осуществить постоянные массовые перевозки невозможно. Выделяются следующие методы и подходы к планированию сети ГПТОП (Рисунок 31).

Маршрутная сеть формируется на основе территориального зонирования и матриц транспортных корреспонденций [60, 69, 80, 108]. Так, в частности, документ [69] предусматривает следующий алгоритм формирования и оптимизации маршрутной сети городских агломераций (ГА) (Рисунок 32).

Механизмы построения матриц корреспонденций и определение параметров пассажиропотоков на маршрутах изучены достаточно полно и больше решают вопрос относящийся к транспортному планированию ГА, нашедший отражение в рамках формирования документов транспортного планирования (ПКРТИ, КСОДД и КСОТ) [69].



Рисунок 31 – Методы и подходы к планированию сети ГПТОП



Рисунок 32 – Алгоритм формирования и оптимизации маршрутной сети ГА

Соответственно, параметры матрицы корреспонденций и пассажиропотоков оказывают влияние на все остальные показатели, характеризующие условия функционирования ГПТОП. Так, в частности, расчётная вместимость ПС на маршруте находится в прямой зависимости от значений пассажиропотока и интервала движения ПС [69]:

$$q_{расч} = Q_{ijmax} \times I, \quad (2)$$

где Q_{ijmax} – максимальный пассажиропоток на участке маршрута, пасс./ч;

I – интервал движения ПС, ч.

Методические рекомендации [69] регламентируют ручной выбор интервала движения ПС. При этом минимальное значение интервала движения приравнивается к минимально необходимому времени на посадку и высадку пассажиров [69].

На основании данных о пассажиропотоке на маршруте, интервале движения, расчётной вместимости ПС, длины маршрута и эксплуатационной скорости ПС можно определить необходимо количество ПС на маршруте [69]:

$$A_M = \frac{T_{об} \times 60}{I} = \frac{2 \times L_M}{V_{э} \times I} = \frac{2 \times L_M \times Q_{ijmax}}{V_{э} \times q_{расч}} = \frac{Q_{ijmax}}{T_{об} \times q_{расч}}, \quad (3)$$

где Q_{ijmax} – максимальный пассажиропоток на участке маршрута, пасс./ч;

I – интервал движения ПС, ч;

$T_{об}$ – время оборотного рейса, ч;

L_M – протяженность маршрута, км;

$V_{э}$ – эксплуатационная скорость ПС, км/ч.

В общем виде затраты времени пассажира на поездку определяется по формуле [69]:

$$T_{ij} = 2 \times T_{пх} + T_{ож} + T_{сл}, \quad (4)$$

где $T_{пх}$ – затраты времени на пеший подход к ОП или от ОП к конечной цели поездки, мин;

$T_{ож}$ – затраты времени на ожидание посадки в ПС, мин;

$T_{сл}$ – затраты на следование в ПС, мин.

Данные постулаты приводят к высокой вариативности построения маршрутных схем городского пассажирского транспорта, но наиболее эффективными схемами является компромиссное решение, учитывающее два крайних варианта формирования маршрутной схемы:

– обеспечение непосредственной связи всех транспортных микрорайонов посредством прямых маршрутов, при этом значение коэффициента пересадочности $K_{пер}=0$, а количество маршрутов равно [69]:

$$m = \frac{(n-1) \cdot n}{2}, \quad (5)$$

где n – число транспортных микрорайонов (зон).

– обеспечение связи только между соседними микрорайонами при простейшем линейном расположении этих микрорайонов, при этом значение коэффициента пересадочности будет иметь максимальное значение ($K_{пер} \rightarrow \max$), а число маршрутов будет равно [69]:

$$m = n - 1. \quad (6)$$

Необходимо отметить, что при обеспечении непосредственной связи всех транспортных районов будет наблюдаться незначительные значения пассажиропотоков на маршрутах и при достаточно малых значениях интервала движения низкие показатели коэффициента использования вместимости ПС. При попытке обеспечения приемлемого с точки зрения приведенных затрат на перевозку пассажиров, значения коэффициента использования вместимости ПС будет наблюдаться увеличение интервалов движения ПС, что увеличит время ожидания $T_{ож}$ пассажиров.

Большинство муниципальных образований идет именно по пути обеспечения непосредственной связи всех транспортных районов. Примером данного является маршрутная сеть Орловской городской агломерации (ОГА). Так анализ маршрутной сети ОГА позволил выявить значительные значения дублирования маршрутов маршрутной сети (раздел 3 диссертационного исследования).

Наличие значительного количества дублирующих друг друга маршрутов повышает нагрузку на УДС муниципальных образований, а также приводит к загруженности ОП (Рисунок 33, Рисунок 34).



Рисунок 33 – ОП «Завод приборов» маршрутной сети ОГА (фото автора)



Рисунок 34 – ОП «Военно-исторический музей» маршрутной сети ОГА (фото автора)

При этом реализация целевой функции (1) без учёта принципов рационального формирования маршрутной сети приведет к прохождению через один и тот же ОП значительного числа маршрутов, снижению интервалов их движения, а также недостаточной загрузки ПС. Так, в частности, в ходе проведения натурных исследований уровня среднесуточной

загрузки было установлено, что среднесуточная загрузка ПС не превышает 30% (раздел 3 диссертационного исследования), при том, что в пиковое время загрузка может составлять до 90...100%. Одним из мероприятий, позволяющих повысить заполняемость ПС является согласование расписания движения между маршрутами, проходящими через один ОП.

Согласно Постановлению Правительства РФ №1586 от 01.10.2020г. [4] расписание перевозок определяется для каждого ОП, при этом расписание содержит интервалы отправления ПС от ОП. Социальный стандарт [4] предусматривает отклонение от расписания движения не более двух минут, а общее количество рейсов с опозданием более двух минут не должно превышать значения 15%.

Целесообразность согласования расписания движения нескольких маршрутов наземного пассажирского транспорта определяется следующими условиями [69]:

- 5...10% пассажиров согласуемых маршрутов охвачены необходимостью согласования;
- наличие достаточно протяженного совместного участка следования ПС.

Таким образом, в качестве направления совершенствования управления процессами перевозки пассажиров при помощи ИТС принимается мероприятия по совершенствованию алгоритмов анализа интервалов движения на ОП для целей формирования согласованного расписания движения маршрутного транспорта.

В этом случае целевая функция исследования имеет вид:

1. Интервалы движения ПС на совмещенных участках должны иметь равные значения или быть кратны меньшему из интервалов движения:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_2 = I_n, \\ I_n &= K \times I_{\min}, \end{aligned} \quad (7)$$

где I_1, I_2, I_n, I_{\min} – интервалы движения на маршруте, мин.;

K – коэффициент кратности, целое положительное число

2. Разность времени оборотного рейса должна равняться или быть кратной наименьшему интервалу на маршруте:

$$T_{об} = (2t_{p1} + t_{o1}) - (2t_{p2} + t_{o2}) = K \cdot I_{\min}, \quad (8)$$

где t_{p1} , t_{p2} – продолжительность рейса на согласуемых маршрутах, мин.;

t_{o1} , t_{o2} – продолжительность отстоя ПС после выполнения рейса на согласуемых маршрутах, мин.

При этом необходимо учитывать, что уровень обслуживания пассажиров должен быть равен или менее значения уровня «Е» [16].

2.2 Теоретические основы совершенствования управления процессами перевозки пассажиров на основе ИТС

2.2.1 Формирование информационных потоков алгоритмов совершенствования управления процессами перевозки пассажиров

В соответствии с определением ИТС, приведенным в нормативном документе [15], назначением системы является: «автоматизированный поиск и принятие к реализации максимально эффективных сценариев управления транспортно-дорожным комплексом региона, конкретным транспортным средством или группой транспортных средств с целью обеспечения заданной мобильности населения, максимизации показателей использования дорожной сети, повышения безопасности и эффективности транспортного процесса, комфортности для водителей и пользователей транспорта». Таким образом, исходя из определения, ИТС предназначена для формирования и реализации сценарных планов управления транспортными системами, в том числе и системой пассажирских перевозок.

В нашем случае, ИТС в целом, а также её комплексные и инструментальные подсистемы направлены на достижение максимальной эффективности функционирования системы пассажирских перевозок, получение которой обеспечивают адаптивные алгоритмы перевозок [80]. Следует отметить, что основой функционирования ПС на маршруте является

маршрутное расписание. Важным элементом маршрутного расписания является интервальность движения ПС, которая необходима для формирования рационального маршрутного расписания для «кустовых» маршрутов, объединенных общим конечным пунктом или относительно большим участком их совместного следования по транспортной сети [100].

При формировании нового расписания движения и оптимизации существующего расписания первоначальной операцией является заполнение матрицы значения времени отправления каждого выхода ПС от конечных ОП маршрутов. Формируется он на основании заданных нормативов времени пробегов [42]. Транспортная обстановка на УДС не является величиной постоянной, поэтому время прохождения того или иного участка маршрута варьируется в течении суток (Рисунок 35).

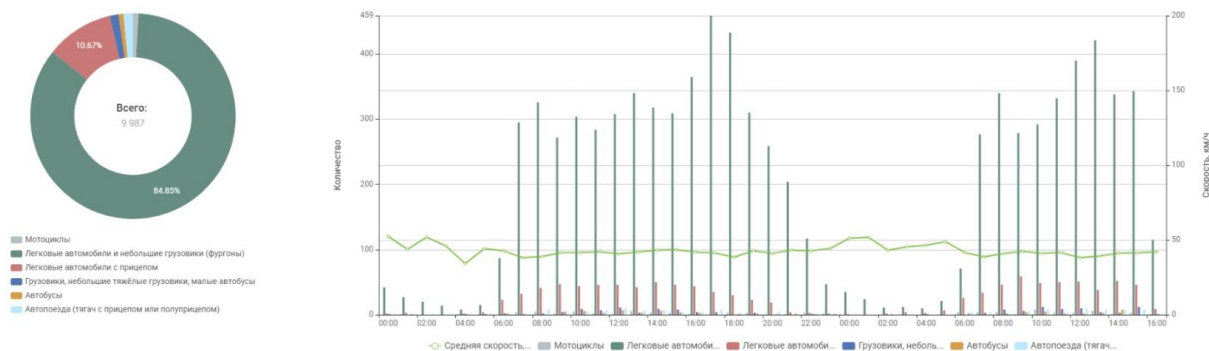


Рисунок 35 – Изменение интенсивности и скорости движения на перегоне ул. Октябрьская – ул. Матвеева г. Орла (фото автора)

Для получения объективных данных о скорости и времени прохождения участка маршрута возможно применение различных методов:

- хронометраж времени движения при помощи тестового автомобиля, движущего в транспортном потоке и придерживающегося рядности контролируемого ПС ГПТОП;
- хронометраж времени движения между перекрестками по пути следования ПС ГПТОП;

- определение текущих значений скорости ПС ГПТОП в транспортном потоке в нескольких контрольных сечениях перегона, с дальнейшим расчётом среднего времени движения на перегоне;
- хронометраж времени движения учетчиком, находящимся в контролируемом ПС ГПТОП.

С развитием цифровых технологий начали выдвигаться предположения о возможности применения данных технологий в пассажирском транспорте. Так в частности А.В. Липенков [61] предлагает для моделирования маршрутов движения общественного транспорта применять методы имитационного моделирования в среде AnyLogic. Это веяние нашло широкий отклик в среде отечественных и зарубежных ученых. Однако, необходимо учитывать, что в большинстве случаев применение средств имитационного моделирования в значительной мере зависит от математических моделей, которыми оперирует среда имитационного моделирования, и чем более универсальной является среда, тем менее точными являются имитационные модели.

Перспективным направлением, которое поддерживается в рамках реализации Национальных проектов РФ [1] является применение технических средств и ПО комплексных и инструментальных подсистем ИТС [11]. Также применение данных систем регламентируется ФЗ-220 от 13.07.2015 [1], который предусматривает контроль за движением пассажирского транспорта на основе «информационной системы навигации».

В связи с вышесказанным, для определенной нами целевой функции диссертационного исследования возникает необходимость определения элементов ИТС и информационных потоков, направленных на совершенствование управления транспортными процессами, конкретнее на интеллектуализацию решений управления процессами перевозки пассажиров.

С целью совершенствования управления транспортными процессами рассмотрим структурные составляющие времени оборотного рейса пассажирского транспорта. На основании формулы (8), можно отметить, что составляющими элементами времени оборотного рейса являются:

- продолжительность рейса, мин.;
- продолжительность отстоя ПС после выполнения рейса, мин.

В свою очередь продолжительность рейса включает в себя следующие составляющие [41]:

$$t_p = t_{\text{дв}} + t_{\text{ос}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{сл}} + t_{\text{вын}}, \quad (9)$$

где $t_{\text{дв}}$ – время, затрачиваемое непосредственно на движение, мин.;

$t_{\text{ос}}$ – время, затрачиваемое на стоянки на ОП, мин.;

$t_{\text{пер}}$ – задержки ПС на перекрестках, мин.;

$t_{\text{сл}}$ – случайные задержки, мин.;

$t_{\text{вын}}$ – вынужденный простой ПС перед ОП, мин.

Время, затрачиваемое непосредственно на движение ПС включает в себя время разгона, движения с установившейся скоростью и торможения. Данный показатель зависит от множества факторов, а именно:

- протяженность перегона;
- уровень обслуживания дорожного движения [10];
- технико-эксплуатационные характеристики ПС, используемого на маршруте;
- КСОДД на маршруте следования ПС;
- пропускная способность ОП;
- дорожные и метеорологические условия на пути следования ПС.

Протяженность перегона ограничивается требованиями по размещению ОП на маршрутной сети [4, 69]. В частности, для населенных пунктов расстояние между соседними ОП регламентируется 400...600 м.

Уровень обслуживания дорожного движения характеризует загруженность УДС, по которому проходит маршрут следования ПС.

Технико-эксплуатационные характеристики ПС, используемого на маршруте, зависят от марки и модели ПС.

КСОДД на маршруте описывает наличие на пути следования ПС светофорного регулирования, принятой схемы движения на УДС.

Пропускная способность ОП ограничена числом мест обслуживания на ОП и среднего времени занятости одного места обслуживания [62]:

$$Q_{on} = \frac{3600n}{\frac{p}{s} + t_{on}}, \quad (10)$$

где Q_{on} – абсолютная пропускная способность ОП, авт/ч;

p – число мест обслуживания, ед;

s – поток насыщения городского пассажирского транспорта, авт/с;

t_{on} – среднее время занятости одного места обслуживания, мин.

При этом необходимо учитывать требования нормативной документации [69] предусматривающей от одного до трех мест обслуживания на ОП.

Дорожные и метеорологические условия на пути следования оказывают непосредственное значение на скорость следования ПС по УДС на маршруте.

Время, затрачиваемое на стоянки на ОП, включает в себя время, необходимое непосредственно для посадки и высадки пассажиров в ПС (из ПС), а также время срабатывания механизмов открывания и закрывания дверей ПС и время реагирования водителя на окончание процесса посадки-высадки пассажиров на ОП.

Задержки ПС на светофорных объектах зависят от циклов светофорного регулирования на перекрестках и зависит от типа применяемого способа управления светофорным объектом [19].

Случайные задержки могут включать в себя различные ситуации (например, передача водителю забытых в салоне вещей) и как правило не занимают больше 1 мин.

Проведем анализ, как подсистемы ИТС могут влиять на выявленные показатели. На основании анализа современных тенденций в области создания и развития ИТС в нашей стране основными компонентами, формирующими направления совершенствования алгоритмов интеллектуализации решений управления процессами перевозки пассажиров ГПТОП, являются [99]:

- подсистема управления маршрутами общественного транспорта (ПУМОТ);
- подсистема мониторинга перемещения общественного транспорта (ПМППОТ);
- подсистема управления «умными остановками» (ПУУО);
- подсистема диспетчерского управления транспортом служб содержания дорог (ПДУТССД);
- подсистема управления состоянием дорог (ПУСД);
- комплекс подсистем управления дорожным движением (КПУДД);
- интеграционная платформа ИТС (ИП ИТС).

Из перечня приведенных подсистем можно выделить подсистемы, оказывающие непосредственное влияние на управления транспортным процессом и подсистемы, от которых зависит режим функционирования системы перевозки пассажиров.

Так, в частности, КПУДД осуществляет управление дорожным движением посредством директивного и косвенного управления транспортными потоками, в котором в том числе движется и пассажирский транспорт. Таким образом, эффективность функционирования КПУДД оказывает влияние на время движения $t_{\text{дв}}$ (формула (9)). В состав КПУДД могут входить подсистемы светофорного управления (ПСУ), подсистема мониторинга параметров транспортных процессов (ПМПТП), подсистема обеспечения приоритетного проезда (ПОПП).

Состояние дорожного покрытия также оказывает существенное влияние на время движения. Однако, в рамках управления транспортными процессами перевозки пассажиров, данная подсистема доступна для управления в области содержания дорог. При этом необходимо выполнять работы по уборке и обработке дорожных покрытий противогололедными составами. Этим процессом имеется возможность управлять в рамках оперативной диспетчеризации при помощи ПДУТССД, также данная подсистема

формирует информационный поток о состоянии дорожного полотна, что оказывает непосредственное влияние на работу общественного транспорта.

ПУУО предназначена для сбора данных о режимах работы ПС городского пассажирского транспорта, обеспечения транспортной безопасности, а также для информирования пассажиров об этих режимах.

ПМПОР формирует информационные потоки о движении ПС городского пассажирского транспорта. В свою очередь ПУМОТ формирует информационные потоки о численности перевезенных пассажиров.

Таким образом, в рамках управления транспортными процессами перевозки пассажиров, следующие подсистемы: ПУМОТ, ПМПОР, ПУУО, ПУСД и ПДУТССД оказывают прямое или косвенное воздействие на объект управления: параметры движения ГПТОП. Данные подсистемы объединим в единый комплекс подсистем координации движения общественного транспорта и диспетчерского управления транспортом служб содержания дорог (КПКДОТ). Таким образом, физическая архитектура элементов ИТС, оказывающих влияние на показатели функционирования ГПТОП имеет вид (Рисунок 36).

Основными источниками информации для КПКДОТ служат:

- данные о маршрутах движения ГПТОП;
- данные о ПС на маршрутах движения ГПТОП;
- данные от систем учёта пассажиропотоков на ПС;
- данные определения численности пассажиров на ОП;
- данные детектирования событий в ПС и на ОП;
- данные о состоянии УДС;
- данные о режимах функционирования УДС (скорость движения на перегонах).

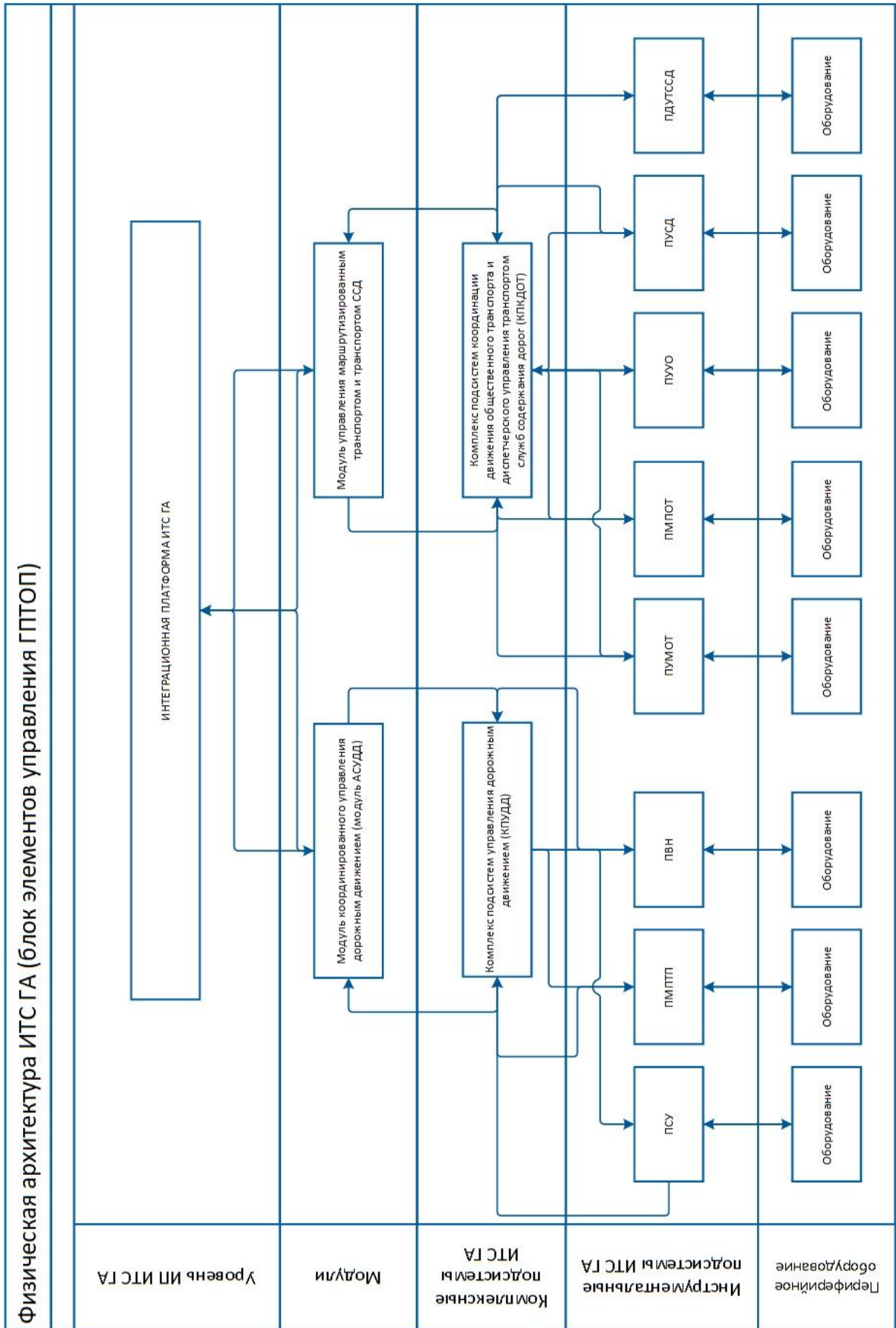


Рисунок 36 – Физическая архитектура ИТС ГА (блок элементов управления ГПТОП) (разработка автора)

Рассмотрим варианты использования исходной информации различными подсистемами ИТС (Таблица 1).

Таблица 1 – Использование исходной информации различными подсистемами ИТС

Исходная информация	Подсистема	Области применения исходной информации
Данные о маршрутах движения ГПТОП	ПУМОТ	определение объекта управления подсистемы
	ПМПОТ	определение объекта мониторинга подсистемы
	ПУУО	определение численности маршрутов, проходящих через ОП
	ПУСД	определение участков УДС, по которым движется ПС ГПТОП
	ПДУТССД	определение перечня приоритетных участков УДС для проведения работ по содержанию УДС
	КПУДД	формирование информации для обеспечения приоритетного проезда ПС ГПТОП
Данные о ПС на маршрутах движения ГПТОП	ПУМОТ	определение численности ПС ГПТОП на объекте управления
	ПМПОТ	получение геоинформационных данных о движении ПС ГПТОП на маршруте
	ПУУО	определение трафика движения ПС ГПТОП через ОП
	ПУСД	определение нагрузки на участки УДС, по которым движется ОП
	ПДУТССД	формирование графика проведения работ по содержанию УДС
	КПУДД	формирование информации для обеспечения приоритетного проезда ПС ГПТОП
Данные от систем учёта пассажиропотоков на ПС ГПТОП	ПУМОТ	формирование исходной информации для объекта управления (численность перевезенных пассажиров)

Продолжение таблицы 1.

Исходная информация	Подсистема	Области применения исходной информации
	ПМПОТ	формирование геоинформационных данных о пассажиропотоках на ПС ГПТОП
	ПУУО	формирование данных о пассажирообмене на ОП
	ПУСД	-
	ПДУТССД	-
	КПУДД	формирование информации для обеспечения приоритетного проезда ПС ГПТОП
Данные определения численности пассажиров на ГПТОП	ПУМОТ	формирование исходной информации для объекта управления (формирование матрицы межстаночных корреспонденций)
	ПМПОТ	формирование геоинформационных данных о пассажиропотоках на ПС ГПТОП
	ПУУО	формирование данных о изменении численности пассажиров на ОП при прибытии и отбытии ПС ГПТОП
	ПУСД	-
	ПДУТССД	-
	КПУДД	формирование информации для обеспечения приоритетного проезда ПС ГПТОП
	Данные детектирования событий в ПС ГПТОП на ОП	ПУМОТ
ПМПОТ		
ПУУО		
ПУСД		
ПДУТССД		
КПУДД		
Данные о состоянии УДС	ПУМОТ	формирование и редактирование маршрутов движения
	ПМПОТ	мониторинг и прогнозирование скорости транспортного сообщения

Продолжение таблицы 1.

Исходная информация	Подсистема	Области применения исходной информации
	ПУУО	мониторинг и прогнозирование времени прибытия и отправления ПС ГПТОП на ОП
	ПУСД	формирование плана проведения комплекса мероприятий по обеспечению сохранности и поддержания заданного уровня содержания дорожного покрытия и элементов дорожной инфраструктуры
	ПДУТССД	формирование плана проведения мероприятий по содержанию УДС
	КПУДД	мониторинг и прогнозирование транспортной обстановки на УДС
Данные о режимах функционирования УДС	ПУМОТ	формирование и редактирование маршрутов движения
	ПМПОТ	мониторинг и прогнозирование скорости транспортного сообщения
	ПУУО	мониторинг и прогнозирование времени прибытия и отправления ПС ГПТОП на ОП
	ПУСД	формирование плана проведения мероприятий по ремонту и содержанию УДС
	ПДУТССД	формирование плана проведения мероприятий по содержанию УДС
	КПУДД	управление транспортными потоками на УДС

Анализ состояния вопроса диссертационного исследования показал, что вопросы интеллектуализации получения и использования данных о маршрутах движения ГПТОП, данных о ПС на маршрутах движения ГПТОП, а также данных от систем учёта пассажиропотоков на ПС уже достаточно

изучены и активно применяются в практике управления процессами перевозки пассажиров. Менее всего изучены вопросы управления процессами перевозки пассажиров посредством ПУУО. В ряде случаев «умные остановки» рассматриваются лишь как средство информирования пассажиров [87].

2.2.2 Формирование алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров

Транспортная сеть ГА представляет собой совокупность маршрутов движения ГПТОП (Рисунок 37), а отдельный маршрут может быть представлен в виде графа, в котором вершинами являются ОП, а ребрами – перегоны (Рисунок 38).

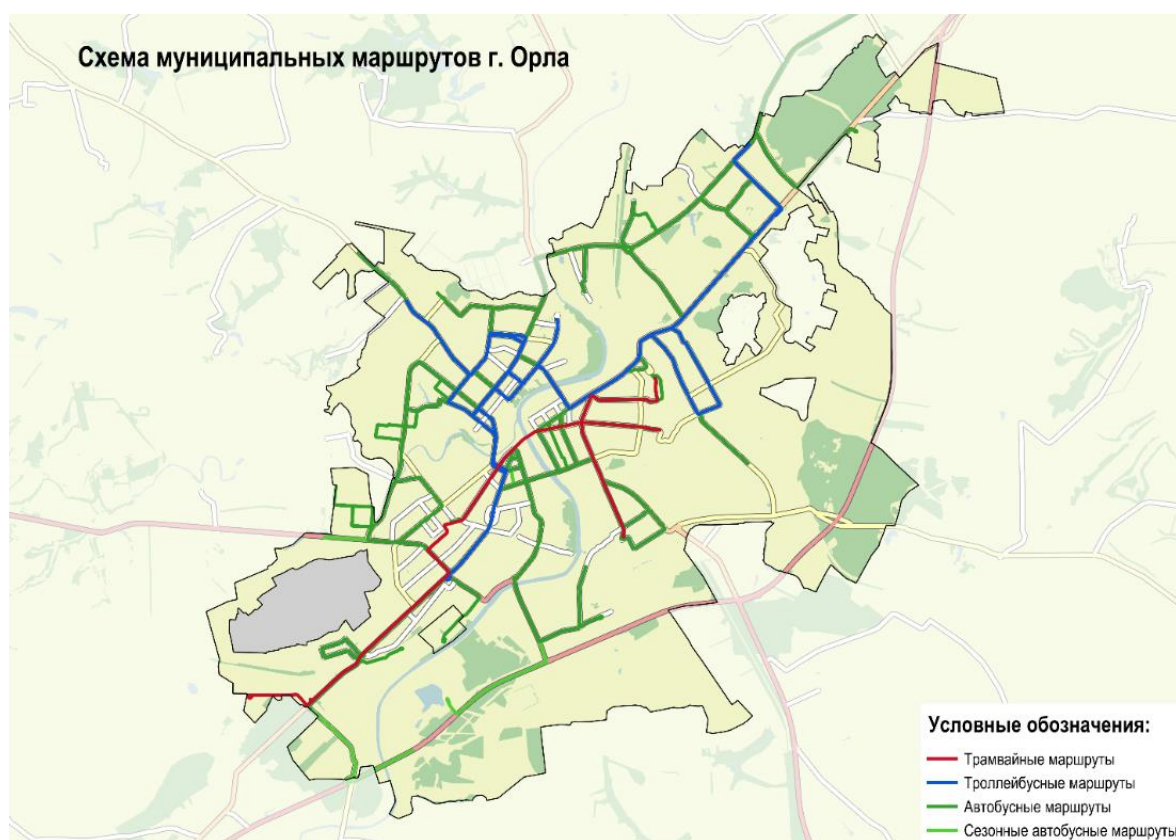


Рисунок 37 – Схема муниципальных маршрутов ГПТОП на территории г. Орла (данные КСОТ ОГА)

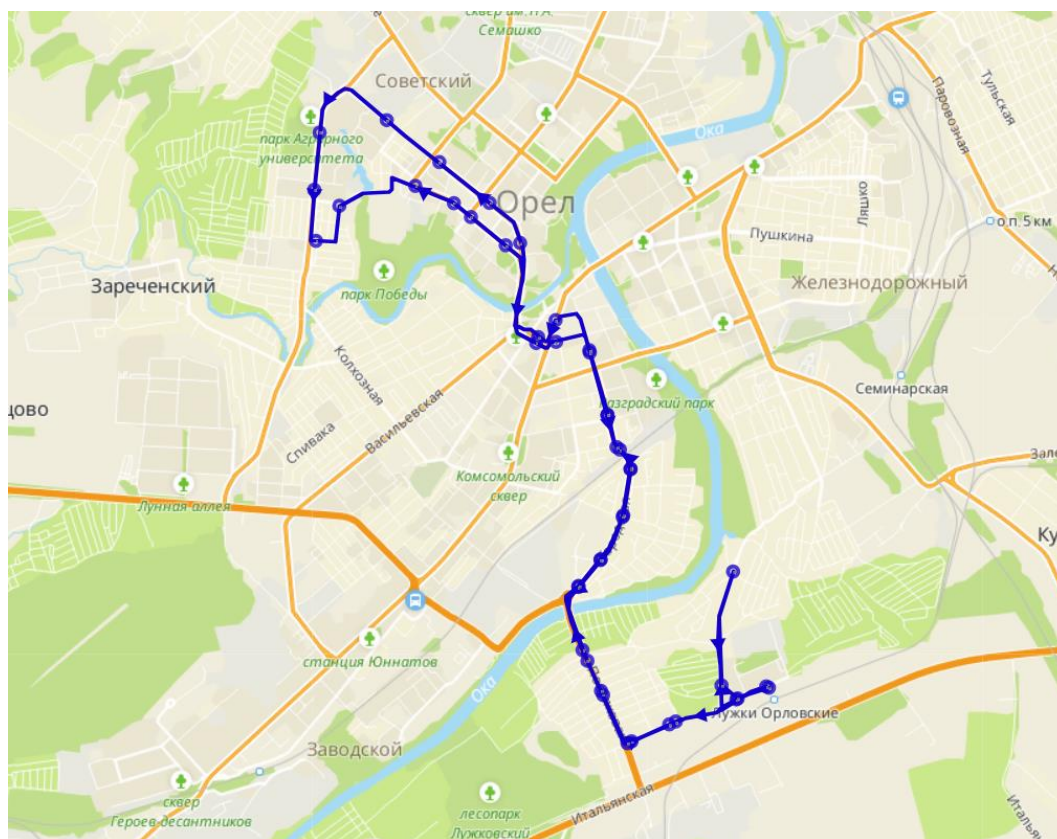


Рисунок 38 – Граф автобусного маршрута №1 «Станция Лужки — ул. Часовая» г. Орла (фото автора)

Алгоритм №1 (Управление процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока). Рассмотрим случай формирования маршрутного расписания при условиях отсутствия объективной информации о фактическом времени проезда по перегонам маршрута. Как было установлено ранее время оборотного рейса включает в себя время движения и время отстоя на конечных ОП. Составляющие времени движения определены выражением (9). Таким образом оптимальным способом определения времени прохождения участка маршрута на первоначальном этапе формирования маршрутного расписания является получение данных от КПУДД о текущей скорости движения транспортного потока (если ГПТОП движется в общем транспортном потоке) или текущей скорости ГПТОП (если имеются выделенные полосы движения для ГПТОП).

Однако, в соответствии с требованиями [10] при определении параметров транспортного потока определяется его средняя скорость.

Этот информационный поток формируется на основании данных детекторов транспорта (Рисунок 39), с последующей обработкой КПУДД и переданной КПКДОТ через ИП ИТС.

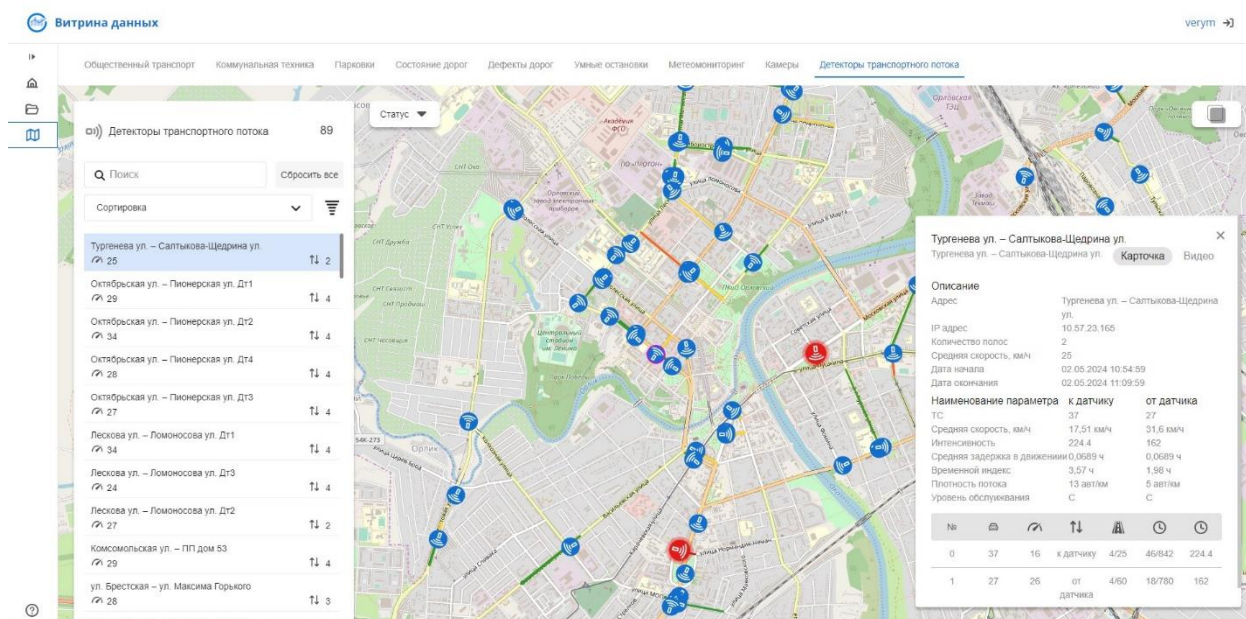


Рисунок 39 – Определение скорости транспортного потока на УДС ОГА (фото автора)

При этом средняя скорость прохождения перегона определяется по формуле [10]:

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i \times l_i \times V_i)}{\sum_{i=1}^n (m_i \times l_i)}, \quad (11)$$

где l_i – протяженность i -го участка дороги, км;

m_i – количество полос движения в одном направлении i -го участка дороги, ед.;

V_i – текущая скорость ПС, км/ч.

Тогда среднее время прохождения перегона составит [10]:

$$\bar{t}_{пер} = \frac{l_i}{\bar{V}_s}. \quad (12)$$

При использовании данного метода, отсутствует возможность определения интервалов движения, т.к. детектор транспорта не производит мониторинг государственного регистрационного знака (ГРЗ) (данную функцию при необходимости может выполнять только видеодетектор транспорта), а выявляет лишь классы ТС согласно ГОСТ 34.401 [18] (Рисунок 40).

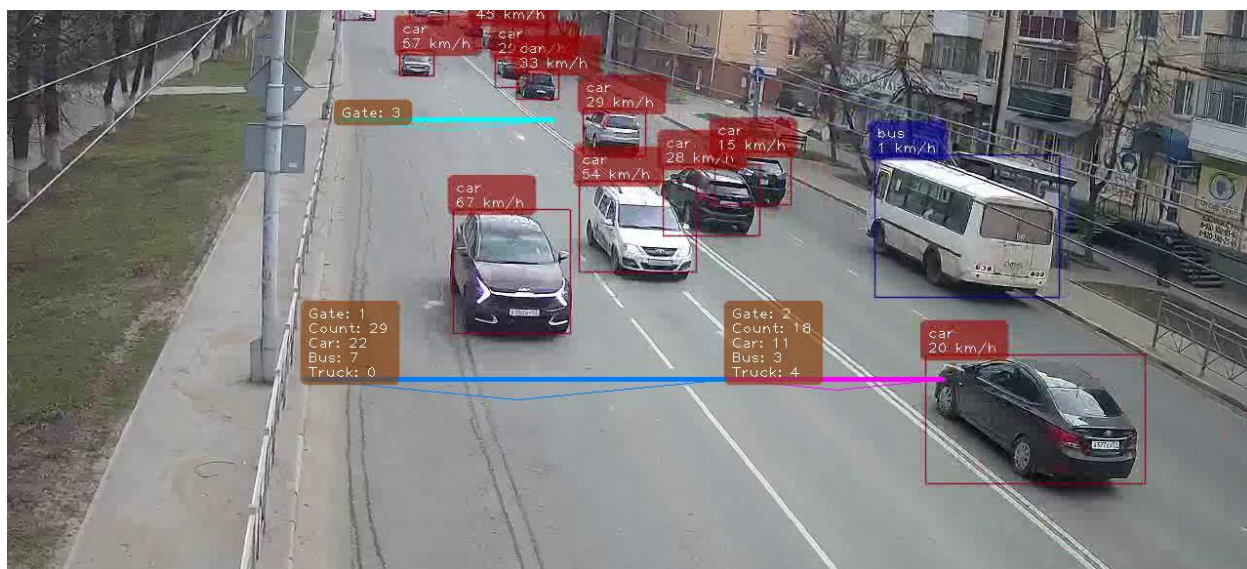


Рисунок 40 – Рабочее изображение, получаемое от видеодетектора по адресу:
г. Орел, ул. Московская, д.77 (фото автора)

Кроме времени движения по перегонам маршрута следования ГПТОП, при составлении расписания движения, необходимо учитывать время на посадку и высадку пассажиров. В соответствии с исследованиями, приведенными в работе [93] общее время стоянки ГПТОП на j -ом ОП равно:

$$t_{j \text{ ст.н}} = t_{j \text{ откр}} + t_{j \text{ закр}} + t_{j \text{ пас}} \times N_j + t_{j \text{ зад}}, \quad (13)$$

где $t_{j \text{ откр}}$ – время открытия двери ПС, с;

$t_{j \text{ закр}}$ – время закрытия двери ПС, с;

$t_{j \text{ пас}}$ – время посадки или высадки одного пассажира ПС, с;

N_j – количество пассажиров, чел;

$t_{j \text{ зад}}$ – время задержки между высадкой и посадкой пассажиров, с.

Автором работы [93], установлено что время для входа и выхода пассажира можно считать одинаковым и равным 1,5 с, т.е. $t_{nac}=1,5$ с. Время открытия и закрытия примерно равны и составляют 1,8 с, т.е. $t_{откр}=t_{закр}=1,8$ с. А время задержки между высадкой и посадкой составляет $t_{зад}=2$ с.

Под временем отстоя ПС после выполнения рейса понимается время на осмотр ПС после выполнения рейса, регистрации выполненного рейса (при необходимости) и кратковременный отдых, рекомендуемая продолжительность которого не должна быть менее 5% от общей линейной работы водителя.

Таким образом, время оборотного рейса на этапе первоначального планирования расписания движения примет вид:

$$T_{об}^{nl} = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{\bar{V}_s} + \sum_{j=1}^k (t_{j\text{ откр}} + t_{j\text{ закр}} + t_{j\text{ нас}} \times N_j + t_{j\text{ зад}}) + t_o. \quad (14)$$

где t_o – время отстоя ПС после выполнения рейса, с.

Определение времени оборотного рейса способствует нахождению максимального необходимого числа ПС на маршруте. Далее, в соответствии с методикой представленной в [69] устанавливается интервал движения. Интервал движения устанавливается на основании характеристик ПС ГПТОП, имеющегося в наличии. Тогда численность единиц ПС на маршруте определяется по формуле (3):

$$A_M = \frac{T_{об} \times 60}{I} = \frac{2 \times L_M}{V_{э} \times I} = \frac{2 \times L_M \times Q_{ij\max}}{V_{э} \times q_{расч}} = \frac{Q_{ij\max}}{T_{об} \times q_{расч}}.$$

При этом, минимально необходимое число ПС на маршруте определим по формуле:

$$A_M^{\min} = \frac{\bar{V} \times T_{об}}{L_{cp}}, \quad (15)$$

где L_{cp} – средняя дальность поездки пассажира, км.

Физический смысл выражения (15) заключается в том, что максимальный плановый интервал между ПС ГПТОП не должен превышать

времени, равного $\frac{L_{cp}}{V}$. Из этого следует, что общие затраты времени пассажира на передвижение, даже в случаях максимального значения интервалов движения (время ожидания), будет примерно в два раза меньше затрат времени на пешее перемещение.

Таким образом, для проектируемых маршрутов определили основные показатели работы, а именно, максимальную и минимальную численность ПС, время оборотного рейса, интервал движения.

Однако, как отмечалось ранее, маршрутная сеть – это совокупность маршрутов движения ГПТОП. Отсюда возникает вероятность прохождения различных маршрутов через один и тот же ОП. В таком случае требуется корректировка интервалов движения ГПТОП в соответствии с разработанной целевой функцией (7). Т.е. из совокупности интервалов движения по ОП выбираем маршрут с минимальным значением интервала (I_{min}), при этом коэффициент кратности определяем в соответствии с выражением (8) по следующей формуле:

$$K = \frac{(2t_{p1} + t_{o1}) - (2t_{p2} + t_{o2})}{I_{min}} \geq 1. \quad (16)$$

На основании полученных зависимостей строится алгоритм управления процессом перевозки пассажиров по данным средней скорости движения на перегоне в разрезе подсистем ИТС ГА (Рисунок 41).

При реализации данного алгоритма, возникает возможность определения режима функционирования системы ГПТОП. Так как, система ГПТОП функционирует на основании ИТС ГА, а ИТС ГА в свою очередь является автоматизированной системой то, в соответствии с ГОСТ Р 71092-2023 [12] предусматриваются два режима функционирования ИТС:

- штатный;
- нештатный.

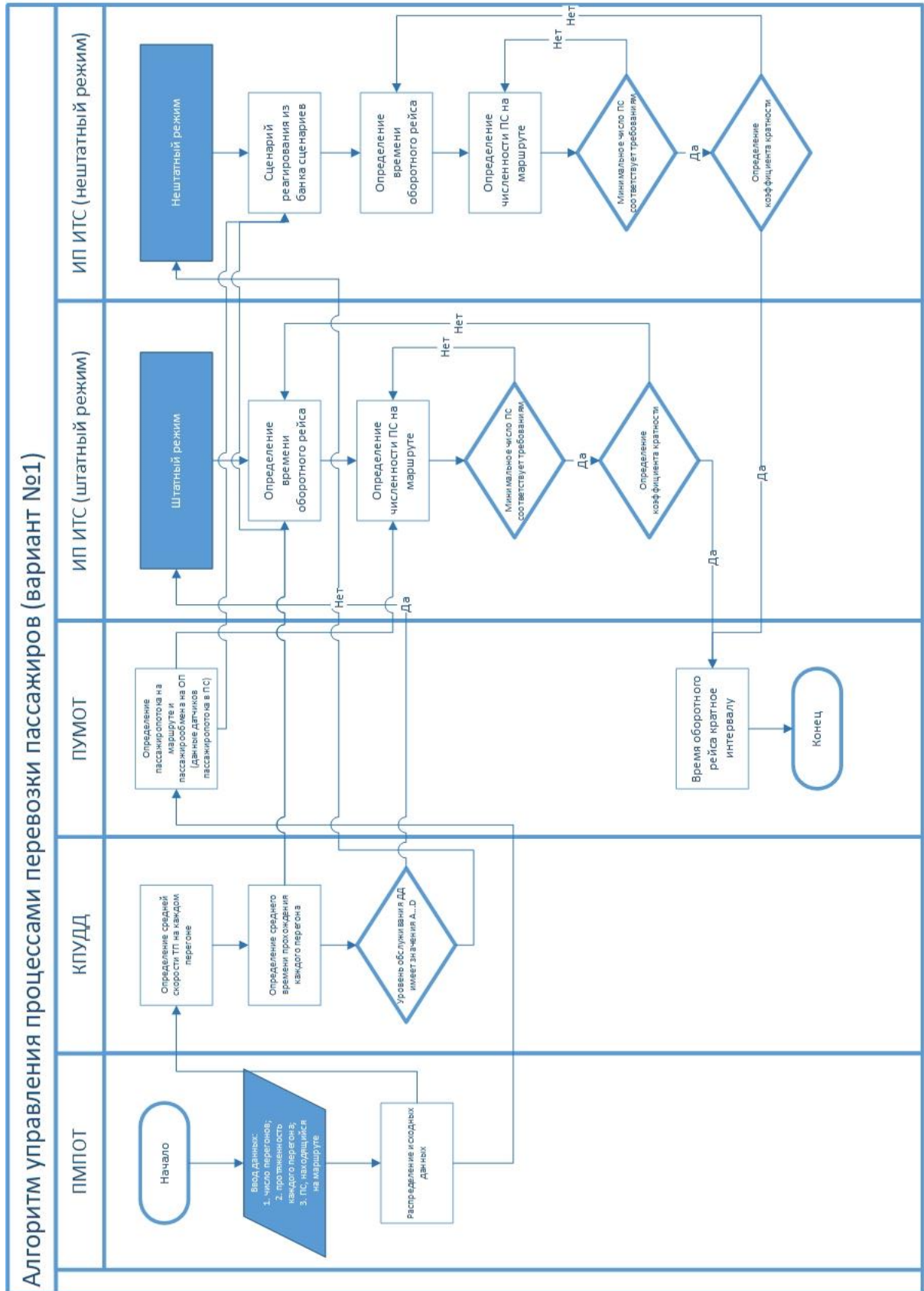


Рисунок 41 – Алгоритм управления процессами перевозки пассажиров по данным средней скорости движения на перегоне в разрезе подсистем ИТС

В данном случае критерием штатности и нештатности функционирования системы ГПТОП будет являться отклонение текущего уровня обслуживания дорожного движения на перегоне от среднестатистических значений (уровни A...D) [7].

Алгоритм № 2 (Управление процессами перевозки пассажиров на основании данных глобальной навигационной спутниковой системы). В данном случае в качестве основы для определения фактического времени прохождения участка маршрута ПС предлагается применение данных глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС). Так в частности, ПНСТ 892-2023 [87] применяет данные ГНСС для формирования прогноза прибытия ГПТОП на ОП и информирования пассажиров при помощи табло переменной информации (ТПИ). Формирование прогноза, основывается на определении времени прохождения участка маршрута ПС, и включает в себя следующие операции (Рисунок 42):

- определяются пространственные координаты ГПТОП по данным ГНСС;
- строится прогноз прибытия ГПТОП на остановочный пункт, при наличии статистических данных (количество выполненных предыдущих рейсов не менее 3 – x) по методу скользящего среднего по формуле:

$$T_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n \Delta_{ij}^k}{n}, \quad (17)$$

где Δ_{ij}^k - фактическое время прохождения участка маршрута между остановочными пунктами в k -м рейсе, $k = 1, 2, \dots, n$;

n – количество статистических данных о фактическом времени прохождения участка маршрута между i -м и j -м остановочными пунктами в рейсах, непосредственно предшествующих рейсу, для которого строится прогноз.

- в случае количества предшествующих рейсов менее трёх прогноз формируется в соответствии с плановым временем движения ГПТОП на перегоне (расписанием движения);
- вывод информации о прогнозном времени прибытия ГПТОП на остановочный пункт в одном из двух видов: вывод информации о прибытии в виде времени прибытия (минуты – секунды) или в виде времени движения между двумя ОП.

Предложенный в ПНСТ 892-2023 метод определения времени прохождения участка маршрута может применяться для накопления статистической информации при формировании маршрутного расписания в условиях штатного функционирования системы пассажирских перевозок. Но, формирование банка сценариев для управления процессами перевозки пассажиров на основе сценарных планов невозможно, т.к. данная методика не учитывает текущей дорожной ситуации.



Рисунок 42 – Алгоритм формирования и вывода информации о времени прибытия ГПТОП на ОП маршрута (в соответствии с ПНСТ 892-2023) [87]

В качестве примера рассмотрим движение на троллейбусном маршруте №4 города Орла «Автовокзал – больница им. Семашко» (Таблица 2, Рисунок 43)

Таблица 2 – Определение времени прохождения участка маршрута № 4 «Автовокзал – больница им. Семашко» города Орла и формирование прогноза по методу ПНСТ 892-2023

№ рейса	ОП «Магазин «Орел»	ОП «Больница им. Семашко»	Время в пути, мин	Прогноз прибытия на ОП «Больница им. Семашко»	Погрешность фактического времени в пути и прогнозного, %
28.02.24г. (будний день)					
1	5:47:07	5:50:11	0:03:04	-	
2	6:41:44	6:44:33	0:02:49	-	
3	7:35:33	7:40:05	0:04:32	-	
4	8:47:13	8:50:10	0:02:57	0:03:28	15%
5	9:43:34	9:46:31	0:02:57	0:03:26	14%
6	11:08:14	11:12:22	0:04:08	0:03:29	19%
7	12:03:36	12:06:54	0:03:18	0:03:21	1%
8	13:04:42	13:07:31	0:02:49	0:03:28	19%
03.03.2024г. выходной день					
1	06:07:49	06:10:38	0:02:49	-	
2	07:05:34	07:09:03	0:03:29	-	
3	08:00:35	08:03:37	0:03:02	-	
4	09:01:42	09:04:20	0:02:38	0:03:07	16%
5	10:28:32	10:31:37	0:03:05	0:03:03	1%
6	11:25:01	11:27:33	0:02:32	0:02:55	13%
7	12:21:25	12:24:17	0:02:52	0:02:45	4%
8	13:19:32	13:22:50	0:03:18	0:02:50	16%

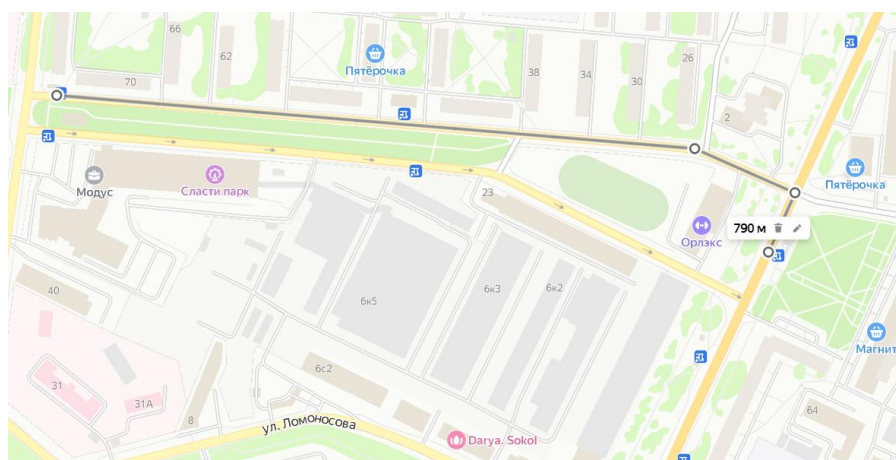
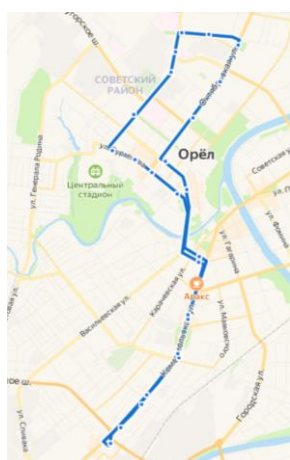


Рисунок 43 – Схема маршрута № 4 «Автовокзал – больница им. Семашко» города Орла

Из представленных данных видим, что разница между текущим временем прохождения участка и средним значением времени движения, полученного по предыдущим данному рейсу статистических данных, колеблется от 1% до 19%. Это свидетельствует, что на пути следования ПС менялась дорожная обстановка. При этом, полученные данные не дают представления о времени прибытия на ОП и времени отправления от ОП, т.к. приемник ГНСС осуществляет получение сигналов от спутников не постоянно, а как правило с определённой периодичностью, либо при наступлении какого-либо события, т.е. имеет место определенная дискретность работы. Это означает, что в данном случае мы имеем время нахождения ГПТОП в геозоне анализируемого ОП.

Точность полученных пространственных координат обуславливается тем, что координаты объекта в пространстве определяются как расстояние до навигационного спутника в определённый момент времени (t):

$$\left\{ \begin{array}{l} \tilde{R}_i(t) = \sqrt{(X_{0i} - x_0)^2 + (Y_{0i} - y_0)^2 + (Z_{0i} - z_0)^2} + (\delta - \delta_i) \cdot c, \\ \tilde{R}_j(t) = \sqrt{(X_{0j} - x_0)^2 + (Y_{0j} - y_0)^2 + (Z_{0j} - z_0)^2} + (\delta - \delta_j) \cdot c, \\ \tilde{R}_k(t) = \sqrt{(X_{0k} - x_0)^2 + (Y_{0k} - y_0)^2 + (Z_{0k} - z_0)^2} + (\delta - \delta_k) \cdot c, \\ \tilde{R}_m(t) = \sqrt{(X_{0m} - x_0)^2 + (Y_{0m} - y_0)^2 + (Z_{0m} - z_0)^2} + (\delta - \delta_m) \cdot c. \end{array} \right. , \quad (18)$$

где (X_{0i}, Y_{0i}, Z_{0i}) - координаты навигационных спутников, измеренные в инерциальной «небесной» системе координат;

(x_0, y_0, z_0) - координаты искомого объекта;

δ – погрешность часов приемника;

δ_i – погрешность часов i -го спутника;

c – скорость света в пространстве.

Ввиду того, что для ГПТОП необходимость определения координаты Z отпадает, то выражение (18) примет вид:

$$\begin{cases} \tilde{R}_i(t) = \sqrt{(X_{0i} - x_0)^2 + (Y_{0i} - y_0)^2} + (\delta - \delta_i) \cdot c, \\ \tilde{R}_j(t) = \sqrt{(X_{0j} - x_0)^2 + (Y_{0j} - y_0)^2} + (\delta - \delta_j) \cdot c, \\ \tilde{R}_k(t) = \sqrt{(X_{0k} - x_0)^2 + (Y_{0k} - y_0)^2} + (\delta - \delta_k) \cdot c. \end{cases} \quad (19)$$

Ясно, что решение данной системы уравнений даст точные координаты объекта, а определение направления движения ГПТОП и отнесение его к конкретному ОП дает значение угла направления движения относительно направления на север – путевой угол.

При этом текущее значение времени, затраченного на перемещение по перегону (включая время прохождения перегона, а также время на посадку и высадку пассажиров) ГПТОП определяется как разница между временем нахождения ПС в двух соседних геозонах (Таблица 3):

$$t_{nep} = t_{i+1} - t_i, \quad (20)$$

где t_i – время нахождения ПС в геозоне i – ого ОП;

t_{i+1} – время нахождения ПС в геозоне $i+1$ – ого ОП.

Таблица 3 – Определение времени прохождения перегона по данным ГНСС (маршрут № 47 «Госуниверситет - УНПК» - пер. Южный» маршрутной сети г. Орла)

Регистрационный номер ПС	№ маршрута	Время нахождения ПС на ОП «Магазин «Орел»	Время нахождения ПС на ОП «ул. Приборостроительная»	Фактическое время движения на перегоне, мин
28.02.24г. (будний день)				
b57 K021XA	47	6:40:47	6:42:08	0:01:21
b57 K021XA	47	9:20:03	9:22:15	0:02:12
b57 K021XA	47	11:47:32	11:50:40	0:03:08
b57 K021XA	47	16:33:36	16:38:21	0:04:45
b57 K021XA	47	19:03:43	19:06:52	0:03:09

Фактическое значение интервала движения на перегоне по данным ГНСС находим следующим образом. По данным ГНСС определяется время нахождения ТС ПС ГПТОП в геозоне анализируемого ОП, а также время пребывания предыдущего ТС ПС ГПТОП в геозоне этого же ОП (Таблица 2).

В качестве идентификатора ТС ПС ГПТОП применяется государственный регистрационный знак (ГРЗ) и номер маршрута. Результаты определения фактического интервала движения определяются как разница между временем нахождения текущего и предыдущего ТС ПС ГПТОП в геозоне ОП (Таблица 4):

$$I = t_{j+1} - t_j, \quad (21)$$

где t_j – время нахождения j – го ТС ПС ГПТОП в геозоне i – ого ОП;

t_{j+1} – время нахождения $j+1$ – го ТС ПС ГПТОП в геозоне i – ого ОП.

Таблица 4 – Определение интервала движения ТС на ОП по данным ГНСС (маршрут № 47 «Госуниверситет - УНПК» - пер. Южный» маршрутной сети г. Орла)

Регистрационный номер ПС	№ маршрута	Время нахождения ПС на ОП «Магазин «Орел»	Фактический интервал движения, мин	Плановый интервал движения, мин (по паспорту маршрута)	Отклонение фактического и планового интервалов движения, %
28.02.24г. (будний день)					
b57 K021XA	47	6:40:47	-	-	-
b57 C526MP	47	6:52:40	0:11:53	0:09:00	32%
b57 Y582HA	47	7:10:36	0:17:56	0:09:00	99%
b57 C703HK	47	7:23:11	0:12:35	0:09:00	40%
b57 K065XA	47	7:32:36	0:09:25	0:09:00	5%
b57 C486PK	47	7:46:57	0:14:21	0:09:00	59%
b57 K990XA	47	8:16:08	0:29:11	0:09:00	224%
b57 Y582HA	47	8:22:03	0:05:55	0:09:00	-34%
b57 C703HK	47	8:39:45	0:17:42	0:09:00	97%
b57 K065XA	47	8:50:16	0:10:31	0:09:00	17%
b57 C486PK	47	9:01:44	0:11:28	0:09:00	27%
b57 K236XB	47	9:03:12	0:01:28	0:09:00	-84%
b57 C836AT	47	9:09:16	0:06:04	0:09:00	-33%
b57 K021XA	47	9:20:03	0:10:47	0:09:00	20%

При реализации данного алгоритма необходимо принять ограничение о том, что будет обеспечен сигнал, со всех ОП. В противном случае необходимо брать последнее полученное значение о пространственных координатах ТС ПС ГПТОП.

Ввиду того, что при использовании ГНСС получаем информацию только о времени посещения геозон ОП, то нет данных о времени посадки-высадки

пассажиры на ОП и конкретном времени прибытия и отбытия ПС на ОП. В связи с этим, в данном алгоритме время на посадку и высадку пассажиров учитываться не будет, а область применения алгоритма ограничена мониторингом работы ПС на маршруте, а также прогнозирования времени прибытия ПС на ОП.

Таким образом, время оборотного рейса при реализации данного алгоритма будет определяться по формуле:

$$T_{об}^{nl} = \sum_{i=1}^n (t_{i+1} - t_i) + t_o. \quad (22)$$

После определения времени оборотного рейса находим необходимую численность транспортных средств на маршруте по формуле (3), с учётом требований формулы (15). При этом накапливается статистическая информация для формирования базы сценарных планов управления транспортными процессами перевозки пассажиров ГПТОП. Также алгоритм позволяет строить прогнозы прибытия ГПТОП на ОП по методике ПНСТ 892-2023 [87]. Также, по значениям планируемого и фактического интервала движения определяется режим функционирования системы ПГТОП ГА (Рисунок 44).

Ввиду того, что данный алгоритм позволяет лишь определять время попадания ПС в геозону ОП, то для определения штаности и нештатности функционирования системы ГПТОП применяется метод, предложенный в работе [121], в основе которого лежит оценка регулярности перевозок:

- по значениям среднего отклонения фактического интервала движения ГПТОП от планового (интервал по маршрутному расписанию) - ΔI ;
- по значению коэффициента регулярности движения (по интервалу) - k_{pi}
- по среднеквадратичному отклонению S_{mi} превышений фактических значений интервалов движения над установленными.

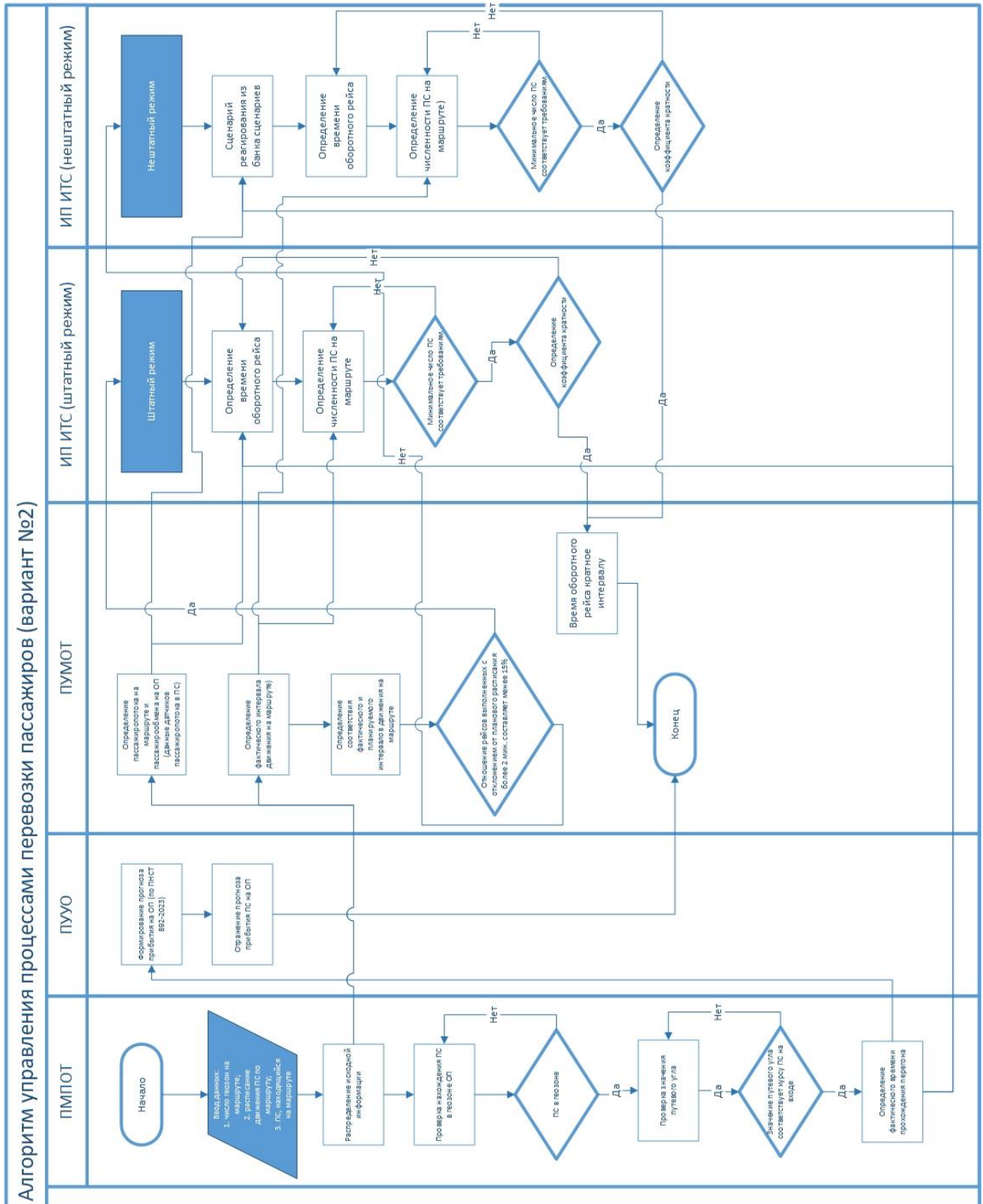


Рисунок 44 – Алгоритм управления процессами перевозки пассажиров по данным ГНСС в разрезе подсистем ИТС ГА

Данные значения определяем в соответствии со следующими формулами:

$$\Delta I = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m_n} \Delta I_i, \quad (23)$$

$$k_{pu} = \frac{m_n}{m}, \quad (24)$$

$$S_{nu} = \sqrt{\frac{1}{m_n - 1} \sum_{i=1}^{m_n} (\Delta I_i - k_{pu} \Delta I)^2}. \quad (25)$$

где ΔI_i – отклонение значения фактического интервала движения ГПТОП от планового (интервал по маршрутному расписанию);

m – общее число интервалов движения ГПТОП;

m_n – общее число случаев отклонения интервала движения ГПТОП от планового (интервал по маршрутному расписанию).

При этом, документом [4] предусмотрено, что максимальное отклонение фактического времени отправления от планового расписания не должно превышать двух минут, а количество рейсов регулярных перевозок выполненных с опозданием более двух минут не должно превышать 15% от общего количества рейсов, маршрутов регулярных перевозок для данного вида сообщений.

Алгоритм № 3 (Управление процессами перевозки пассажиров на основе технологий искусственного интеллекта). В диссертационной работе разработан механизм определения времени и интервалов движения между ОП, основанный на применении нейросетевых моделей.

Применение нейросетевых моделей определения прибытия - отбытия ГПТОП на остановочный пункт основывается на определении ГРЗ ПС.

Так, в частности, распознавание ГРЗ применяется автором работы [73] для построения качественной матрицы корреспонденций (КМК) транспортных потоков. Автор [73] не приводит данных об алгоритме обработки изображения, для определения ГРЗ, а лишь говорит о

необходимости его применения. В работе [43] приводятся данные о перспективности применения сверточных нейронных сетей (СНС) для определения ГРЗ автомобилей, также в работе приводится сравнительный анализ систем распознавания ГРЗ, наиболее распространённых в нашей стране.

Предложение о применении СНС обусловлено тем, что данный тип нейронных систем универсален и возможно использование для решения задач классификации изображений и распознавания объектов.

СНС состоит из нескольких слоев: свёрточного, пулинга (подвыборочного), выравнивающего (нормализация по батчу) и полносвязного (Рисунок 45). Ключевой операций распознавания объекта является «свёртка». В процессе проведения «свёртки» СНС удаляет лишние признаки исследуемого объекта и оставляет только полезные. При этом количество слоев свёртки берется равным количеству признаков объекта.

Последующим за слоем «свёртки» идет слой «пулинг». Его задачей является фильтрация признаков, которые выделил предыдущий свёрточный слой. Характерной особенностью СНС является постоянное чередование слоев «свёртки» и «пулинга». На последних слоях СНС классифицирует сложные признаки объектов при помощи полносвязного слоя.

В качестве первой модели в диссертационной работе применяется TrOCR. В данной модели процесс распознавания ГРЗ включает три этапа [43]:

- определение зоны расположения символов на анализируемом изображении;
- определение отдельных символов;
- распознавание символов.

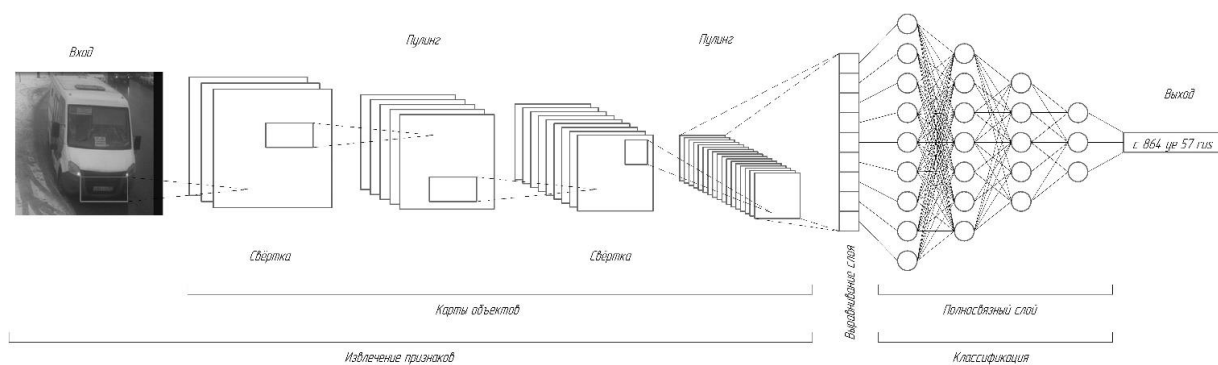


Рисунок 45 – Структура СНС

Для определения отдельных символов используется метод, широко освещенный в различных литературных источниках [43, 109], а именно построение гистограмм средней интенсивности. Т.е. определенная на предыдущем этапе зона расположения символов сканируется по двум направлениям:

- слева – направо;
- сверху – вниз.

В результате определяется зона расположения символов, т.к. средняя интенсивность будет значительно выше в местах, где символы отсутствуют, по сравнению с зоной, содержащей эти символы.

Аналогично авторам работы [43] сначала строятся горизонтальные гистограммы, затем вертикальные.

Для распознавания символов используется тот же алгоритм, что и для определения нахождения символов.

Важным этапом реализации алгоритма распознавания ГРЗ при помощи СНС является выбор функции активации. Существует несколько широко известных функций (Таблица 5).

Таблица 5 – Функции активации

Название	Функция	Производная функции	Область значений
Sigmoid	$\frac{1}{1+e^{-x}}$	$f(x)(1-f(x))$	(0, 1)
Tanh	$\frac{e^{2x}-1}{e^{2x}+1}$	$1-f^2(x)$	(-1, 1)
ReLU	$x, x > 0$ $0, x \leq 0$	$1, x > 0$ $0, x \leq 0$	$(0, +\infty)$
Leaky ReLU	$x, x > 0$ $\alpha x, x \leq 0$	$1, x > 0$ $\alpha, x \leq 0$	$(-\infty, +\infty)$
ELU	$x, x > 0$ $\alpha(e^x - 1),$ $x \leq 0$	$1, x > 0$ $\alpha e^x, x \leq 0$	$(-\alpha, +\infty)$
Softplus	$\ln(1+e^x)$	$\frac{1}{1+e^x}$	$(0, +\infty)$
Softsign	$\frac{x}{1+ x }$	$\frac{x}{(1+ x)^2}$	(-1, 1)

Наряду с моделью TrOCR применялись нейронные сети известные как «Object Detection» YOLOv7, используемые для обнаружения объектов, а также задач сегментации экземпляров. Процесс обучения YOLOv7 включает следующие этапы (Рисунок 46).

Сбор данных для модели производился в результате обработки видеоизображений транспортных средств как на территории ОГА, так и на федеральных трассах нашей страны. Для разметки данных использовалась платформа CVAT. Все полученные данные разделены на обучающие данные и тестовые. При этом доля обучающих данных составляла – 80%, а тестовых – 20%, т.к. данное разделение считается общепринятым для данного типа нейронных сетей. Создание файлов конфигурации является полезным способом организации и хранения важных параметров модели. Финальным этапом является – начало обучения модели. Для обучения использовалась база данных, состоящая из 2500 фотографий, количество эпох, установленное в

процессе обучения экспериментально – 55. Размер изображения по умолчанию – 640.

Результаты обучения модели представлены ниже (Рисунок 47).



Рисунок 46 – Алгоритм обучения модели YOLOv7



Рисунок 47 – Результаты обучения модели YOLOv7 (фото автора)

Результатом реализации алгоритма распознавания ГРЗ на ОП является функционал программного обеспечения «Навигатор С-2020» [95] (Рисунок 48).



Рисунок 48 – Пример определения ГРЗ ТС ПС ГПТОП на ОП «Военно-исторический музей» г. Орел (фото автора)

Основой реализации предложенного алгоритма «Управление процессами перевозок пассажиров на основе технологий искусственного интеллекта» является ПУУО, которая оснащается камерами видеонаблюдения, а обработка информации происходит на серверной части подсистемы.

В этом случае имеется возможность определения фактического времени прохождения перегона ГПТОП, т.к. имеются данные о времени отбытия ПС от ОП и времени прибытия ПС к следующему ОП. Рассмотрим перегон маршрутной сети ОГА ОП «Ветеринарная клиника» - ОП «Автошкола ДОСААФ» (Рисунок 49). На основании анализа показаний камер видеонаблюдения на ОП (Рисунок 50), т.е.:

$$t_{nep} = t_{i+1}^{nпрпб} - t_i^{omnp}, \quad (26)$$

где t_i^{omnp} – время опрвления ПС от i – ого ОП;

$t_{i+1}^{nпрпб}$ – время прибытия ПС на $i+1$ – ый ОП.

Т.е. в нашем случае (Рисунок 50):

$$t_{nep} = 16:54:51 - 16:52:40 = 0:02:11 \text{ мин.}$$

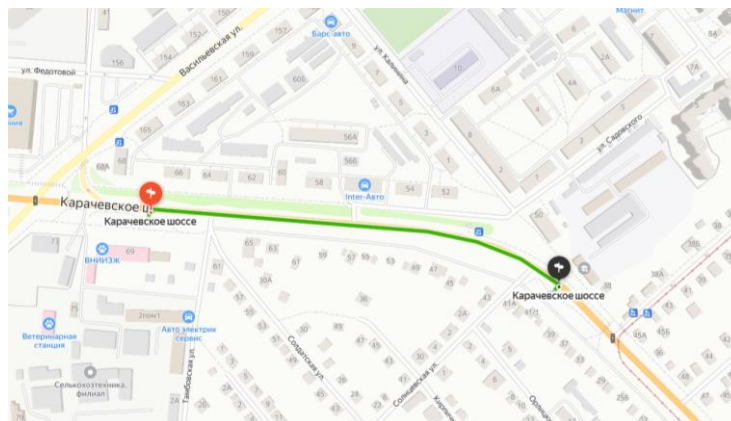
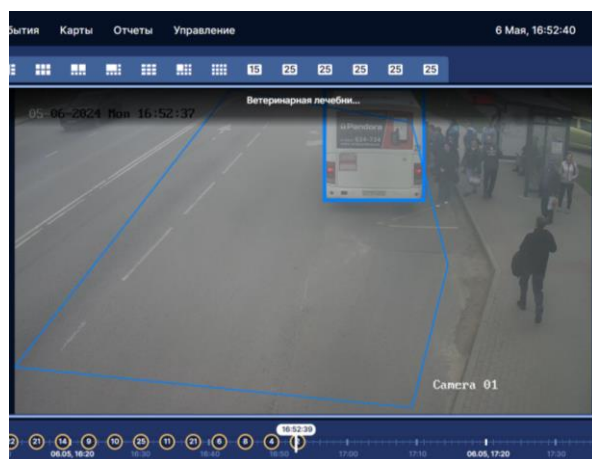
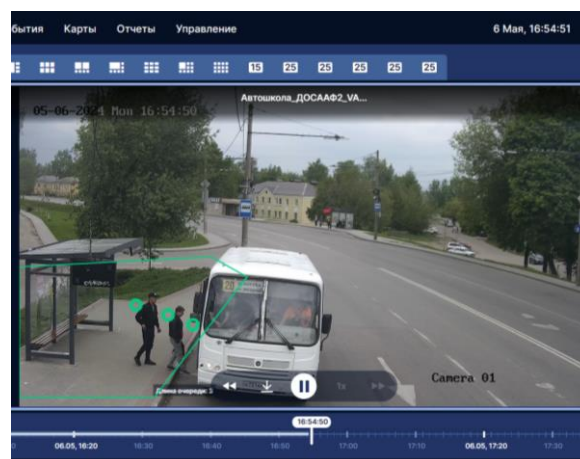


Рисунок 49 – Перегон маршрутной сети ОГА ОП «Ветеринарная клиника» - ОП «Автошкола ДОСААФ»



а)



б)

Рисунок 50 – Получение информации о времени отбытия и времени прибытия ГПТОП на ОП при помощи камер видеонаблюдения (на примере маршрутной сети ОГА) (фото автора): а) – ОП «Ветеринарная клиника»; б) – ОП «Автошкола ДОСААФ»

В отличие от двух предыдущих алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров, алгоритм на основе технологий ИИ позволяет определять время на посадку – высадку пассажиров, которое представляет собой разность между временем прибытия ПС на остановку (попадание ПС в зону детекции видеокамеры) и временем отправления от ОП (выход из зоны детекции видеокамеры) т.е.:

$$t_{cm.n} = t_i^{omnp} - t_i^{nprib}, \quad (27)$$

где t_i^{omnp} – время отправления ПС от i -ого ОП;

t_i^{nprib} – время прибытия ПС на i -ый ОП.

Т.е. в нашем случае (Рисунок 51):

$$t_{cm.n} = 07:56:55 - 07:56:19 = 36\text{с.}$$

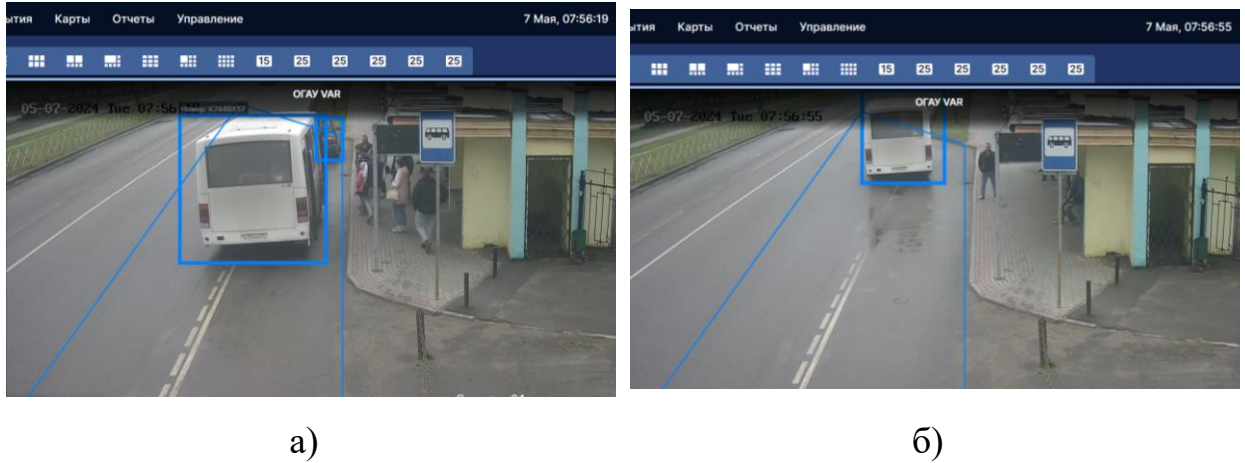


Рисунок 51 – Получение информации о времени прибытия на ОП и времени отбытия от ОП (на примере ОП «ОГАУ» маршрутной сети ОГА) (фото автора): а) прибытие ПС к ОП; б) отправление ПС от ОП

Таким образом, формула определения времени оборотного рейса для реализации данного алгоритма примет вид:

$$T_{об}^{пл} = \sum_{i=1}^n (t_{i+1}^{nprib} - t_i^{omnp}) + \sum_{i=1}^n (t_i^{omnp} - t_i^{nprib}) + t_o. \quad (28)$$

После определения времени оборотного рейса находим необходимую численность транспортных средств на маршруте по формуле (3), с учётом требований формулы (15). При этом накапливается статистическая информация для формирования базы сценарных планов управления процессами перевозки пассажиров ГПТОП.

Фактическое значение интервала движения на перегоне, определяемое при помощи технологий ИИ находим следующим образом. По данным системы видеонаблюдения определяется время прибытия ТС ПС ГПТОП на i -ый ОП, а также время прибытия предыдущего ТС ПС ГПТОП на этот же ОП.

В качестве идентификатора ПС применяется ГРЗ и номер маршрута. Значение фактического интервала движения определяется как разница между временем прибытия, текущего и предыдущего ТС ПС ГПТОП на ОП:

$$I = t_{j+1}^{приб} - t_j^{приб}, \quad (29)$$

где $t_j^{приб}$ – время прибытия j – го ТС ПС ГПТОП на i – ый ОП;

$t_{j+1}^{приб}$ – время прибытия $j+1$ – го ТС ПС ГПТОП на i – ый ОП.

В данном случае можно также использовать время отправления ПС от ОП. Тогда формула (29) примет вид:

$$I = t_{j+1}^{отпр} - t_j^{отпр}, \quad (30)$$

где $t_j^{отпр}$ – время отправления j – го ТС ПС ГПТОП от i – ого ОП;

$t_{j+1}^{отпр}$ – время отправления $j+1$ – го ТС ПС ГПТОП от i – ого ОП.

Критерием определения режима функционирования системы пассажирских перевозок, аналогично алгоритму №2, является отклонение от интервала движения, т.е. отклонение фактического расписания движения от планируемого, определяемого в соответствии с формулами (23), (24) и (25), а критериями выбора режимов функционирования системы пассажирских перевозок являются требования Социального стандарта [4] предусматривающие максимальное отклонение фактического времени отправления от планового расписания не более двух минут, а количество рейсов регулярных перевозок выполненных с опозданием более двух минут не должно превышать 15% от общего количества рейсов, маршрутов регулярных перевозок для данного вида сообщений.

Схема предложенного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе технологий ИИ в разрезе подсистем ИТС приведена ниже (Рисунок 52).

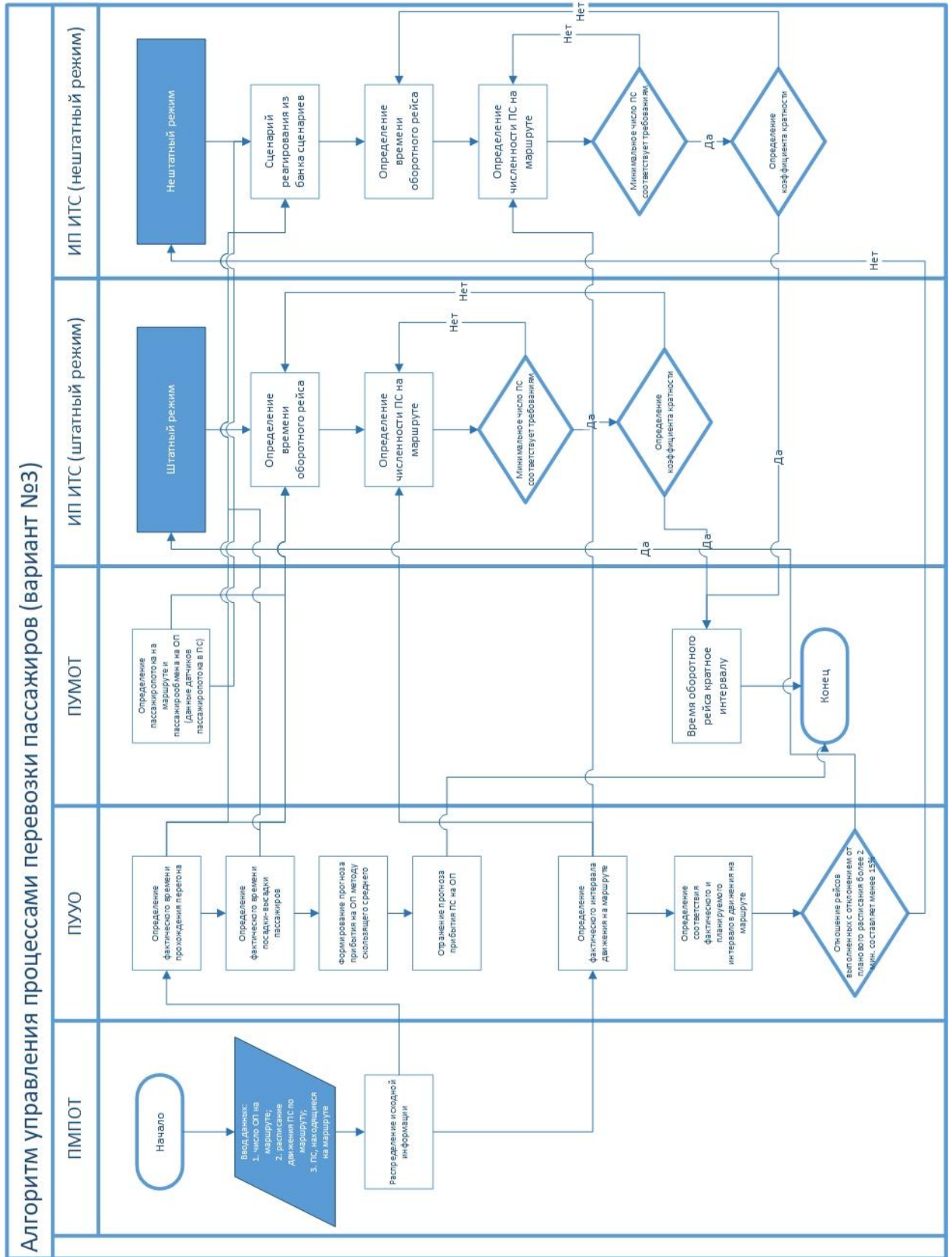


Рисунок 52 – Алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основе технологий ИИ в разрезе подсистем ИТС ГА

Представленные в диссертационной работе алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров оперируют функциональными характеристиками различных подсистем ИТС. Так алгоритм №1 основывается на функциональных характеристиках ПМПТП, входящей в состав КПУДД. Алгоритм №2 в основном использует функциональные характеристики ПМППОТ, а алгоритм №3 базируется на ПУУО. Выбор конкретного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров обусловлен номенклатурой периферийного оборудования ИТС, расположенного на УДС ГА и ПС ГПТОП.

2.3 Выводы по главе 2

1. Сформирована целевая функция исследования, направленная на повышение регулярности движения ГПТОП, достигаемая посредством обеспечения кратности времени оборотных рейсов и интервалов движения ПС на маршруте. Реализация целевой функции исследования обеспечивается использованием функциональных возможностей подсистем ИТС, осуществляющих планирование и мониторинг работы ПС на маршруте посредством современных информационных, коммуникационных и телематических технологии, технологии управления, а также формирования и реализации сценарных планов управления транспортными системами, в том числе и системой пассажирских перевозок.

2. Сформирована физическая архитектура ИТС ГА, направленная на реализацию целевой функции диссертационного исследования, и включающая в себя комплексные и инструментальные подсистемы ИТС:

- подсистему управления маршрутами общественного транспорта;
- подсистему мониторинга перемещения общественного транспорта;
- подсистему управления «умными остановками»;

- подсистему диспетчерского управления транспортом служб содержания дорог;
- подсистему управления состоянием дорог;
- комплекс подсистем управления дорожным движением;
- интеграционную платформу ИТС.

3. Научно обоснован алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока, позволяющий по данным средней скорости движения на перегоне определить показатели работы ГПТОП на маршруте. При реализации данного алгоритма, определяется режим функционирования системы ГПТОП (штатный или нештатный) по параметру отклонения текущего уровня обслуживания дорожного движения на перегоне от среднестатистических значений (уровни А...D) [7], с целью реализации сценарных планов управления транспортными процессам.

4. Научно обоснован алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основании данных ГНСС, позволяющий определять фактические значения времени прохождения ПС перегона маршрута, интервала движения ГПТОП, и на их основе находить время обратного рейса. Режим функционирования системы пассажирских перевозок определен методом оценки соотношения значений фактического интервала движения с установленным (маршрутное расписание ГПТОП). На основании определения режимов функционирования системы пассажирских перевозок реализуется сценарный план управления транспортными процессами.

5. Научно обоснован алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основе применения технологий искусственного интеллекта, позволяющий также определять фактические значения времени прохождения ПС перегона маршрута, интервала движения ГПТОП, и на их основе определять время обратного рейса. Критериями определения режима функционирования системы пассажирских перевозок, аналогично предыдущему алгоритму, являются показатели, оценивающие регулярность

движения ПС на маршруте и влияющие на сценарии управления транспортными процессами.

б. Представленные в диссертационной работе алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров оперируют функциональными характеристиками различных подсистем ИТС. Так алгоритм №1 основывается на функциональных характеристиках ПМПТП, входящей в состав КПУДД. Алгоритм №2 в основном использует функциональные характеристики ПМПОТ, а алгоритм №3 базируется на ПУУО. Выбор конкретного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров обусловлен номенклатурой периферийного оборудования ИТС, расположенного на УДС ГА и ПС ГПТОП.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ НА ОСНОВЕ ИТС

3.1 Программа проведения экспериментальных исследований

В диссертационной работе научно обоснованны алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров:

- на основе параметров состояния транспортного потока;
- на основании данных глобальной навигационной спутниковой системы;
- на основе применения технологий искусственного интеллекта.

При разработке алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе применения технологий ИИ были применены две модели обработки графической информации:

- TrOCR;
- YOLOv7.

Ввиду того, что разработанные алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров реализуются в виде программного кода в среде «Навигатор С 2020» [95], то процесс экспериментальных исследований, выполняемых в диссертационной работе проводится как тестирование алгоритмов, т.е. установление способности научно обоснованных алгоритмов выполнять заложенные в них функции.

Таким образом, запланировано проведение контрольного эксперимента, состоящего из этапов, приведенных ниже (Рисунок 53). Базой для проведения экспериментальных исследований является маршрутная сеть ОГА. Поэтому первоначальным этапом проведения экспериментальных исследований является сбор и обработка данных о состоянии маршрутной сети ОГА, выбор объектов маршрутной сети ОГА, на которых будет проводиться тестирование

предложенных алгоритмов, а также выбор ПО и периферийного оборудования, применяемое при проведении экспериментальных исследований.



Рисунок 53 – Блок –схема проведения экспериментальных исследований

На втором этапе проведения экспериментальных исследований будет производиться тестирование предложенных алгоритмов, т.е. сравнение данных, полученных при помощи алгоритмов и данных, полученных в результате натурных исследований.

Конечным этапом проведения экспериментальных исследований является формирование выводов о пригодности предложенных алгоритмов для управления процессами перевозки пассажиров.

3.2 Сбор данных о маршрутной сети Орловской городской агломерации, методы и способы проведения экспериментальных исследований

3.2.1 Характеристика маршрутной сети Орловской городской агломерации

Пассажирское обслуживание ОГА в муниципальном сообщении осуществляется посредством трех видов транспорта (Рисунок 54): автобусов, троллейбусов и трамваев. Данные о ключевых параметрах обслуживания пассажиров ОГА представлены ниже (Таблица 6).

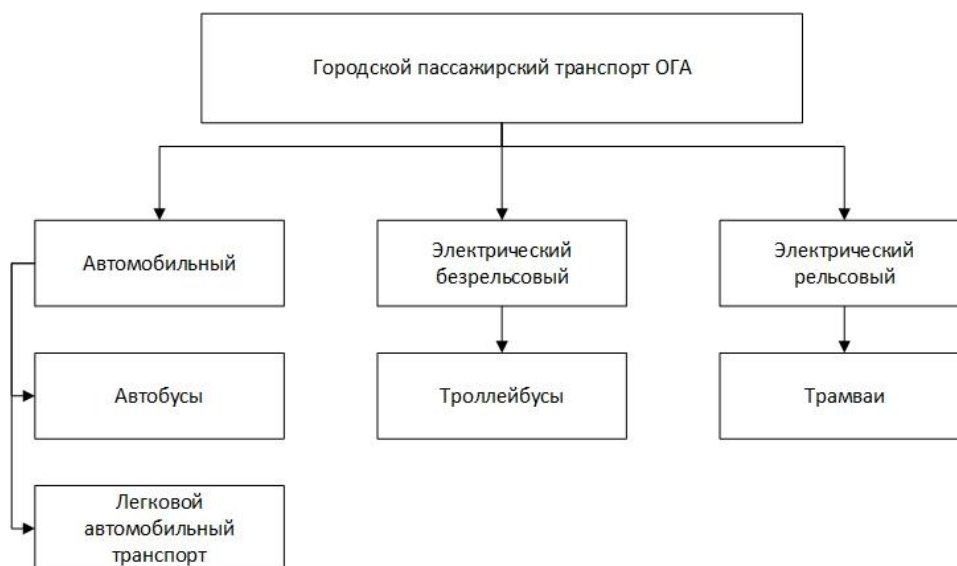


Рисунок 54 – Структура пассажирского транспорта ОГА

Таблица 6 – Параметры маршрутной сети ОГА

Наименование показателя	Значение показателя
Общее количество муниципальных маршрутов ГПТОП, из них:	40
автобусные маршруты регулярных перевозок по регулируемым тарифам, из них:	32
сезонные маршруты	3
временные маршруты	3
автобусные маршруты регулярных перевозок по нерегулируемым тарифам	1
трамвайные маршруты	3
троллейбусные маршруты	4

Продолжение таблицы 6.

Наименование показателя	Значение показателя
Общая протяженность городской маршрутной сети, км, из них:	904,4
автобусный транспорт, км	789,0
трамвайный транспорт, км	39,1
троллейбусный транспорт, км	76,3
Подвижной состав для обслуживания регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования, ед., из них:	606
автобусы большой вместимости, ед.	54
автобусы средней вместимости, ед.	220
автобусы малой вместимости, ед.	223
трамваи, ед.	70
троллейбусы, ед.	39
Фактический выпуск подвижного состава для обслуживания регулярных маршрутов городского пассажирского транспорта общего пользования, ед., из них:	349
автобусы большой вместимости, ед.	25
автобусы средней вместимости, ед.	190
автобусы малой вместимости, ед.	97
трамваи, ед.	23
троллейбусы, ед.	25
Численность низкопольного подвижного состава, ед., из них:	123
Автобусов, ед.	119
Троллейбусов, ед.	4
Трамваев, ед.	0
Доля низкопольного подвижного состава, %	21
Количество организаций и ИП, осуществляющих перевозку пассажиров автомобильным транспортом,	19
Из них муниципальных:	1
Муниципальное унитарное предприятие «Трамвайно-троллейбусное предприятие»	1
Из них частных:	18
ИП Бортников Игорь Исакович	1
ИП Брагина Светлана Викторовна	1
ИП Буренко Александр Николаевич	1
ИП Грачев Юрий Николаевич	1
ИП Дегтеренко Александр Николаевич	1
ИП Карньюхина Ирина Ивановна	1
ИП Кривов Вадим Алексеевич	1
ИП Кривова Марина Николаевна	1
ИП Лукьянчиков Анатолий Николаевич	1
ИП Москаленко Максим Сергеевич	1
ИП Москаленко Сергей Николаевич	1
ИП Москаленко Яна Сергеевна	1
ИП Плотников Антон Геннадьевич	1

Продолжение таблицы 6.

Наименование показателя	Значение показателя
ИП Прасолов Игорь Александрович	1
ИП Терешин Сергей Николаевич	1
ИП Стариков Виталий Викторович	1
ИП Стародубцев Алексей Алексеевич	1
ИП Яссер Гульнара Эмир-Асановна	1

Схема маршрутной сети ГПТОП на территории ОГА приведена ниже (Рисунок 55). Данные предоставлены Департаментом дорожного хозяйства, транспорта и реализации государственных строительных программ Орловской области.

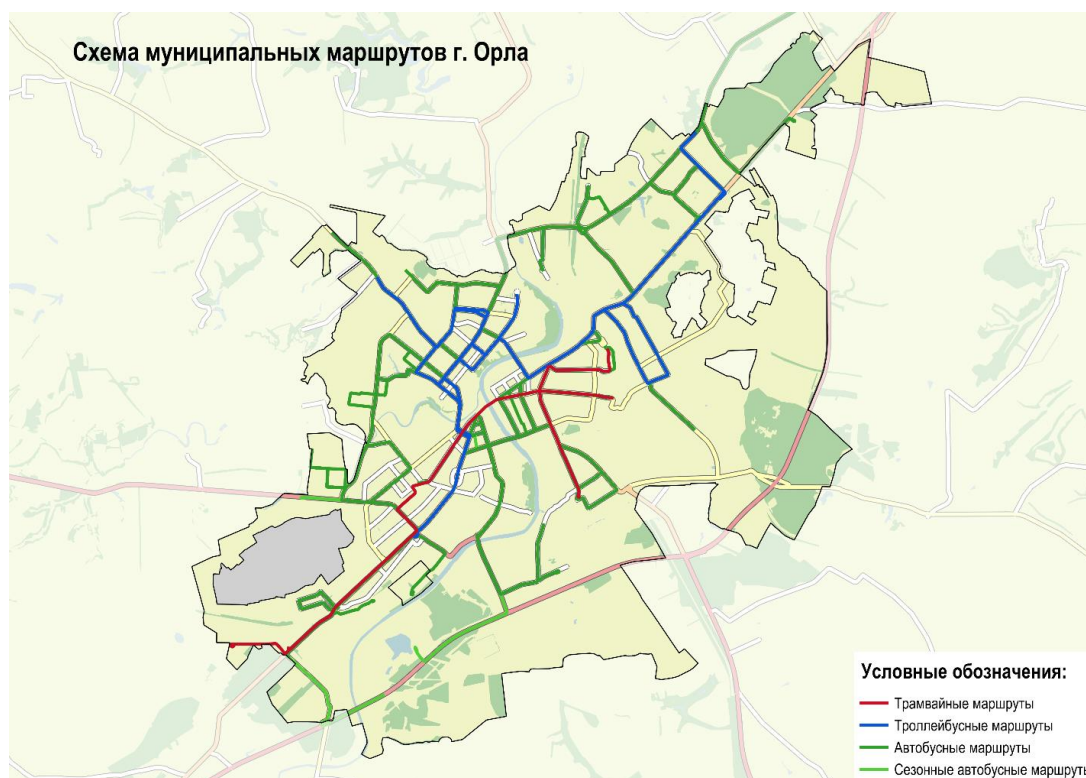


Рисунок 55 – Схема муниципальных маршрутов ГПТОП на территории ОГА (схема КСОТ ОГА)

По данным аналитиков издания «Городской транспорт» [23] за 2023 год были выявлены следующие показатели работы ГПТОП на территории ОГА, которые приведены ниже (Рисунок 56 - Рисунок 57).

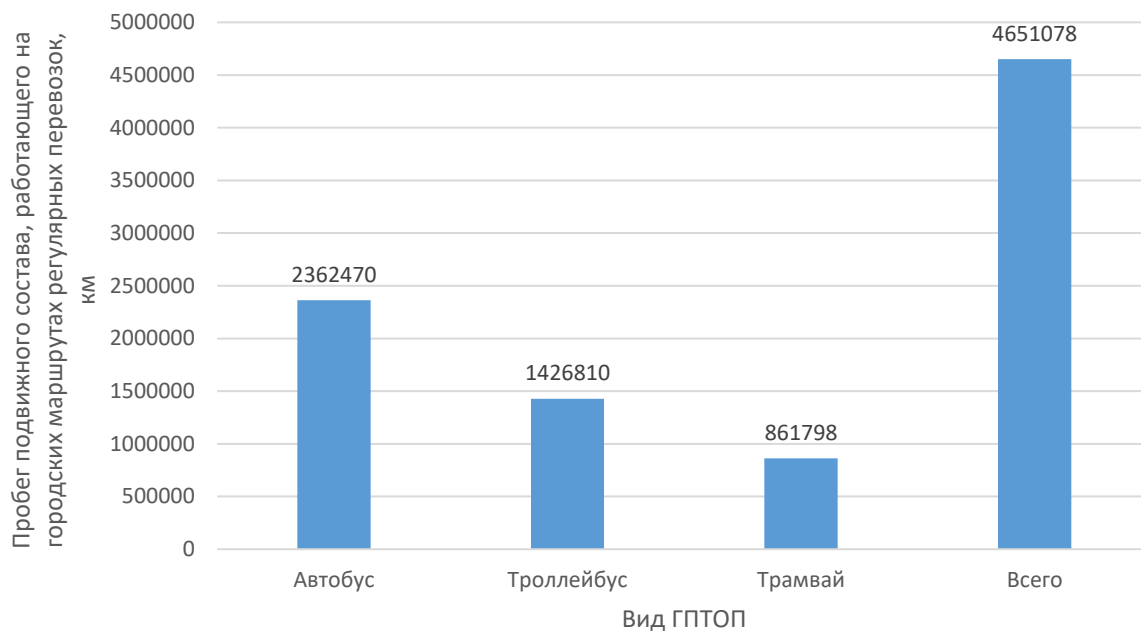


Рисунок 56 – Пробег подвижного состава, работающего на городских маршрутах регулярных перевозок

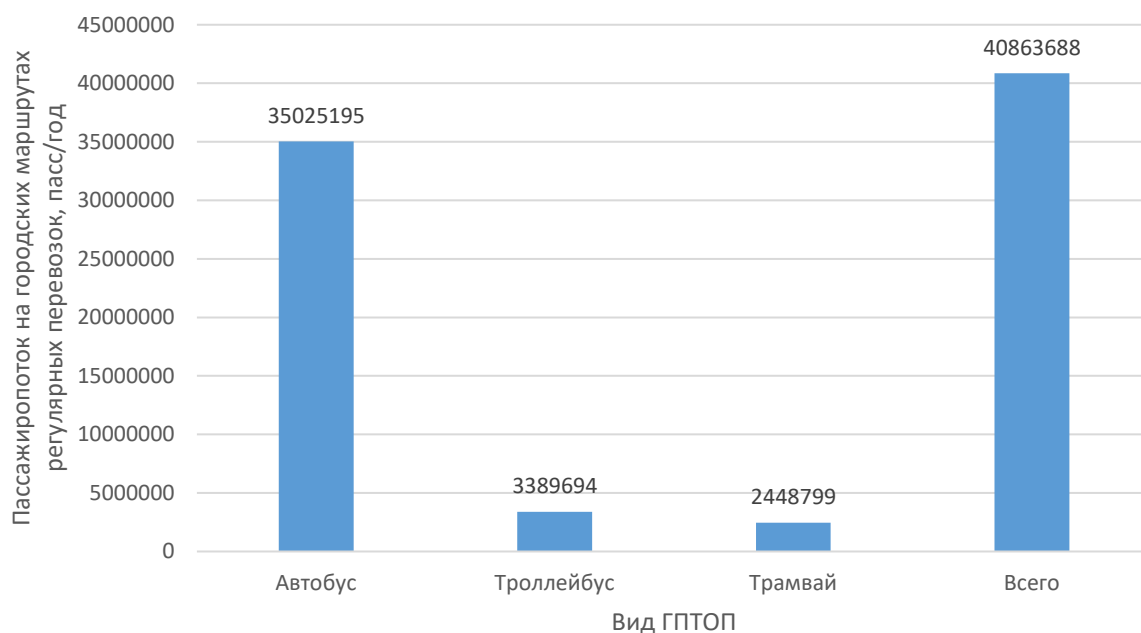


Рисунок 57 – Пассажиропоток на городских маршрутах регулярных перевозок

Всего в ОГА насчитывается 337 ОП. Распределение остановочных пунктов, по районам ОГА следующее (Рисунок 58):

- Советский район – 70 ОП;
- Заводской район – 117 ОП;
- Железнодорожный район – 85 ОП;
- Северный район – 65 ОП.

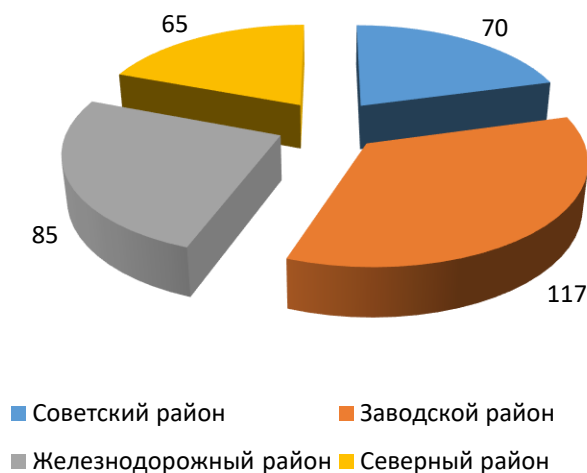


Рисунок 58 – Численность ОП по районам ОГА

3.2.2 Выбор объектов маршрутной сети Орловской городской агломерации, на которых будет проводиться тестирование предложенных алгоритмов

Для тестирования предложенных алгоритмов используем инфраструктуру ИТС ОГА. По данным теоретических исследований, представленные в диссертационной работе алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров оперируют функциональными характеристиками различных подсистем ИТС. Так алгоритм №1 основывается на функциональных характеристиках ПМПТП, входящей в состав КПУДД. Алгоритм №2 в основном использует функциональные характеристики ПМПОР, а алгоритм № 3 базируется на ПУУО. Рассмотрим каждую из подсистем ИТС, осуществляющих реализацию разработанных алгоритмов.

В процессе реализации Локального проекта ИТС ОГА в 2021...2023 гг. была создана ПМПТП, включающая в себя программное обеспечение

«Комплексная подсистема управления дорожным движением ПДУТП, ПСУ, ПМПТП, ПМЭП, ПВ Единой платформы управления транспортной системой «Навигатор-ИТС», а также периферийное оборудование –ДТ. В общей сложности группировка ДТ на УДС ОГА включает:

- тактические ДТ – 101 шт.;
- стратегические ДТ – 29 шт.

Из них:

- видеодетекторы – 44 шт.;
- многолучевые радарные ДТ – 86 шт.

Для определения средней скорости прохождения перегона, а соответственно и времени прохождения перегона, целесообразно использовать стратегические ДТ, которые предназначены для анализа параметров транспортных потоков на УДС ГА, в то время как тактические ДТ необходимы для управления светофорными объектами (СО). Экспериментальные исследования проводились на перегоне ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА, где установлены два стратегических ДТ, расположенных по адресам:

- г. Орел, Приборостроительная ул. (в районе д.42А) (Рисунок 59а);
- г. Орел, Приборостроительная ул. (в районе ул. Ломоносова 6Д) (Рисунок 59б).

Данные перегоны имеют следующие характеристики:

1. г. Орел, Приборостроительная ул. (в районе д.42А):

- длина перегона – 334 м;
- число полос движения – 2 в одном направлении;
- наличие светофорного регулирования – нет.

2. г. Орел, Приборостроительная ул. (в районе ул. Ломоносова 6Д):

- длина перегона – 412 м;
- число полос движения – 2 в одном направлении;
- наличие светофорного регулирования – да.

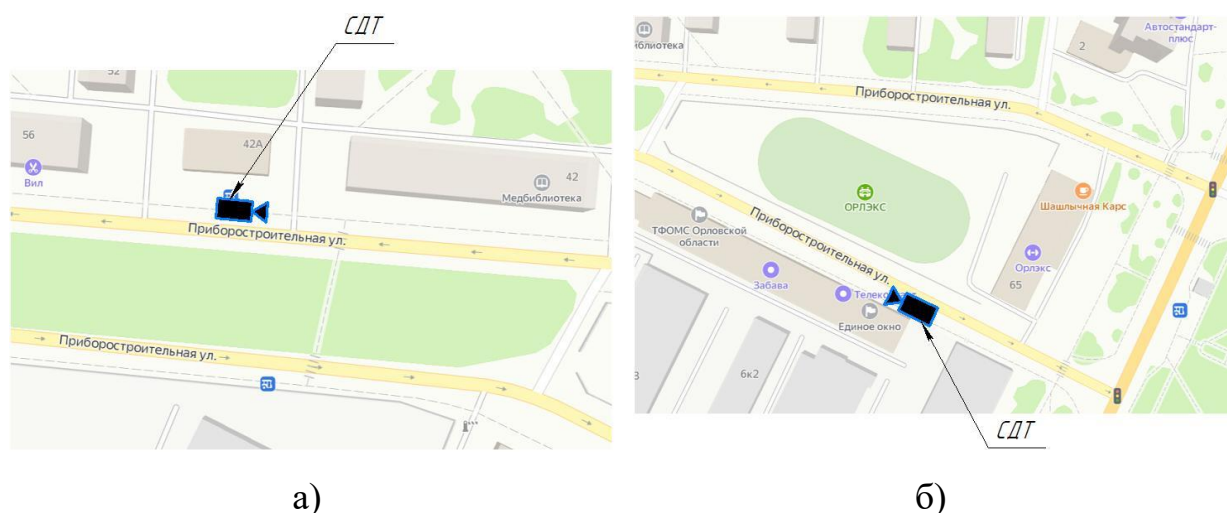


Рисунок 59 – Схемы размещения ДТ на перегоне ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА

ПМППОТ включает в себя ПО «Навигатор С2020» и базируется на аппаратуре спутниковой навигации, которая установлена на ПС ГПТОП ОГА.

ПУУО включает в себя ПО «Навигатор С 2020», а также периферийное оборудование, размещенное на 31 ОП (Таблица 7).

Таблица 7 – Перечень «умных остановок» ОГА

№ п/п	Наименование остановочного пункта	Адрес расположения остановочного пункта	Номера маршрутов, проходящих через ОП
1	«Микрорайон Болховский»	г. Орёл, Болховское шоссе, 67Б	Автобус №8, 10, 18, 115, 130, 131, 421, 444, 457, 459, 464
2	«Сквер Орлята»	г. Орёл, ул. Октябрьская, 62Б	Автобус №9, 10, 12, 18, 22, 25, 35, 47, 60, 115, 130, 131, 341, 421, 444, 445, 457, 459, 464. Троллейбус №4, 5.
3	«Площадь Жукова»	г. Орёл, ул. Тургенева, 43	Автобус №1, 14, 19, 26, 48, 116, 117, 118, 354, 400. Троллейбус №4
4	«60-летия Октября»	г. Орёл, ул. Максима Горького, 44	Автобус №27, 35, 47, 60, 115, 341, 445, 464. Троллейбус №4, 5, 6.
5	«ТМК Гринн»	г. Орёл, Кромское шоссе, 21	Автобус №5, 8, 12, 15, 34, 101, 102, 103, 104, 293, 300, 329, 352, 354, 400, 444, 445, 457, 482, 510, 512, 527, 545, 546, 549, 603, 604.
6	«Завод «Стекломаш»	г. Орёл, ул. Герцена, 2А	Автобус №27, 35, 47, 60, 115, 341, 445, 464. Троллейбус №4, 5, 6.

Продолжение таблицы 7.

№ п/п	Наименование остановочного пункта	Адрес расположения остановочного пункта	Номера маршрутов, проходящих через ОП
7	«Завод им. Медведева»	г. Орёл, ул. Московская, 58	Автобус №2, 5, 15, 16, 20, 21, 26, 27, 34, 47, 48, 60, 110, 329, 341, 352, 482, 410, 464. Троллейбус №1, 4, 5, 6.
8	«Микрорайон Северный»	г. Орёл, Московское шоссе, 153А	Автобус №16, 21, 26, 27, 110, 127, 329, 339, 341, 352, 403, 482, 410, 500, 501, 850. Троллейбус №1, 4, 5, 6.
9	«Музей им. Тургенева»	г. Орёл, ул. Тургенева, 11	Автобус №9, 25, 26, 48, 114, 1, 14, 18, 19, 22, 354, 400, 421, 444, 457. Троллейбус №4, 6.
10	«Госунiversитет – УНПК»	г. Орёл, Наугорское шоссе, 29	Автобус №8, 10, 27, 47, 48, 14, 114, 116, 117, 118, 246, 341, 354, 400, 619, 621. Троллейбус №5.
11	«Пенсионный фонд»	г. Орёл, ул. Комсомольская, 108	Автобус №2, 5, 9, 15, 16, 20, 21, 34, 35, 106, 108, 109, 110, 114, 116, 117, 118, 119, 123, 124, 127, 130, 131, 329, 339, 352, 363, 395, 403, 445, 453, 482, 521, 522, 535, 544, 631, 640, 658, 661, 662, 665, 671, 672, 14, 18, 19, 59, 115, 354, 400, 410, 420, 444, 457, 459, 554, 619, 621, 633. Троллейбус №1, 4, 6.
12	«Военно-исторический музей»	г. Орёл, ул. Комсомольская, 77	Автобус №2, 5, 9, 15, 16, 20, 21, 34, 35, 14, 18, 19, 59, 110, 114, 115, 129, 329, 352, 363, 354, 395, 400, 420, 444, 453, 457, 459, 482. Троллейбус №1, 4, 6.
13	«Улица Черкасская»	г. Орёл, ул. Черкасская, 73	Автобус №2, 25, 106, 108, 109, 123, 124, 129, 421.
14	«Завод «Текмаш»	г. Орёл, ул. Московская, 155	Автобус №2, 5, 15, 16, 20, 21, 26, 27, 34, 47, 48, 60, 110, 127, 329, 341, 352, 403, 410, 464, 482 Троллейбус №1, 4, 5, 6.
15	«Администрация Северного района»	г. Орёл, Московское шоссе, 117	Автобус №5, 16, 20, 21, 26, 27, 110, 329, 341, 352, 464, 482. Троллейбус №1, 4, 5, 6.
16	«ТЦ «Европа»	г. Орёл, ул. Раздольная, 53	Автобус №9, 34.

Продолжение таблицы 7.

№ п/п	Наименование остановочного пункта	Адрес расположения остановочного пункта	Номера маршрутов, проходящих через ОП
17	«Автовокзал»	г. Орёл, ул. Комсомольская, 242Б	Автобус №2, 5, 8, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 34, 35, 293, 329, 352, 354, 400, 444, 445, 457, 482.
18	«Дом моды»»	г. Орёл, Карачевское шоссе, 6	Автобус №8, 9, 12, 20, 59, 420, 453.
19	«Автошкола ДОСААФ»	г. Орёл, Карачевское шоссе, 41	Автобус №8, 9, 12, 20, 59, 420, 453.
20	«Автошкола ДОСААФ»	г. Орёл, Карачевское шоссе, 50	Автобус №8, 9, 12, 20, 59, 420, 453.
21	«Автоколонна 1141»	г. Орёл, Карачевское шоссе, 79В	Автобус №8, 9, 20, 59, 107, 420.
22	«Ветеринарная лечебница»	г. Орёл, Карачевское шоссе, 69	Автобус №8, 9, 12, 20, 59, 246, 420, 453.
23	«Дом моды»	г. Орёл, ул. Комсомольская, 229	Автобус №2, 5, 9, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 34, 35, 59, 110, 114, 115, 127, 329, 352, 354, 363, 395, 400, 420, 444, 445, 453, 457, 459, 482. Троллейбус №1, 4, 6.
24	«Карачевское шоссе»	г. Орёл, Карачевское шоссе, 79А	Автобус №8, 9, 20, 59, 107, 279, 419, 555, 616, 617, 777, 420, 537, 615.
25	«Юридический институт»	г. Орёл, ул. Октябрьская, 205	Автобус №9, 10, 12, 18, 115, 130, 131, 421, 444, 445, 457, 459, 464, 671, 672.
26	«Гипсовый комбинат»	г. Орёл, ул. Московская, 126	Автобус №2, 5, 15, 16, 20, 21, 26, 27, 34, 47, 48, 110, 329, 341, 352, 482, 464 Троллейбус №1, 4, 5, 6.
27	«ОГАУ»	г. Орёл, ул. Генерала Родина, 69	Автобус №1, 8, 19, 26, 60, 246.
28	«Прокуровка»	г. Орёл, Московское шоссе, 1186	Автобус №5, 16, 20, 21, 26, 27, 110, 329, 341, 352, 482, 464, Троллейбус №1, 4, 5, 6.
29	«Сквер им. Ермолова»	г. Орёл, Сквер Генерала А.П.Ермолова	Автобус №1, 2, 5, 15, 16, 20, 21, 22, 26, 34, 35, 48, 59, 110, 115, 127, 329, 339, 352, 363, 395, 403, 410, 420, 445, 482. Троллейбус №1.
30	«Сквер Гуртьева»	г. Орёл, ул. Октябрьская, 42	Автобус №9, 10, 12, 18, 22, 25, 27, 130, 131, 421, 444, 457, 459. Троллейбус №4.
31	«Сквер Гуртьева»	г. Орёл, ул. Октябрьская, 47	Автобус №9, 10, 18, 22, 25, 27, 130, 131, 421, 444, 457, 459. Троллейбус №4, 5, 6.

Проведение экспериментальных исследований осуществлялось на перегоне ОП «Автошкола ДОСААФ» (г. Орёл, Карачевское шоссе, 41) – ОП «Ветеринарная лечебница» (г. Орёл, Карачевское шоссе, 69). Перегон имеет следующие характеристики:

- длина перегона – 524 м;
- число полос движения – 4 (по 2 в каждом направлении);
- наличие светофорного регулирования – да.

3.2.3 Выбор программного обеспечения и периферийного оборудования, применяемого при проведении экспериментальных исследований

При проведении экспериментальных исследований применялось следующее периферийное оборудование.

1. Определение параметров транспортного потока – стационарный многолучевой радарный ДТ «Смартроад TMS.13-T25» (Рисунок 60).



Рисунок 60 - Стационарный многолучевой радарный ДТ «Смартроад TMS.13-T25» (фото производителя «Sorб - Engineering», РФ)

2. Определение пространственных координат ПС на маршрутной сети – мобильный терминал АСН УТП-М-21-3.314 (Рисунок 61) [83].



Рисунок 61 – Мобильный терминал АСН УТП-М-21-3.314 (фото из открытых источников)

3. Определение нахождения маршрутных ПС на ОП – система видеонаблюдения «умной остановки», включающая следующее оборудование:

- IP-камера HiWatch DS-I456 (Рисунок 62);
- IP-камера обзорная HiWatch DS-I215(B) (Рисунок 63).



Рисунок 62 – IP-камера HiWatch DS-I456 (фото автора)



Рисунок 63 - IP-камера обзорная HiWatch DS-I215(B) (фото автора)

При проведении экспериментальных исследований использовалось следующее ПО:

- мониторинг параметров транспортного потока - «Комплексная подсистема управления дорожным движением ПДУТП, ПСУ, ПМПТП, ПМЭП, ПВ Единой платформы управления транспортной системой «Навигатор-ИТС» (Рисунок 64) [94];

- мониторинг ПС и «умные остановки» - «Мультисервисная платформа совместного использования транспортных средств в городской среде «НАВИГАТОР-С2020» (Рисунок 65) [95].

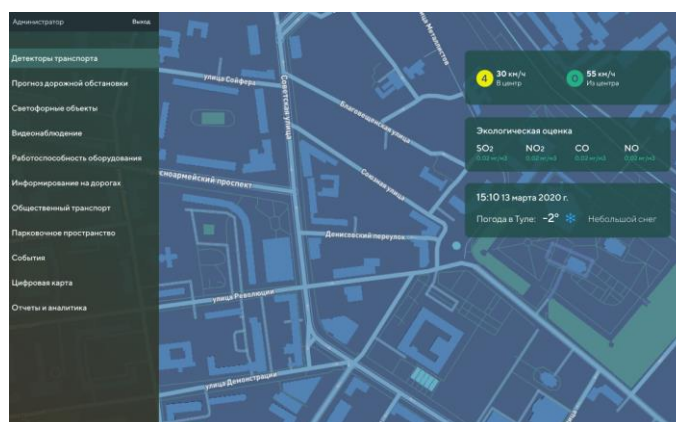


Рисунок 64 – Комплексная подсистема управления дорожным движением ПДУТП, ПСУ, ПМПТП, ПМЭП, ПВ Единой платформы управления транспортной системой «Навигатор-ИТС» (фото автора)



а)

б)

Рисунок 65 – Мультисервисная платформа совместного использования транспортных средств в городской среде «НАВИГАТОР-С2020» (фото автора): а) – окно авторизации в системе; б) – выбор окружения

3.3 Результаты тестирования алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров

3.3.1 Результаты тестирования алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока

Предложенный алгоритм базируется на определении средней скорости транспортного потока, который определяется по данным ДТ. Проведение эксперимента производилось на двух участках УДС (п. 3.2.3):

- г. Орел, Приборостроительная ул. (в районе д.42А) (Рисунок 59а);
- г. Орел, Приборостроительная ул. (в районе ул. Ломоносова 6Д) (Рисунок 59б).

Рассмотрим перегон ул. Октябрьская – ул. Матвеева: (ДТ - г. Орел, Приборостроительная ул. (в районе д.42А)). Данный УДС имеет характеристики, приведенные в предыдущем разделе.

Исследование производили по нескольким временным интервалам. Для этого выбрали даты в марте, апреле и мае 2024 г. Результаты экспериментальных исследований по скорости движения на перегонах приведены ниже (Рисунок 66...Рисунок 73).

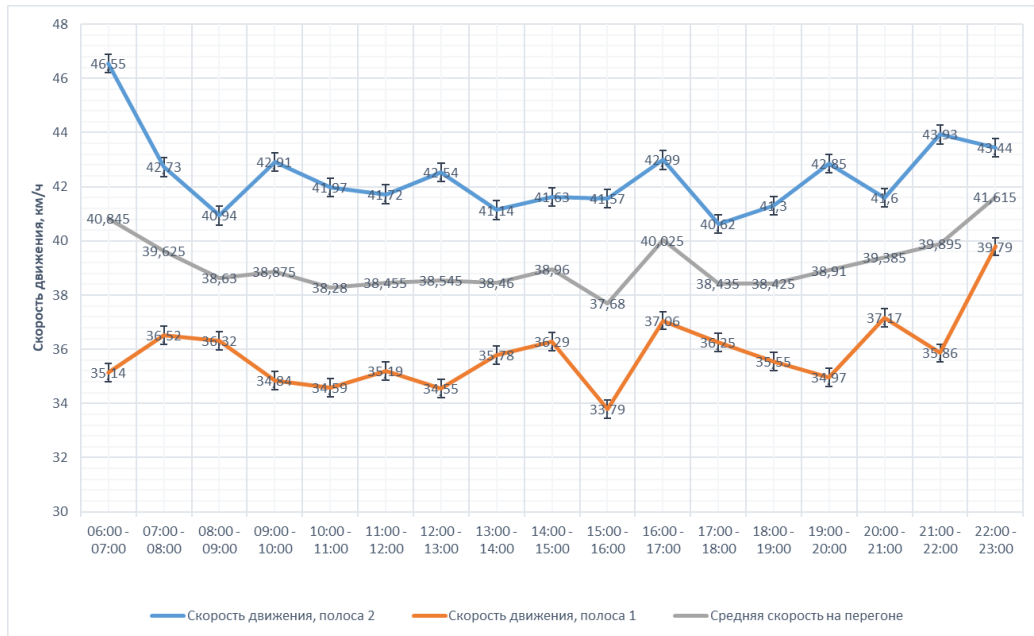


Рисунок 66 – Исследование скорости движения транспортного потока на перегоне ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА 22.03.2024г. (будний день)

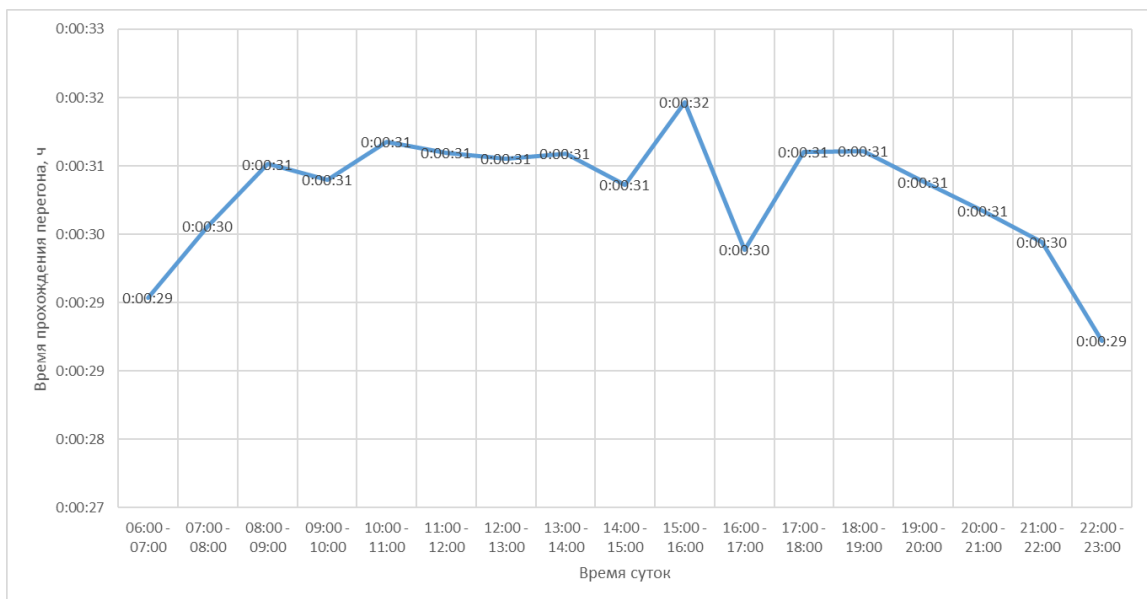


Рисунок 67 – Время прохождения перегона ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА 22.03.2024г. (будний день), определенное по формуле (12)

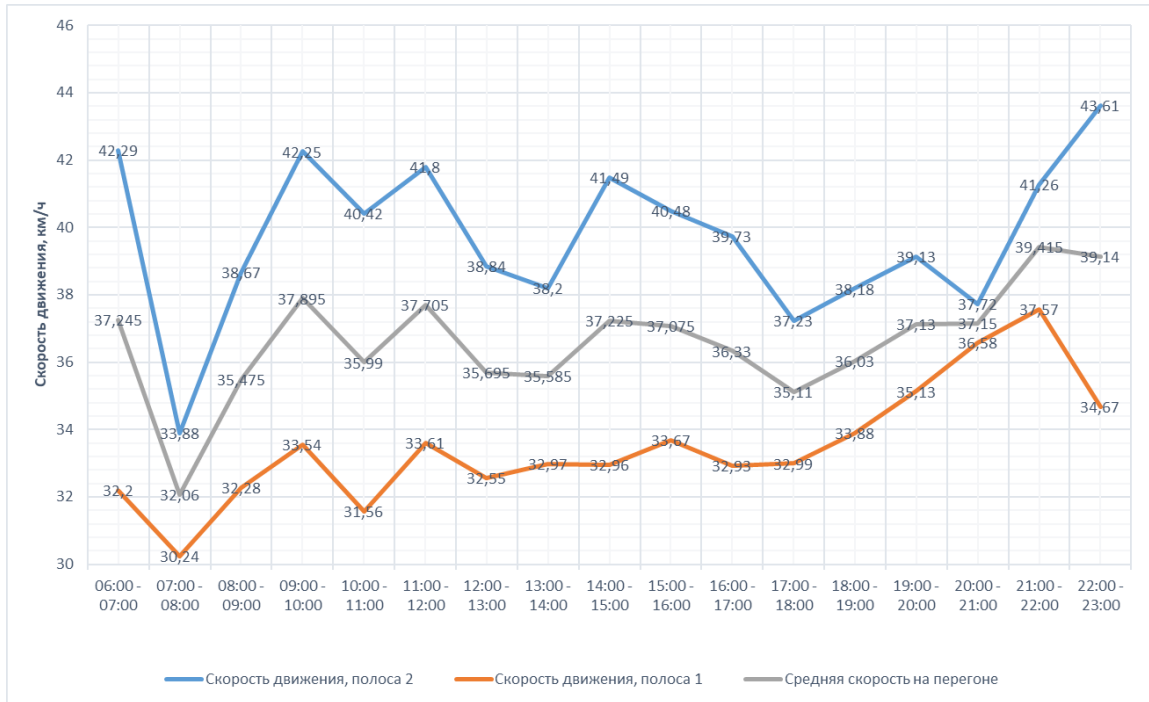


Рисунок 68 – Исследование скорости движения транспортного потока на перегоне ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА 26.03.2024г. (будний день)

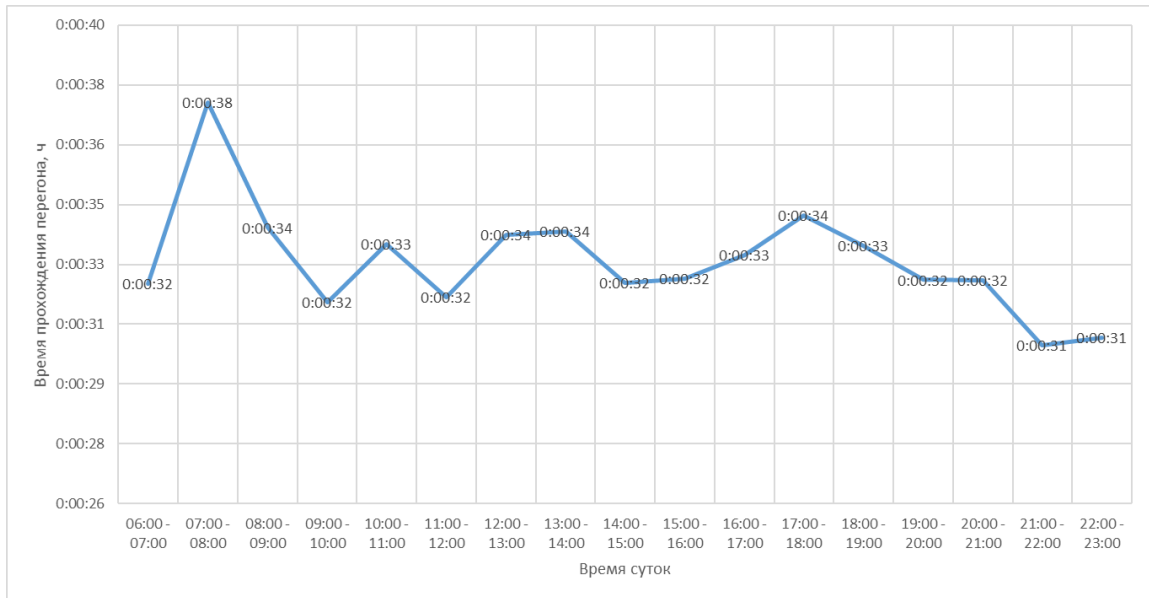


Рисунок 69 – Время прохождения перегона ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА 26.03.2024г. (будний день), определенное по формуле (12)

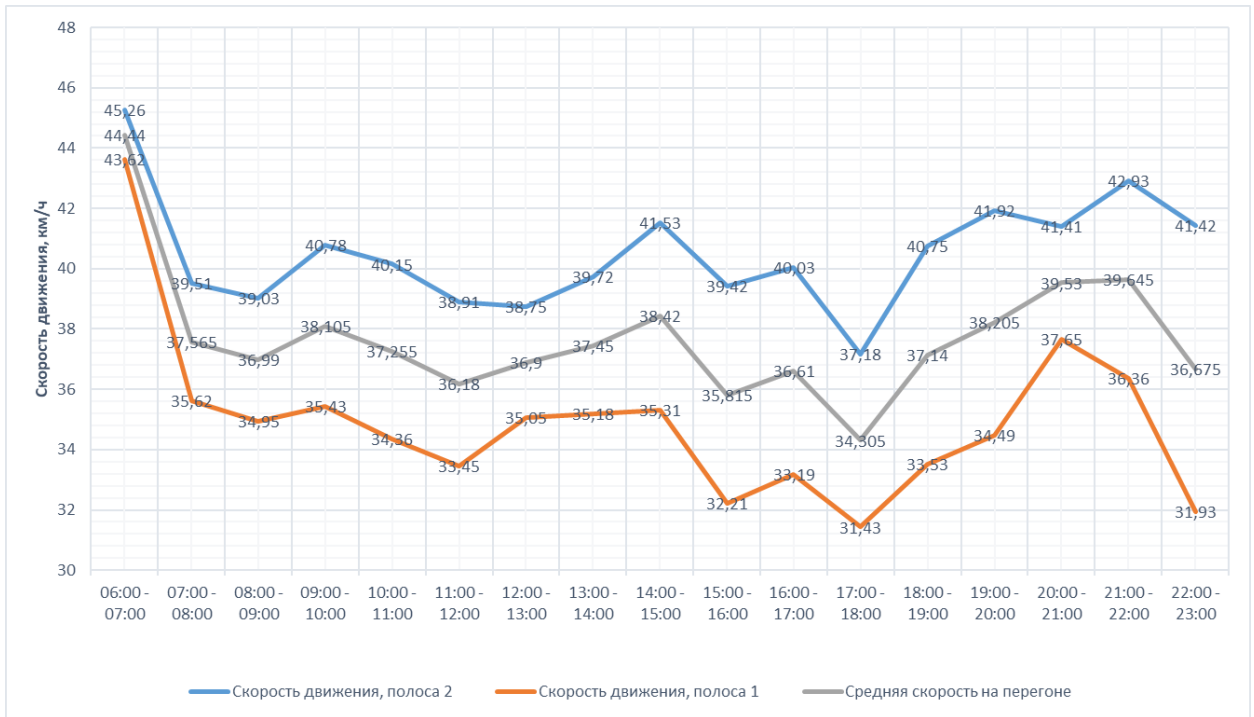


Рисунок 70 – Исследование скорости движения транспортного потока на перегоне ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА 10.04.2024г. (будний день)

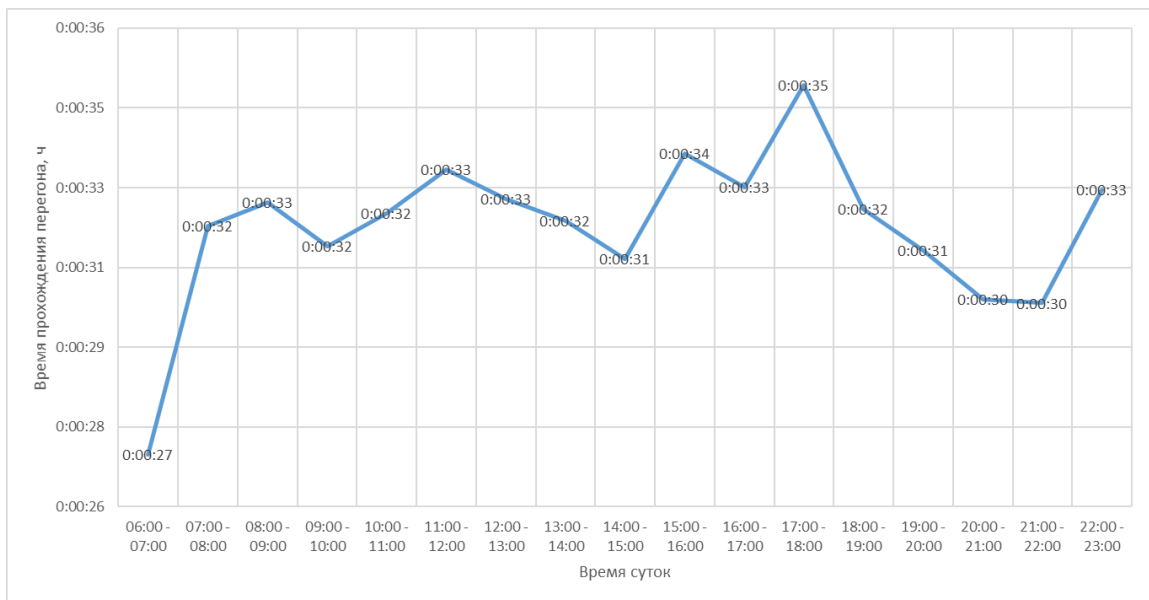


Рисунок 71 – Время прохождения перегона ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА 10.04.2024г. (будний день), определенное по формуле (12)

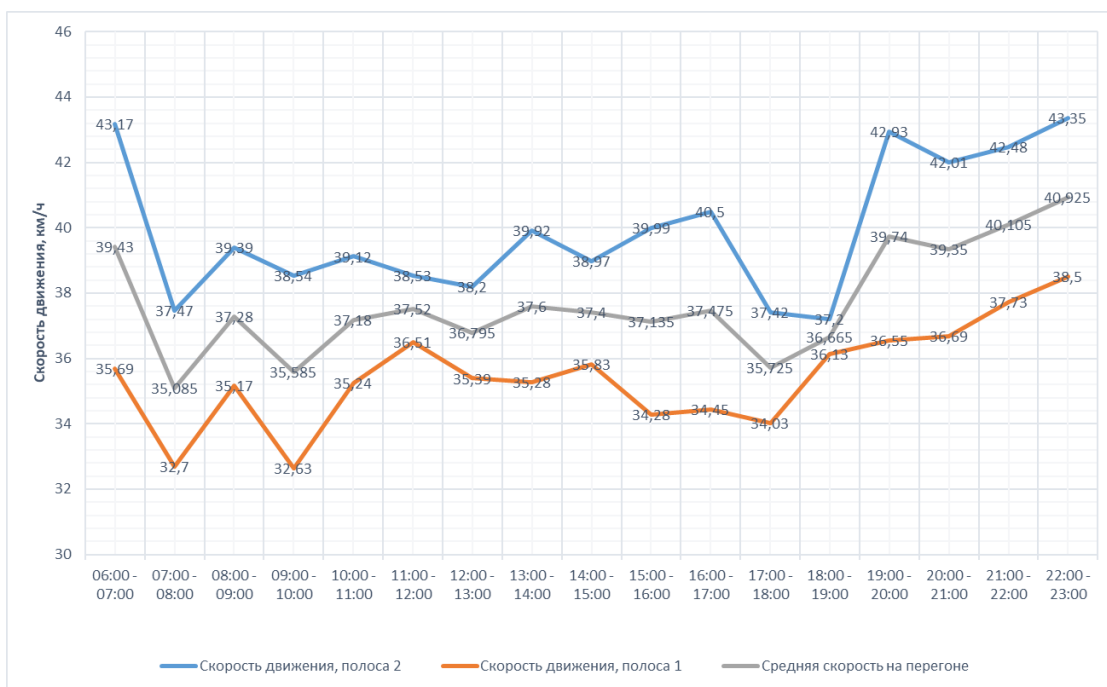


Рисунок 72 – Исследование скорости движения транспортного потока на перегоне ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА 02.05.2024г. (выходной день)

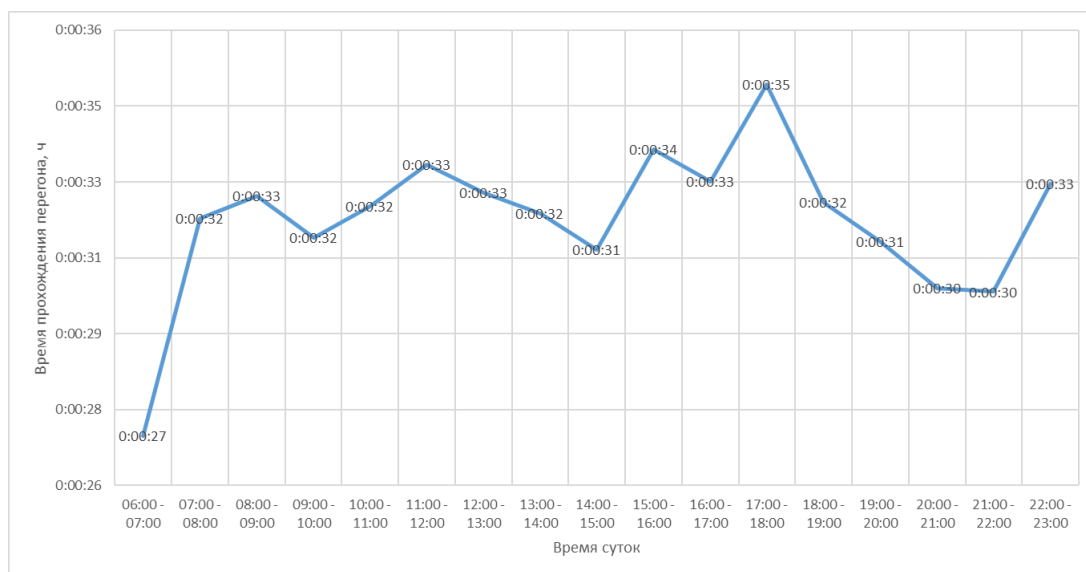


Рисунок 73 – Время прохождения перегона ул. Октябрьская – ул. Матвеева УДС ОГА 02.05.2024г. (выходной день), определенное по формуле (12)

На ОП «ул. Приборостроительная» и ОП «больница им. Семашко», которые являются вершинами графа анализируемого перегона производился замер фактического времени отправления ПС от ОП «ул. Приборостроительная» и фактического времени прибытия ПС на ОП

«больница им. Семашко». На основании полученных экспериментальных данных определялось время прохождения перегона путем заполнения таблицы следующей формы (Таблица 8). Результаты сравнения данных, полученных при помощи разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока приведены на рисунках (Рисунок 74...Рисунок 77).

Таблица 8 – Пример определения времени прохождения перегона ГПТОП

Время суток	ГРЗ ПС	Номер маршрута	Время отправления от ОП «ул. Приборостроительная», ч	Время прибытия на ОП «больница им. Семашко», ч	Время прохождения перегона, ч	Среднее время прохождения перегона, ч
06:00 - 07:00	C703HK	47	06:03:26	6:03:55	0:00:29	0:00:30
	C526MP	47	06:10:16	6:10:50	0:00:34	
	K083XA	47	06:15:47	6:16:10	0:00:23	
	Y582HA	47	06:22:44	6:23:12	0:00:28	
	AA400	60	06:27:37	6:28:12	0:00:35	
	K687XB	25	06:49:45	6:50:18	0:00:33	
	E256AK	22	06:55:44	6:56:14	0:00:30	
	C486PK	47	06:56:44	6:57:17	0:00:33	
	C705KE	60	06:57:45	6:58:12	0:00:27	

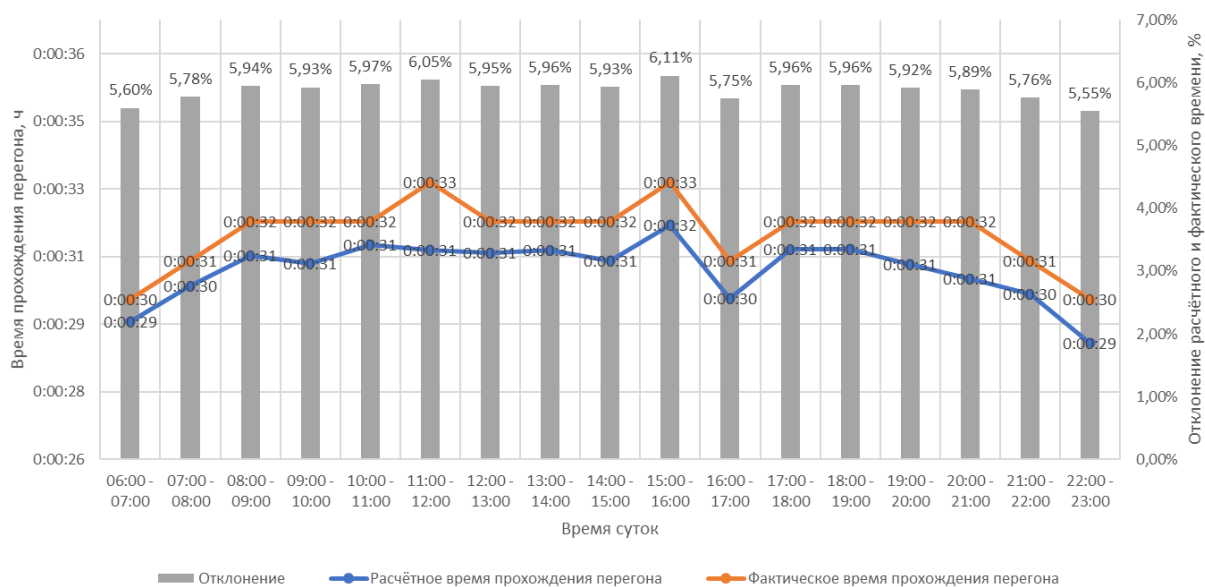


Рисунок 74 – Результаты сравнения данных, полученных при помощи разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока ОГА 22.03.2024г.

(будний день)

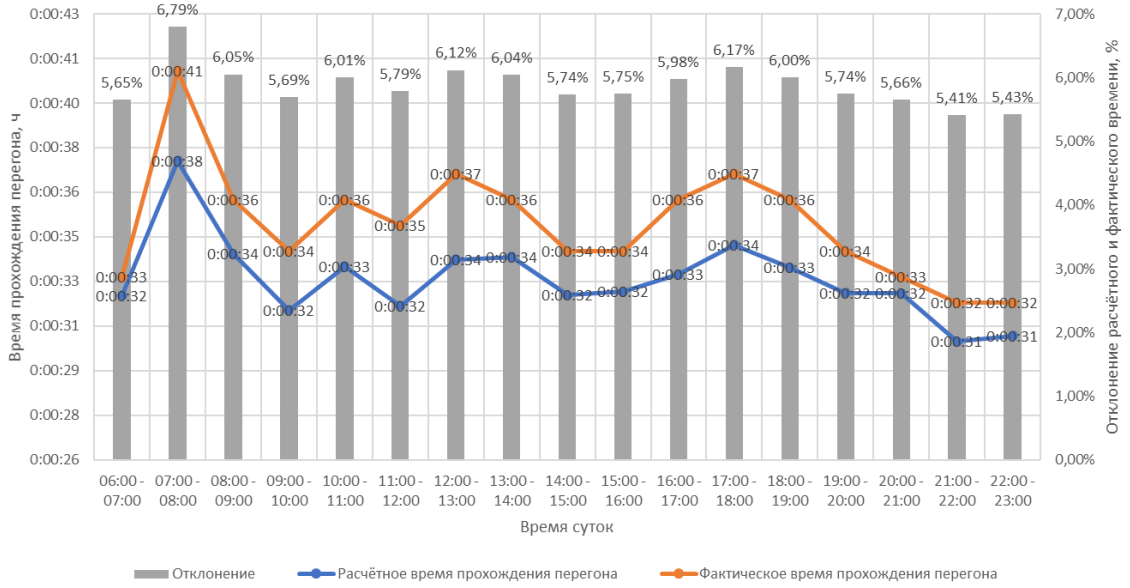


Рисунок 75 – Результаты сравнения данных, полученных при помощи разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока ОГА 26.03.2024г. (будний день)

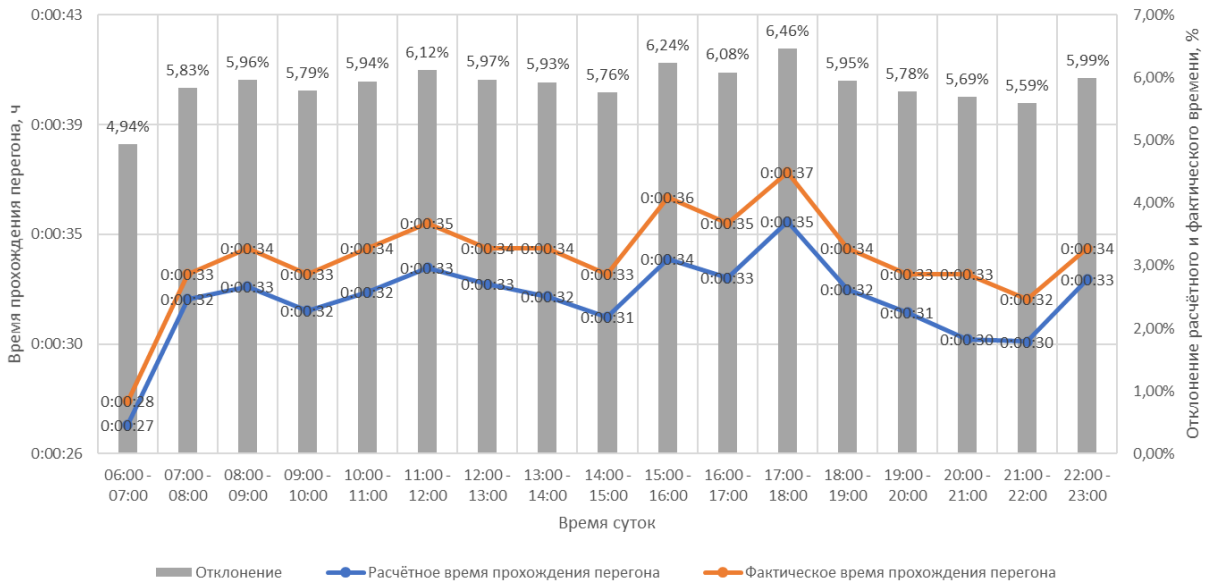


Рисунок 76 – Результаты сравнения данных, полученных при помощи разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока ОГА 10.04.2024г. (будний день)

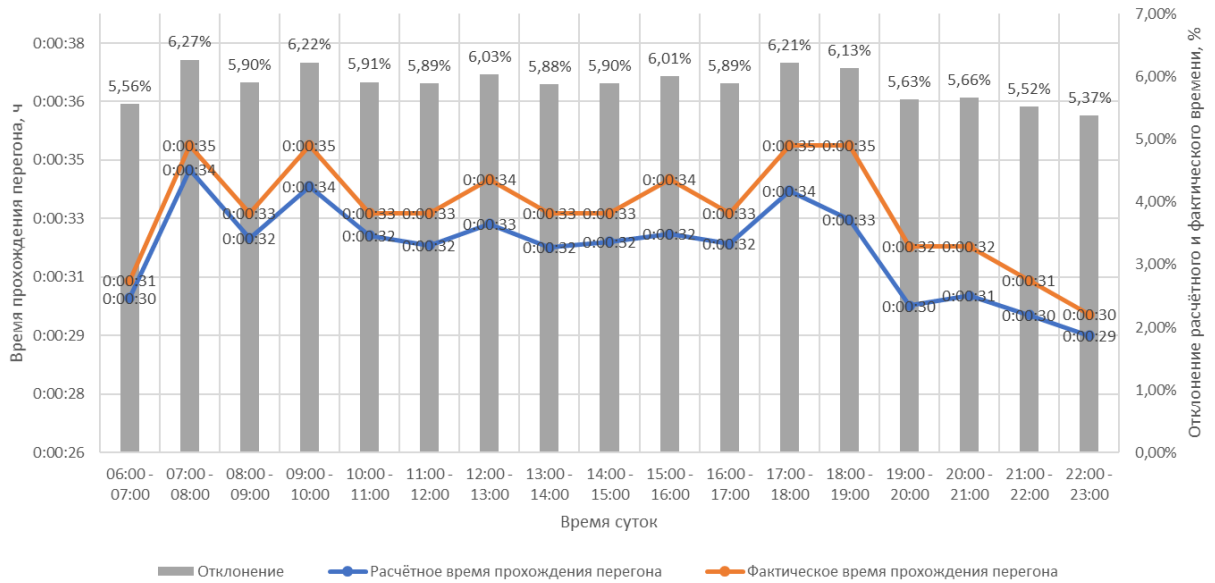


Рисунок 77 – Результаты сравнения данных, полученных при помощи разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока ОГА 02.05.2024г. (выходной день)

Аналогично проводим экспериментальные исследования на другом перегоне ул. Матвеева – ул. Октябрьская (ДТ – г. Орел, Приборостроительная ул. (в районе ул. Ломоносова бД)). Полученные результаты приведены на рисунках (Рисунок 78...Рисунок 89).

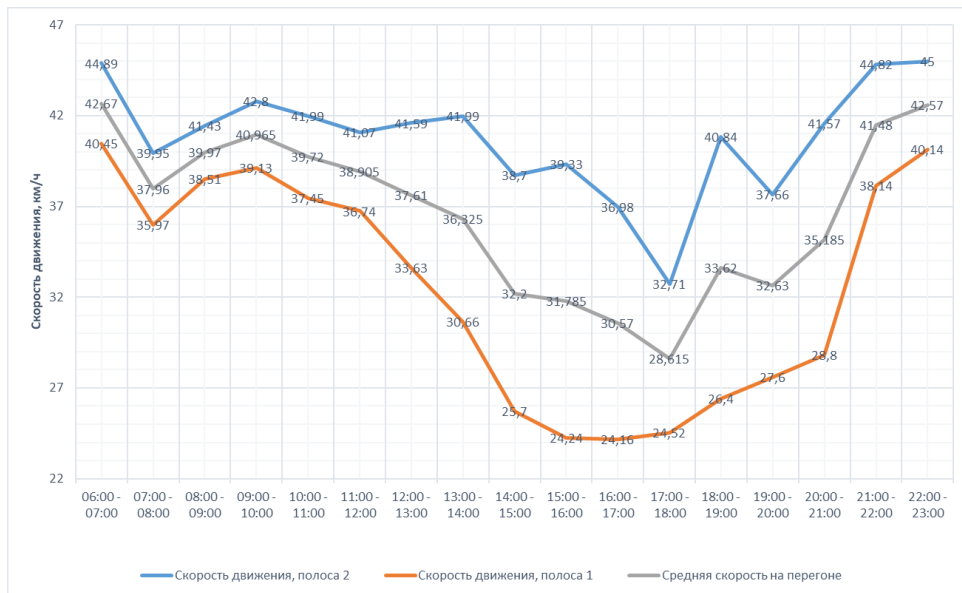


Рисунок 78 – Исследование скорости движения транспортного потока на перегоне ул. Матвеева – ул. Октябрьская УДС ОГА 22.03.2024г. (будний день)

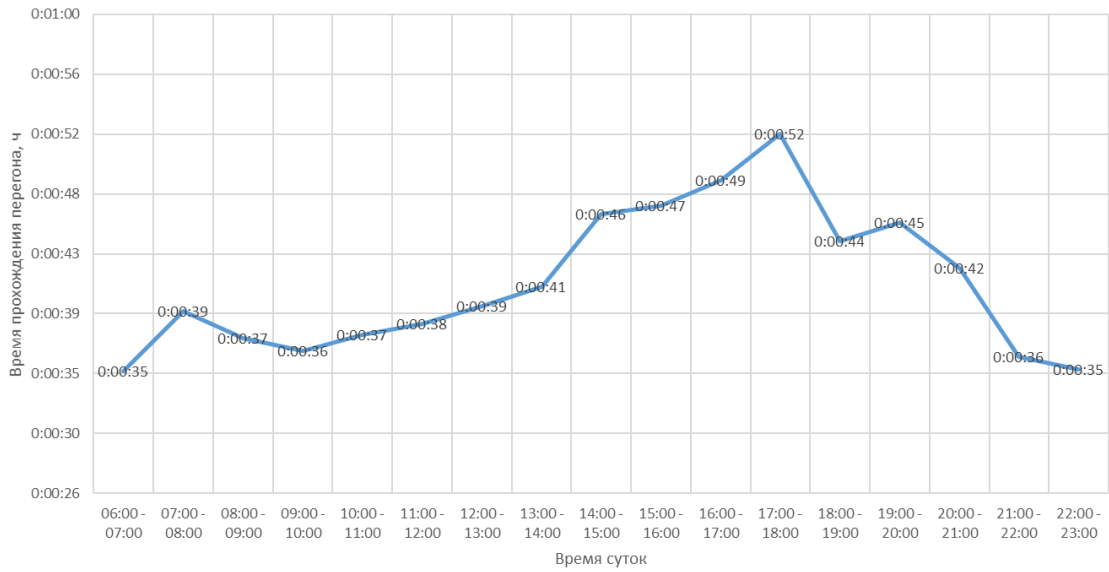


Рисунок 79 – Время прохождения перегона ул. Матвеева – ул. Октябрьская УДС ОГА 22.03.2024г. (будний день), определенное по формуле (12)

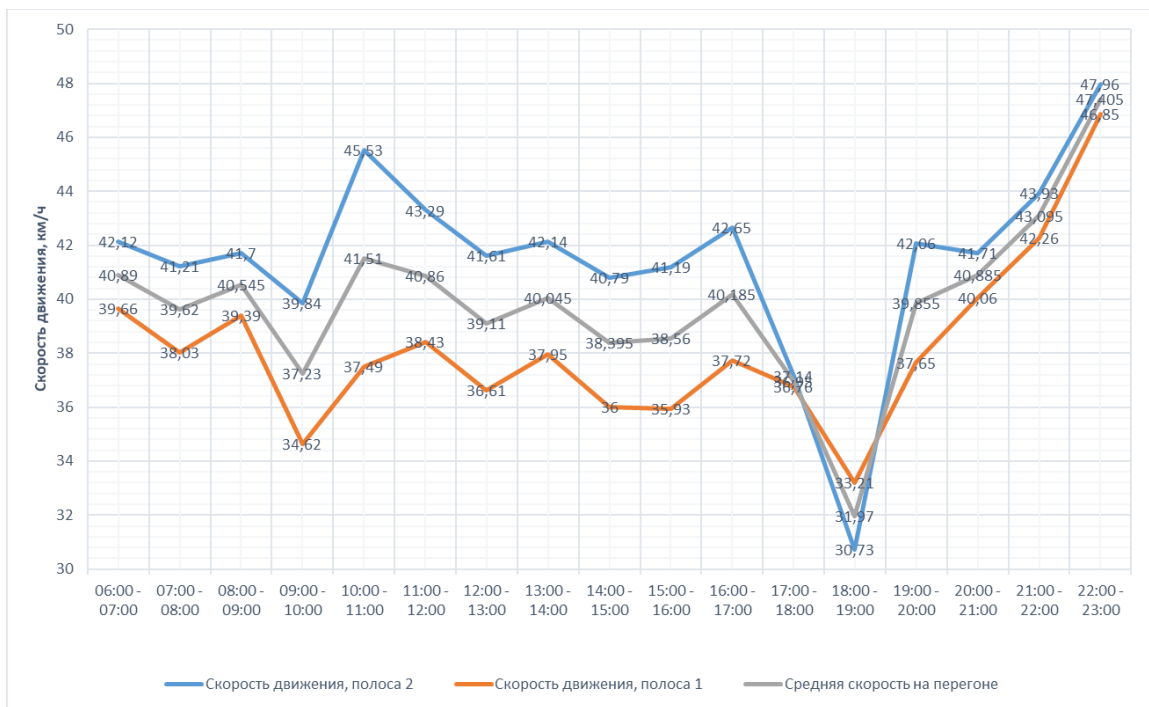


Рисунок 80 – Исследование скорости движения транспортного потока на перегоне ул. Матвеева – ул. Октябрьская УДС ОГА 26.03.2024г. (будний день)

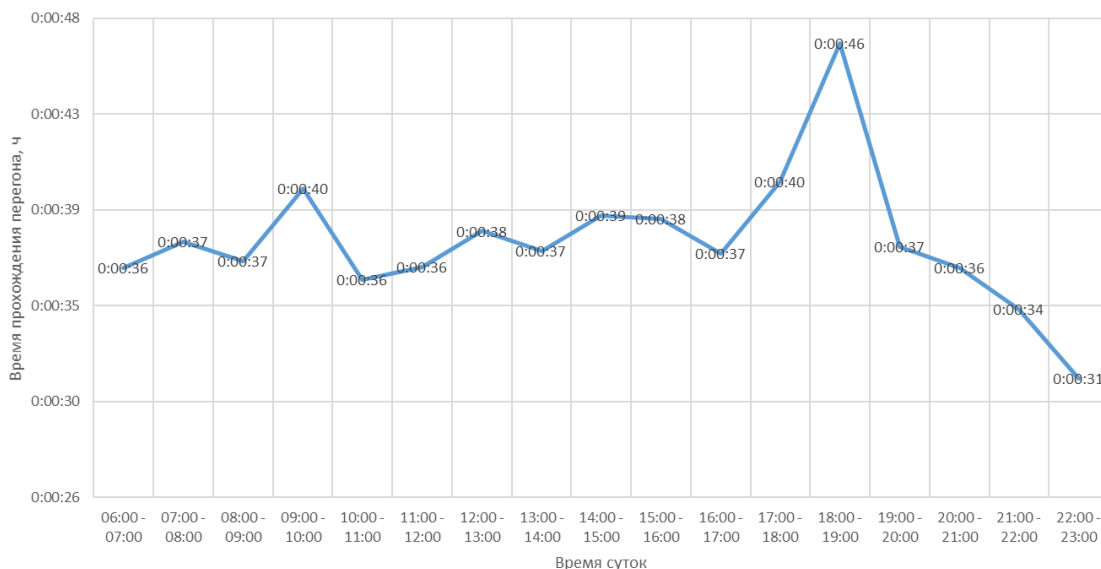


Рисунок 81 – Время прохождения перегона ул. Матвеева – ул. Октябрьская УДС ОГА 26.03.2024г. (будний день), определенное по формуле (12)

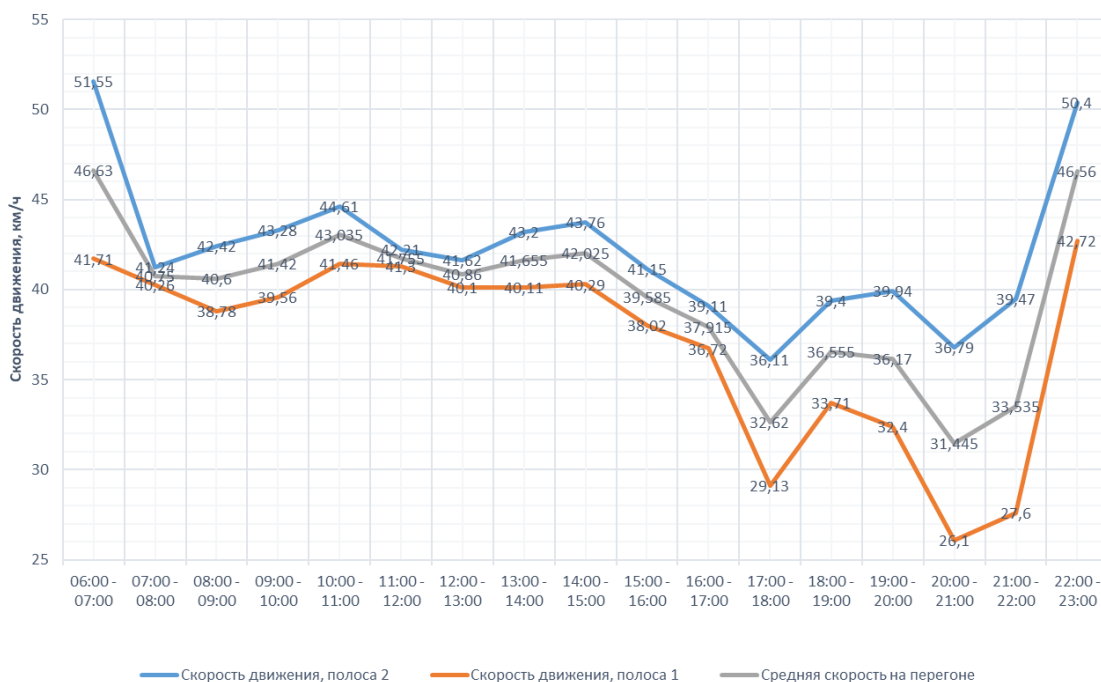


Рисунок 82 – Исследование скорости движения транспортного потока на перегоне ул. Матвеева – ул. Октябрьская УДС ОГА 10.04.2024г. (будний день)

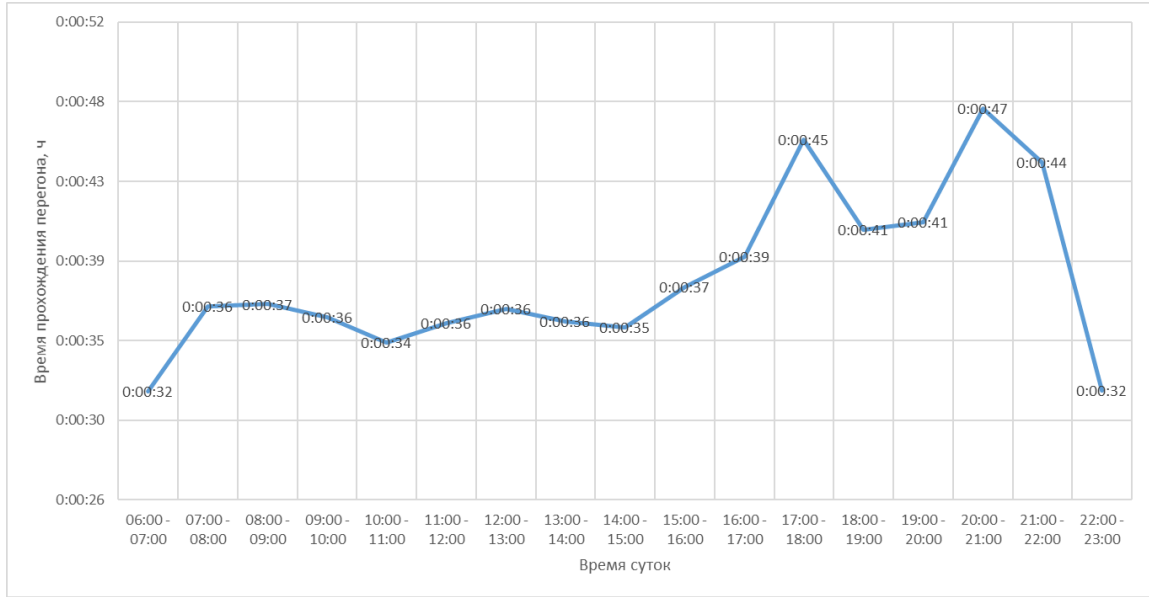


Рисунок 83 – Время прохождения перегона ул. Матвеева – ул. Октябрьская УДС ОГА 10.04.2024г. (будний день), определенное по формуле (12)

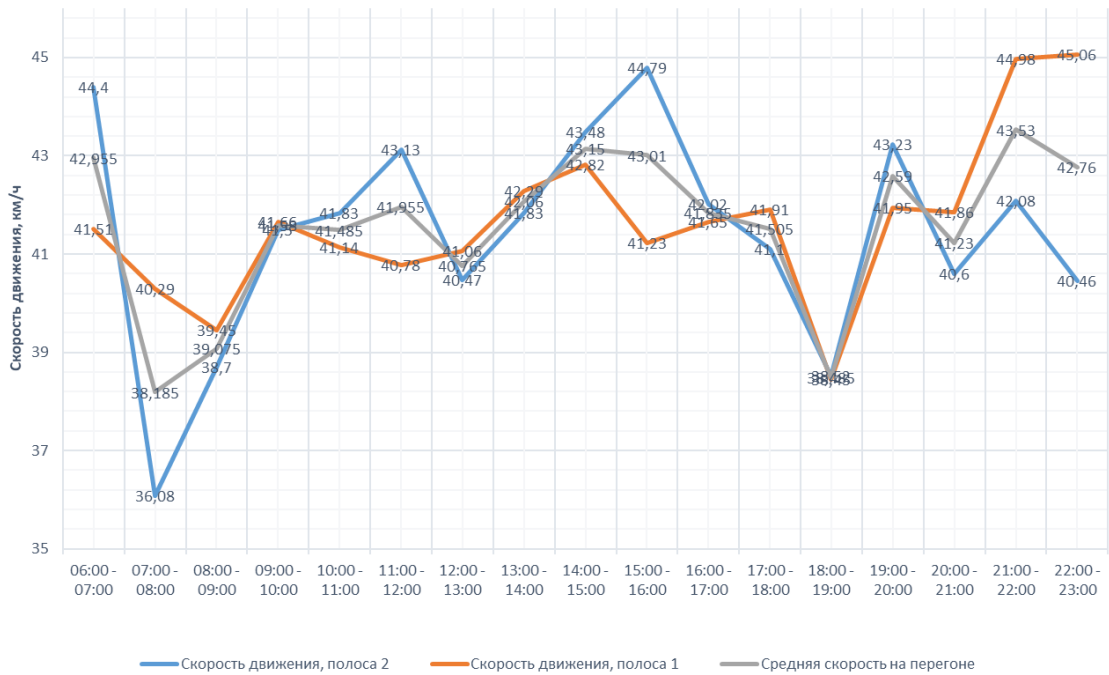


Рисунок 84 – Исследование скорости движения транспортного потока на перегоне ул. Матвеева – ул. Октябрьская УДС ОГА 02.05.2024г. (выходной день)

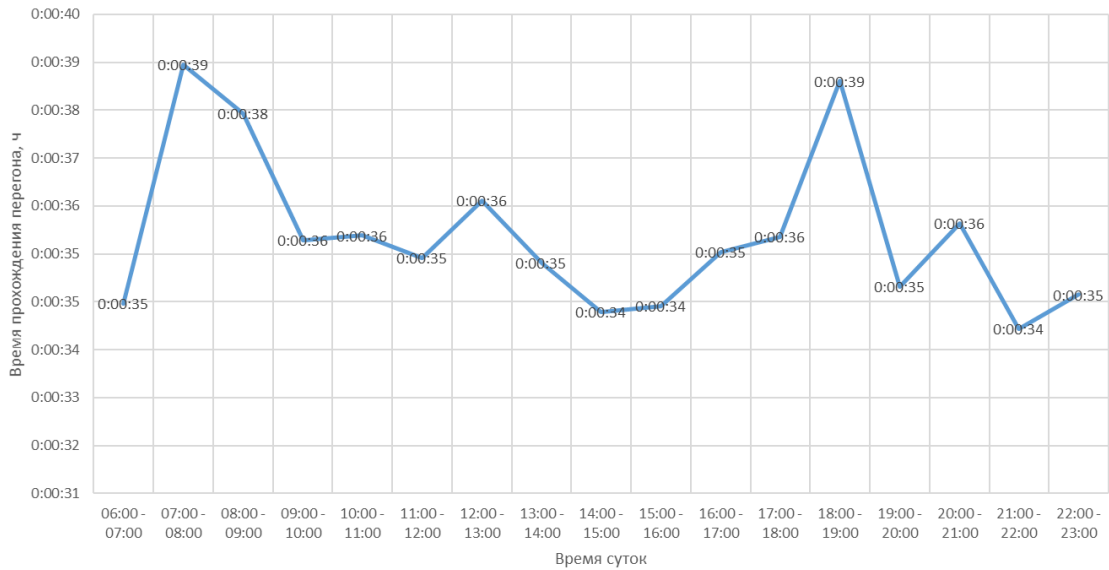


Рисунок 85 – Время прохождения перегона ул. Матвеева – ул. Октябрьская УДС ОГА 02.05.2024г. (выходной день), определенное по формуле (12)

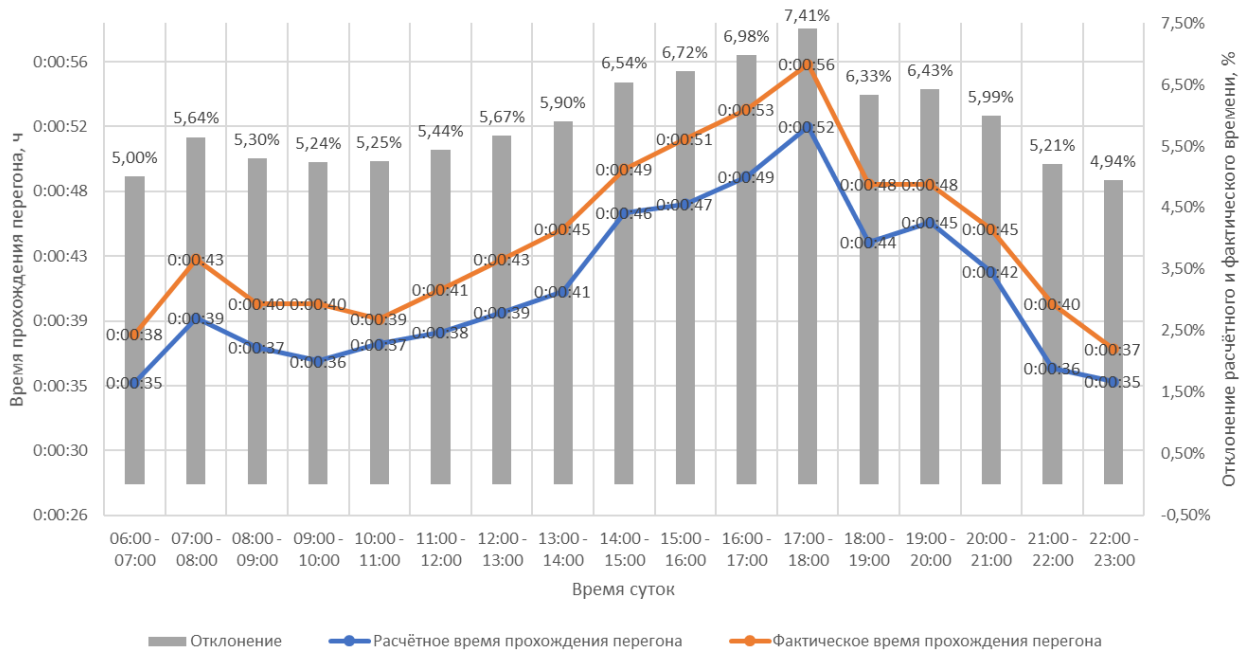


Рисунок 86 – Результаты сравнения данных, полученных при помощи разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока ОГА 22.03.2024г. (будний день)

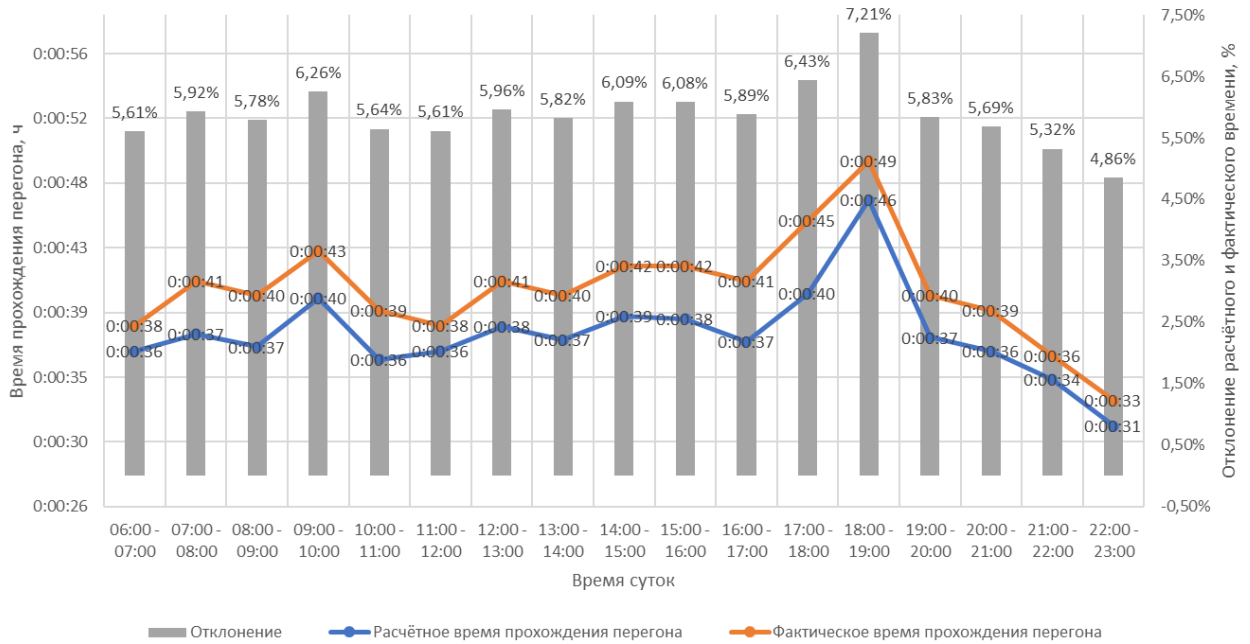


Рисунок 87 – Результаты сравнения данных, полученных при помощи разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока ОГА 26.03.2024г. (будний день)

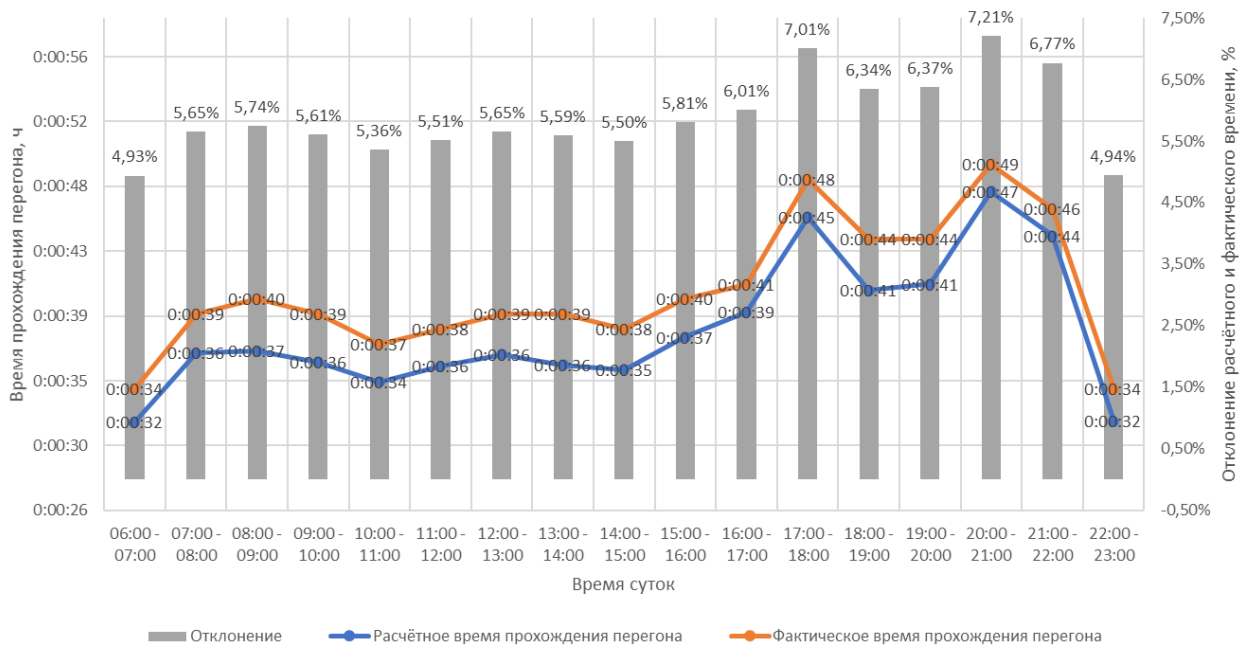


Рисунок 88 – Результаты сравнения данных, полученных при помощи разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока ОГА 10.04.2024г. (будний день)

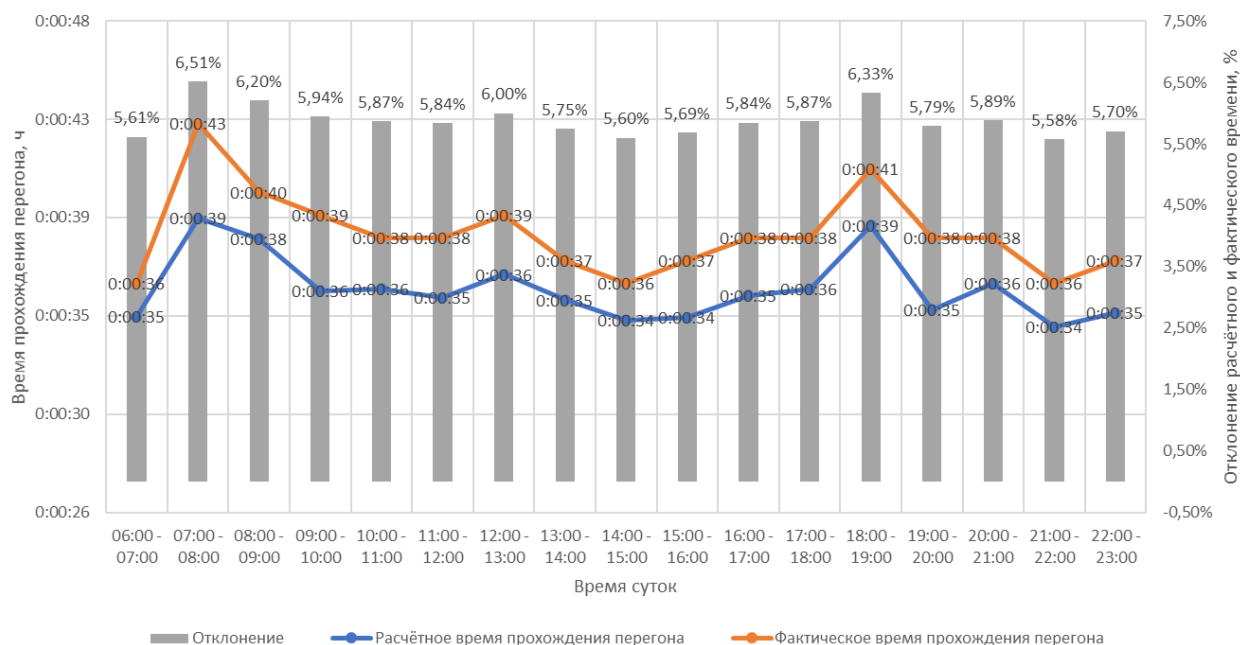


Рисунок 89 – Результаты сравнения данных, полученных при помощи разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока ОГА 02.05.2024г. (выходной день)

На основании выполненных экспериментальных исследований можно сделать вывод о достоверности предложенного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока. Выявлена корреляционная связь между значениями среднего времени прохождения перегона, определенного на основании параметров транспортного потока и фактического времени прохождения перегона ПС. Так значение критерия Пирсона (формула (31)) для всех сравнительных экспериментов варьируется в пределах 0,932...0,993 (Рисунок 90).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^i \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (31)$$

где n_i – эмпирические частоты;

np_i – теоретические частоты.

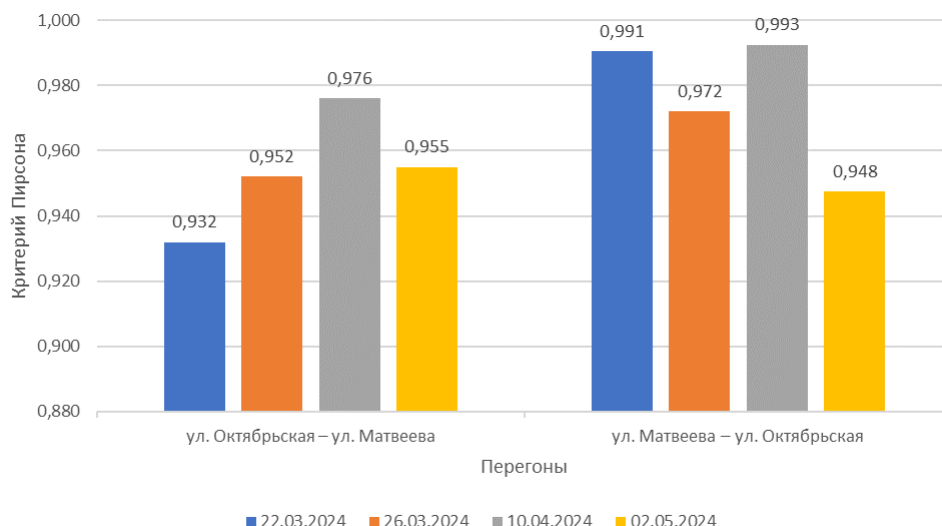


Рисунок 90 – Значения критерия Пирсона для экспериментальных данных

3.3.2 Результаты тестирования алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основании данных глобальной навигационной спутниковой системы

Как отмечалось ранее (п. 2.2.2) по данным ГНСС достаточно проблематично определить время движения ПС на перегоне и время на посадку и высадку пассажиров, поэтому заключение о точности разработанного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основании данных ГНСС производим по данным определенных при помощи данных ГНСС интервалов движения ПС на маршруте и полученных в ходе натурных испытаний на двух ОП маршрутной сети ОГА:

- ОП «Автошкола ДОСААФ» (г. Орёл, Карачевское шоссе, 41);
- ОП «Ветеринарная лечебница» (г. Орёл, Карачевское шоссе, 69).

Были обследованы три маршрута ГПТОП ОГА:

- №8 «ул. Высоковольтная – Наугорское шоссе»;
- №9 «Микрорайон Зареченский – санаторий «Лесной»;
- № 20 «микрорайон Зареченский – ул. Космонавтов».

Наблюдения производились в течении одного рабочего дня 22.03.2024г. Результаты экспериментальных исследований приведены ниже (Рисунок 91...Рисунок 99).

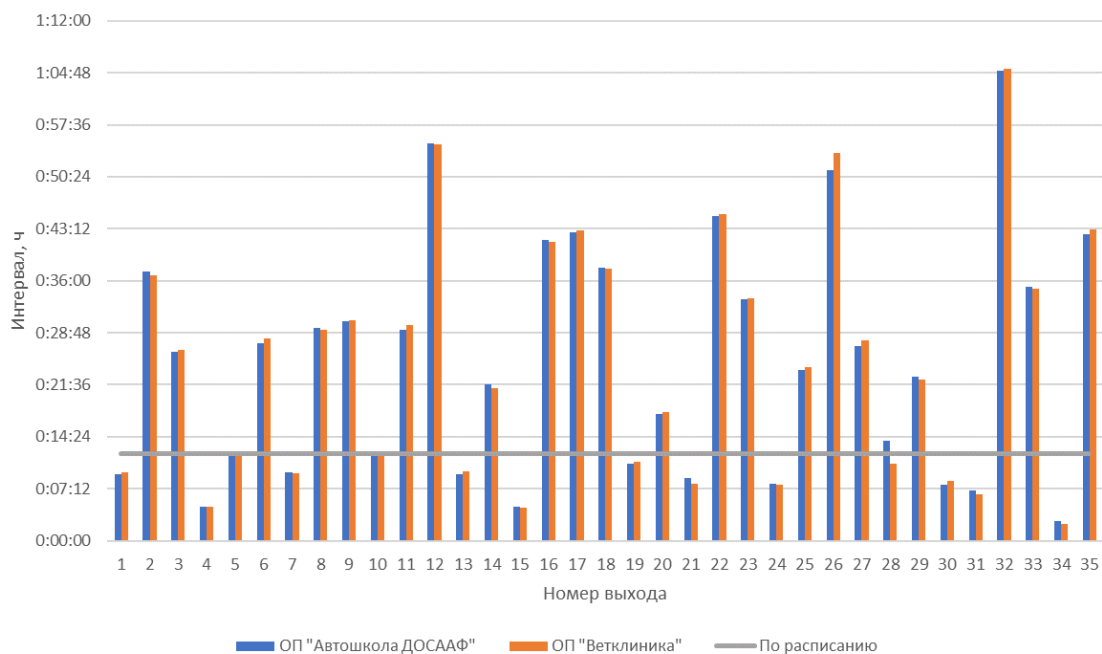


Рисунок 91 – Результаты определения интервалов движения ПС маршрута № 20 «микрорайон Зареченский – ул. Космонавтов» на перегоне ОП «Автошкола ДОСААФ» – ОП «Ветеринарная лечебница»

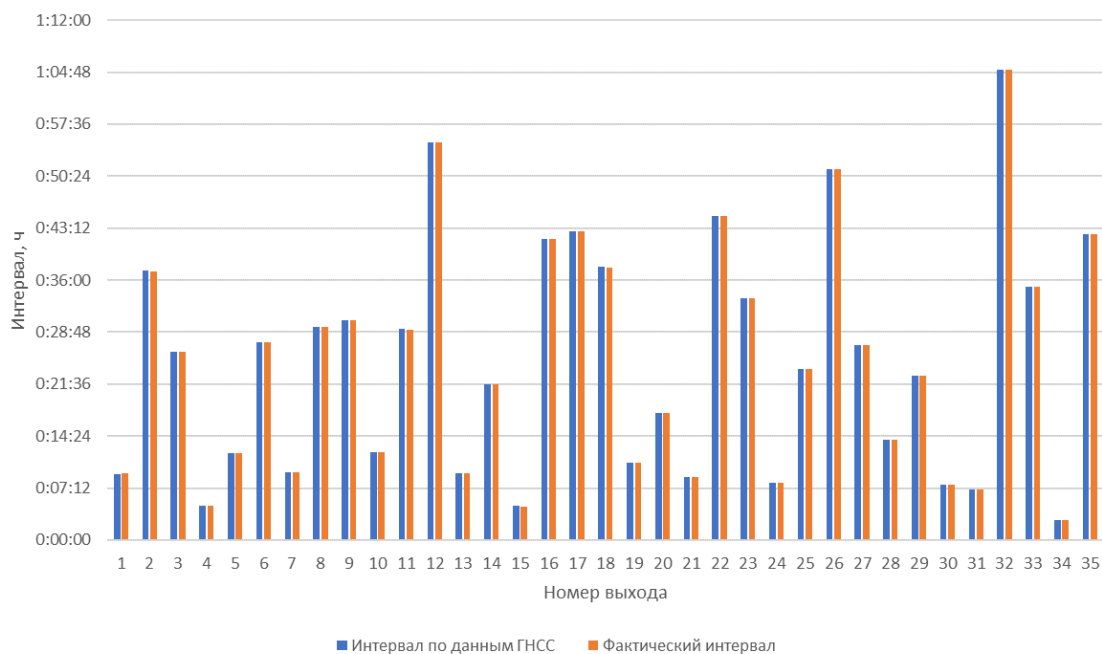


Рисунок 92 – Сравнение интервалов движения ПС маршрута № 20 «микрорайон Зареченский – ул. Космонавтов» на ОП «Автошкола ДОСААФ»

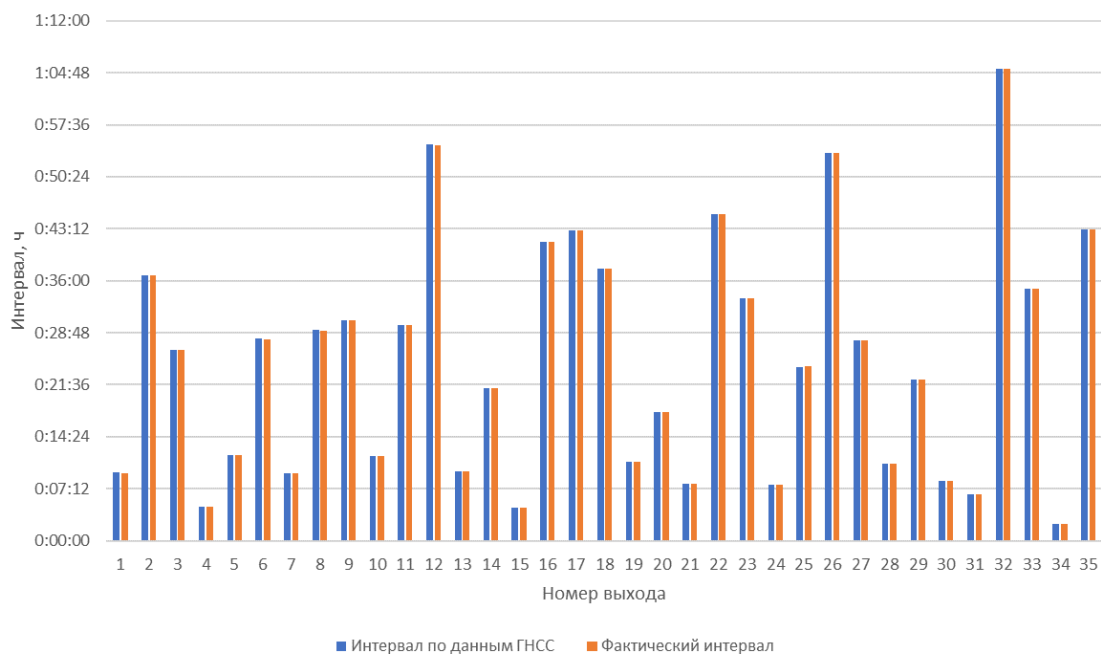


Рисунок 93 – Сравнение интервалов движения ПС маршрута № 20 «микрорайон Зареченский – ул. Космонавтов» на ОП «Ветеринарная лечебница»

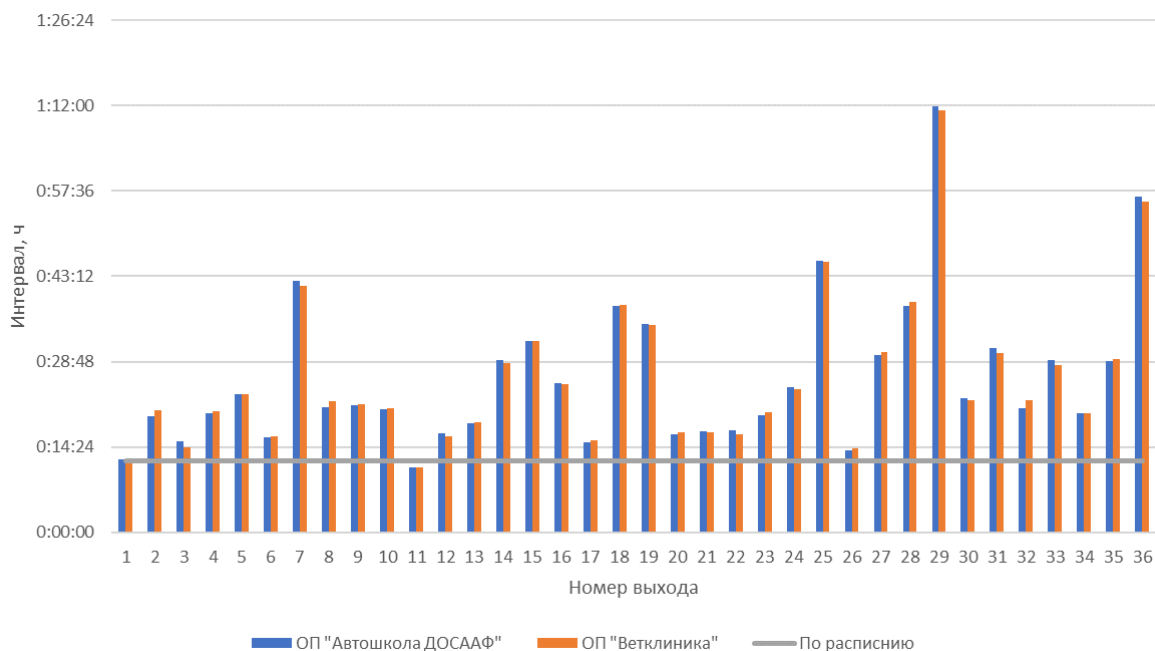


Рисунок 94 – Результаты определения интервалов движения ПС маршрута № 8 «ул. Высоковольтная – Наугорское шоссе» на перегоне ОП «Автошкола ДОСААФ» – ОП «Ветеринарная лечебница»

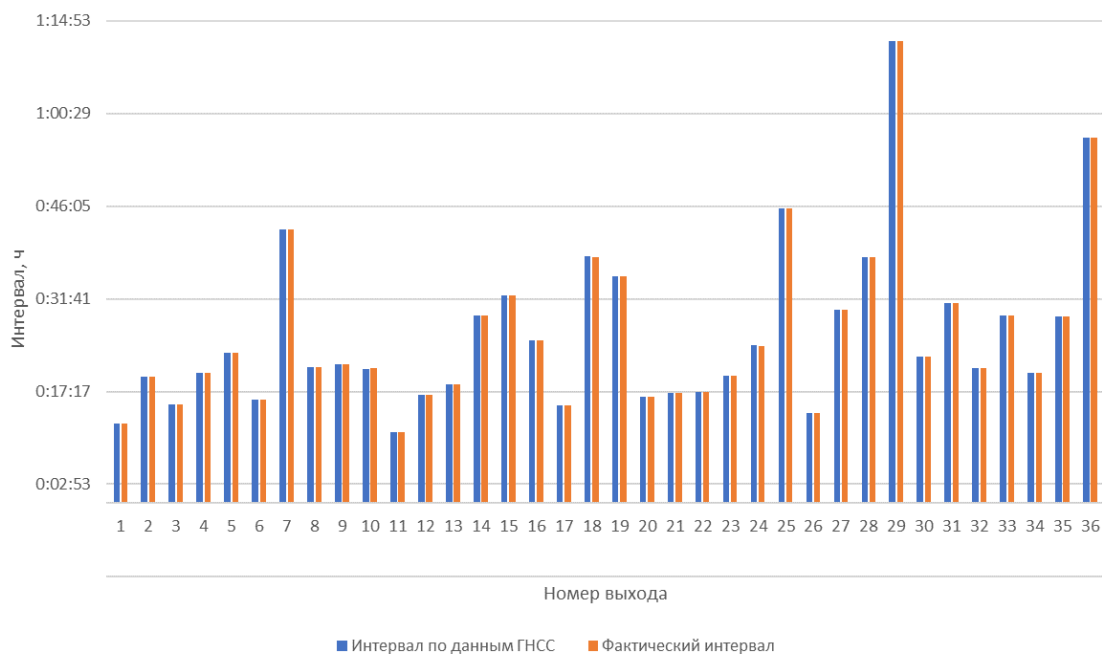


Рисунок 95 – Сравнение интервалов движения ПС маршрута № 8 «ул. Высоковольтная – Наугорское шоссе» на ОП «Автошкола ДОСААФ»

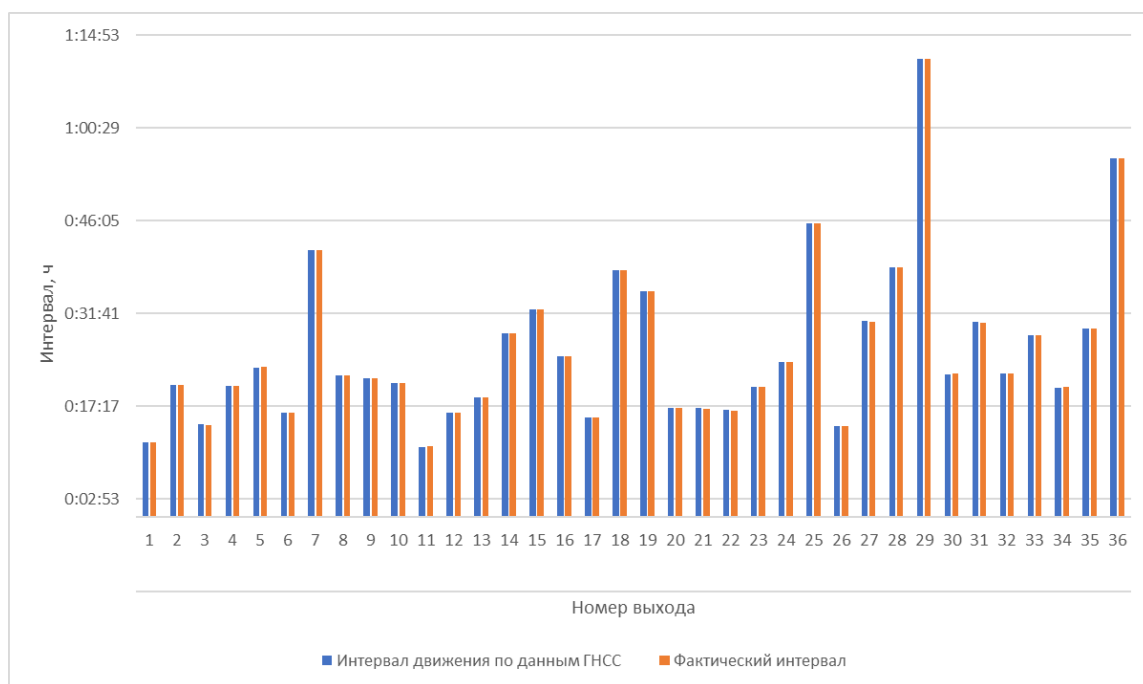


Рисунок 96 – Сравнение интервалов движения ПС маршрута № 8 «ул. Высоковольтная – Наугорское шоссе» на ОП «Ветеринарная лечебница»

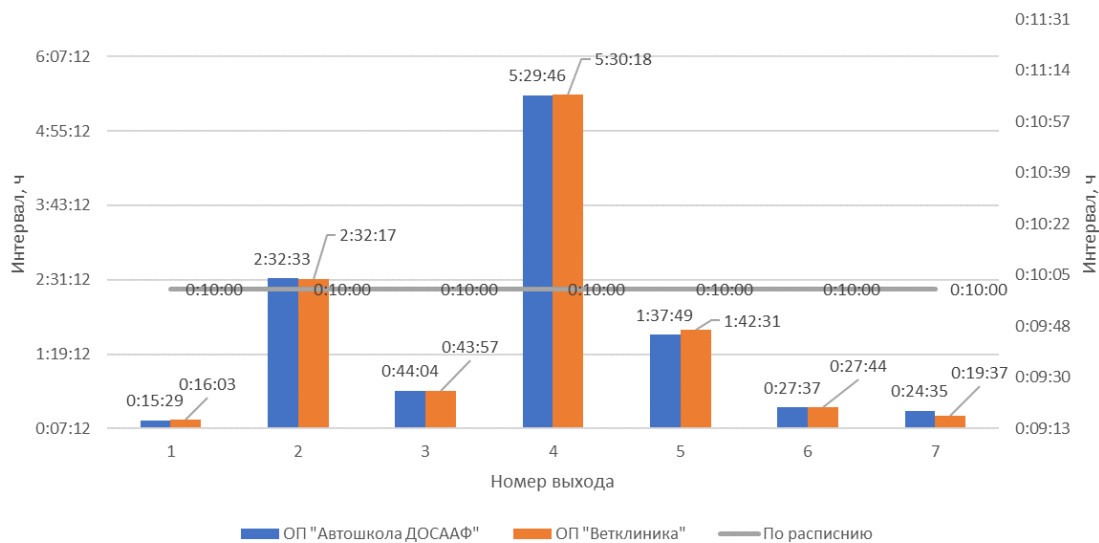


Рисунок 97 – Результаты определения интервалов движения ПС маршрута №9 «Микрорайон Зареченский – санаторий «Лесной» на перегоне ОП «Автошкола ДОСААФ» – ОП «Ветеринарная лечебница»

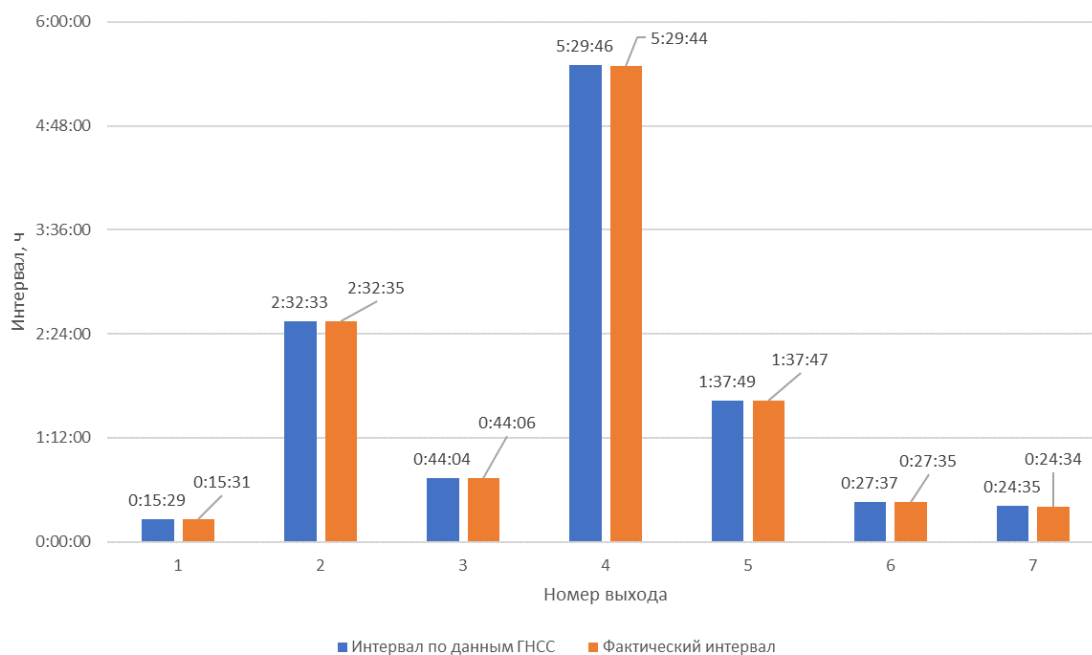


Рисунок 98 – Сравнение интервалов движения ПС маршрута №9 «Микрорайон Зареченский – санаторий «Лесной» на ОП «Автошкола ДОСААФ»

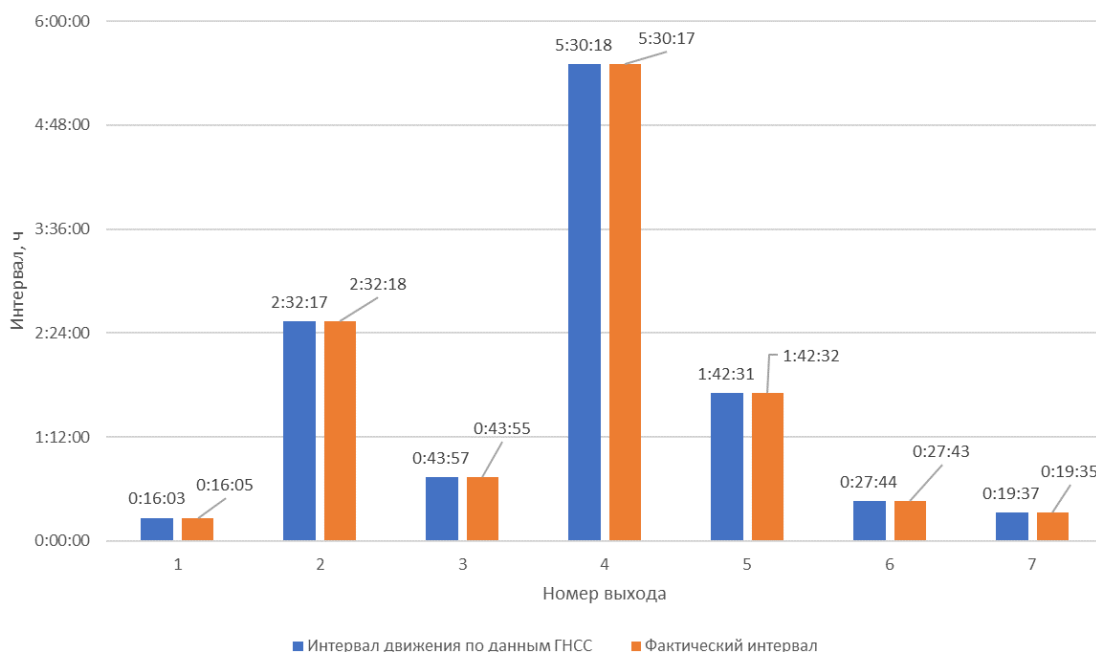


Рисунок 99 – Сравнение интервалов движения ПС маршрута №9 «Микрорайон Зареченский – санаторий «Лесной» на ОП «Ветеринарная лечебница»

3.3.3 Результаты тестирования алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе применения технологий искусственного интеллекта

Разработанный в диссертационной работе алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основе применения технологий ИИ предполагает анализ прибытия и отбытия ПС на ОП, и функционирует по принципам натурного обследования показателей работы пассажирского транспорта.

В этом случае, тестирование алгоритма производится по показателям качества систем искусственного интеллекта (СИИ) [20]. В диссертационной работе использовались два типа моделей: TrOCR и YOLOv7.

На основании данных [20] произведем оценку этих моделей по метрике Accuracy:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}, \quad (32)$$

где TP – число истинно положительных исходов;

TN – число истинно отрицательных исходов;

FP – число ложно положительных исходов;

FN – число ложно отрицательных исходов.

Для определения значения метрики Accuracy сформировали тестовый Dataset, состоящий из 25 ГРЗ (Рисунок 100).



Рисунок 100 – Тестовый Dataset, для определения значения метрики Accuracy

При этом, модель YOLOv7 сразу показала высокие значения точности (Accuracy=0,96) при времени обработки тестового Dataset 19,53 с. Модель TrOCR показала значения Accuracy=0,44 при времени обработки тестового Dataset 30,58 с.

В связи с этим для модели TrOCR была произведена трансформация изображений в Dataset, путем выравнивания их по горизонтали (Рисунок 101). При этом, значение Accuracy достигло 0,52, а время обработки тестового Dataset сократилось до 30,51 с. Результаты определения значения метрики Accuracy для рассматриваемых в диссертационной работе моделей приведены ниже (Рисунок 102). На основании этих данных принято решение об

использовании в разработанном алгоритме управления процессами перевозки пассажиров на основе применения технологий искусственного интеллекта модели YOLOv7.

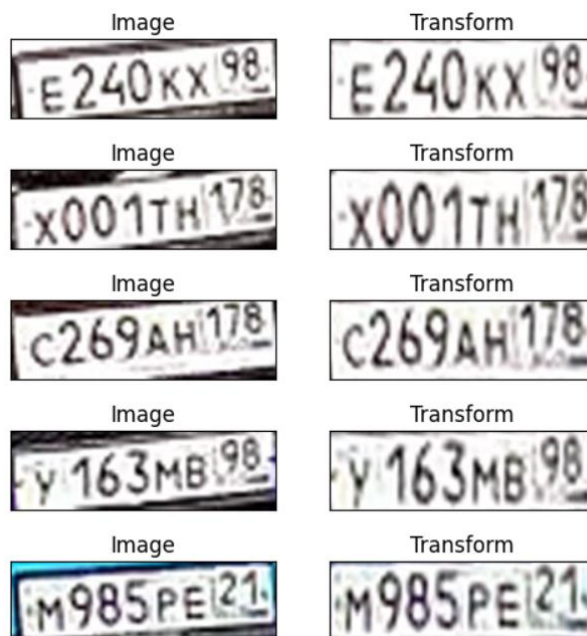


Рисунок 101 – Пример трансформации изображений ГРЗ в DataSet для модели TrOCR

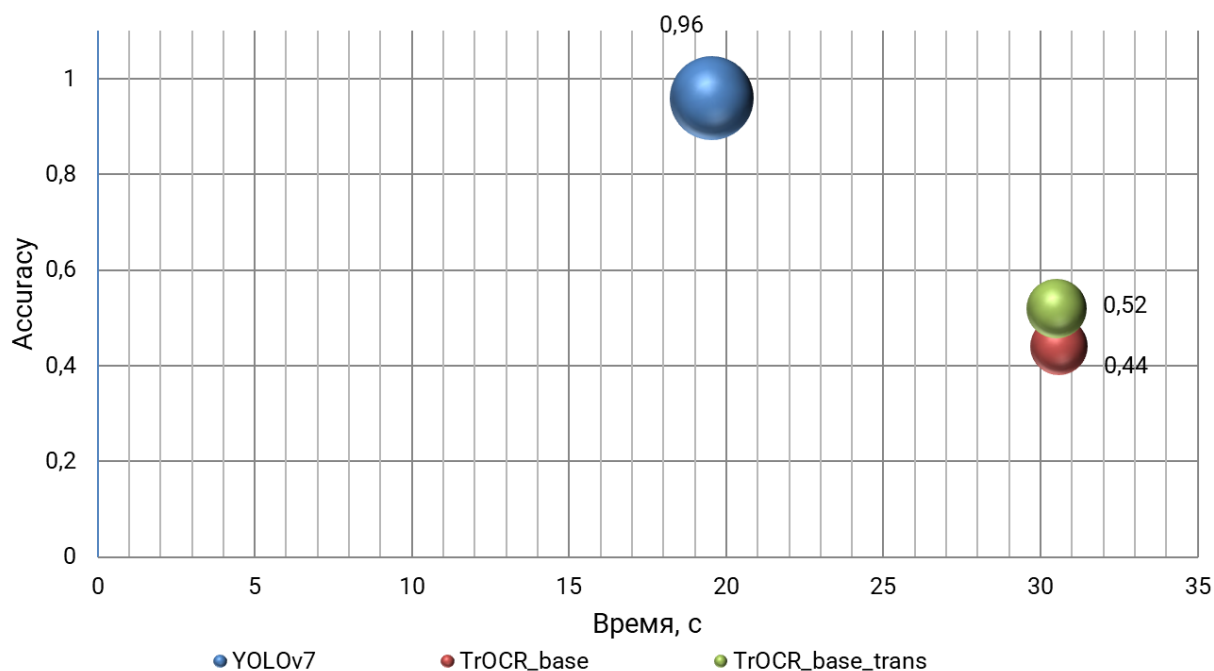


Рисунок 102 – Результаты определения значения метрики Accuracy для моделей TrOCR и YOLOv7

Определение количества эпох обучения модели YOLOv7 осуществлялось экспериментальным путем по метрикам качества СИИ [20]:

1. Precision;
2. Recall;
3. Confidence;
4. F-score.

Precision – это один из основных показателей точности алгоритмов нейронных сетей, который представляет собой долю правильных ответов, действительно принадлежащих к определяемому классу относительно всех объектов и определяется по формуле:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}, \quad (33)$$

Параметр Recall характеризует способность алгоритма определять, что данный показатель действительно относится к данному классу.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}, \quad (34)$$

Метрика F-score применяется для нахождения оптимального баланса между метриками Precision и Recall:

$$F = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall}. \quad (35)$$

Т.е. параметр Precision определяет из совокупности символов ГРЗ (Рисунок 103), что это именно это символ и значение символа соответствует приведенному на ГРЗ. Recall показывает сколько символов ГРЗ были правильно распознаны и классифицированы у ПС.



Рисунок 103 – Совокупность символов ГРЗ

При проведении исследований обучение модели YOLOv7 производилось на 20, 55 и 100 эпохах.

Уже при обучении на 20 эпохах модель показывала высокие показатели точности на матрице ошибок (Рисунок 104).

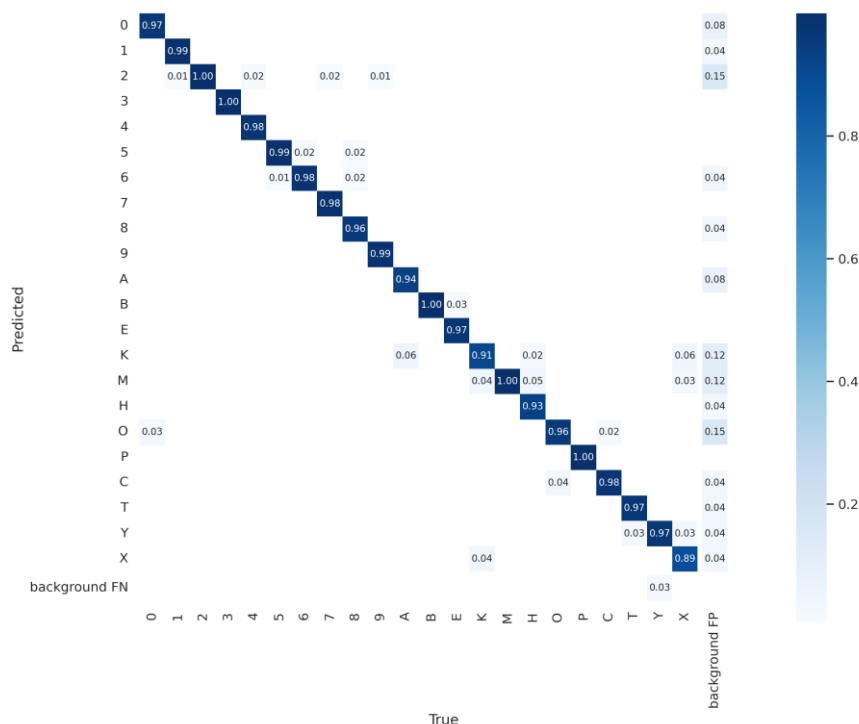


Рисунок 104 – Матрица ошибок при обучении модели на 20 эпохах

Это же подтверждают значения метрик качества модели, приведенные на рисунке (Рисунок 105). Однако, при анализе значения функций потерь видим, что значения функций потерь box и classification не минимальны (Рисунок 106), и поэтому имеет смысл в дальнейшем увеличении эпох обучения.

Дальнейшее обучение проводилось на 55 эпохах. В этом случае также наблюдается высокая точность при изучении матрицы ошибок (Рисунок 107). При этом высокие показатели имеют и значения метрик качества модели (Рисунок 108), а значения функций потерь при этом стремятся к минимуму (Рисунок 109).

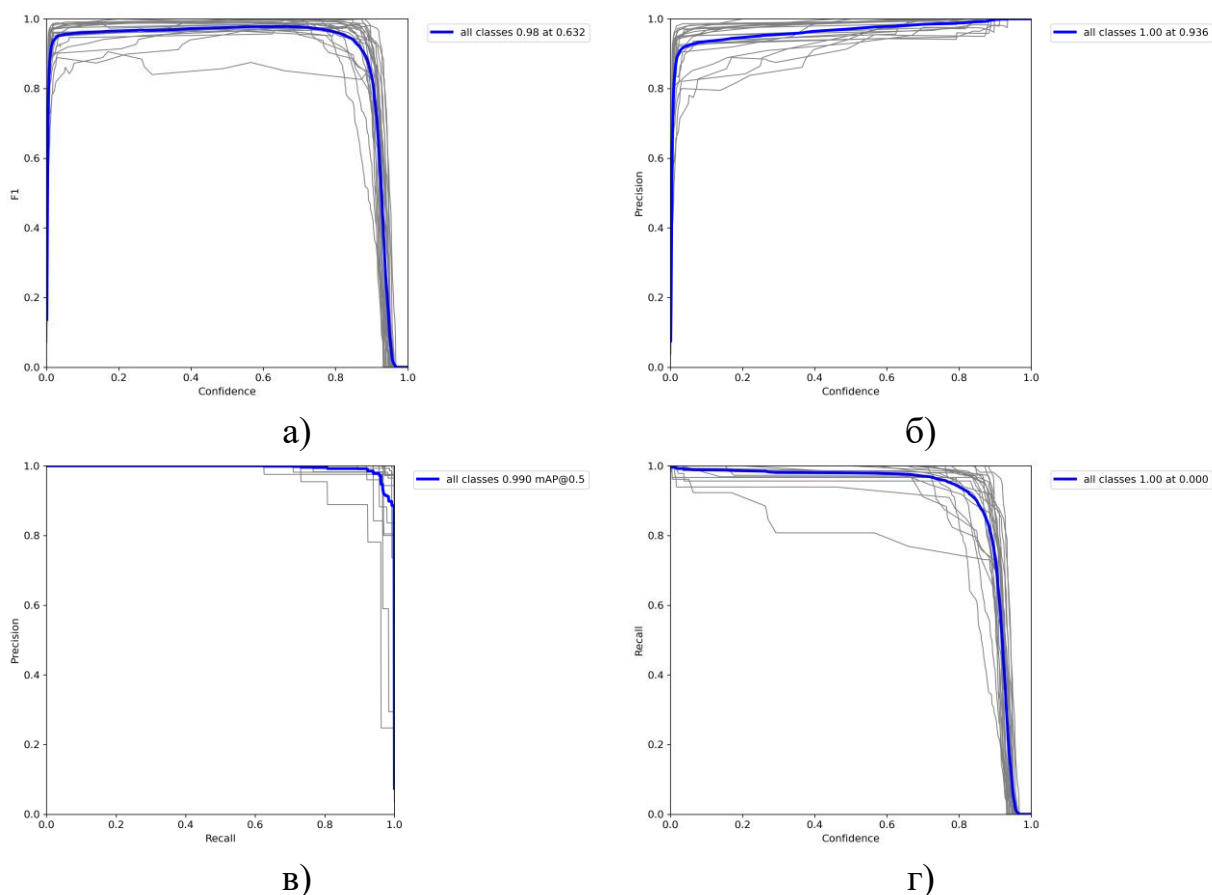


Рисунок 105 – Значения метрик качества модели при обучении на 20 эпохах:
а) - F-score; б) – Precision; в) – PR-кривая; г) - Recall

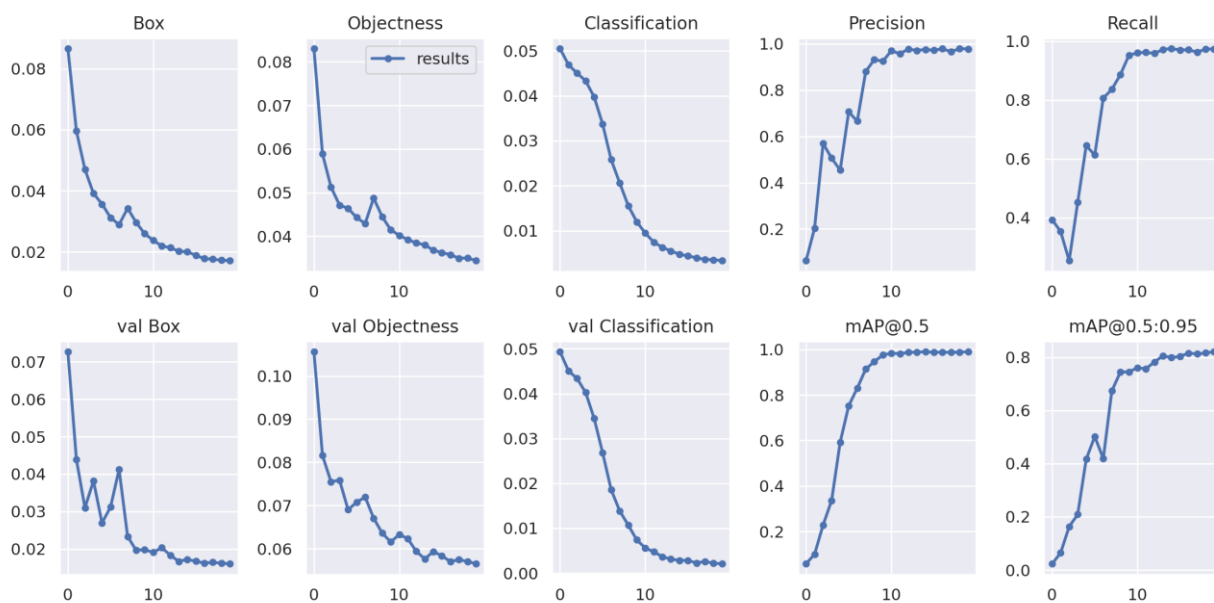


Рисунок 106 – Значения функций потерь при обучении на 20 эпохах

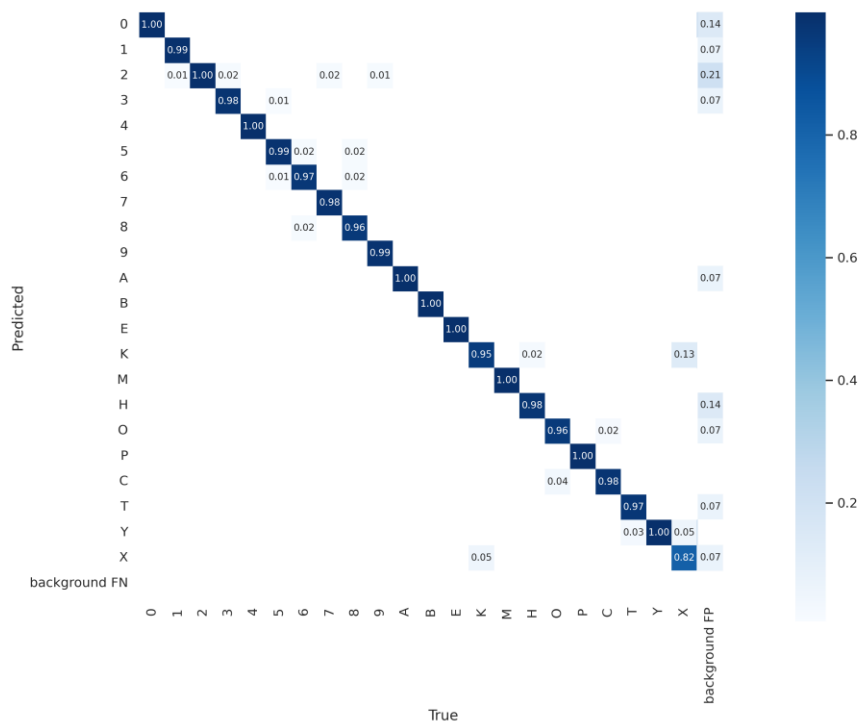


Рисунок 107 – Матрица ошибок при обучении модели на 55 эпохах

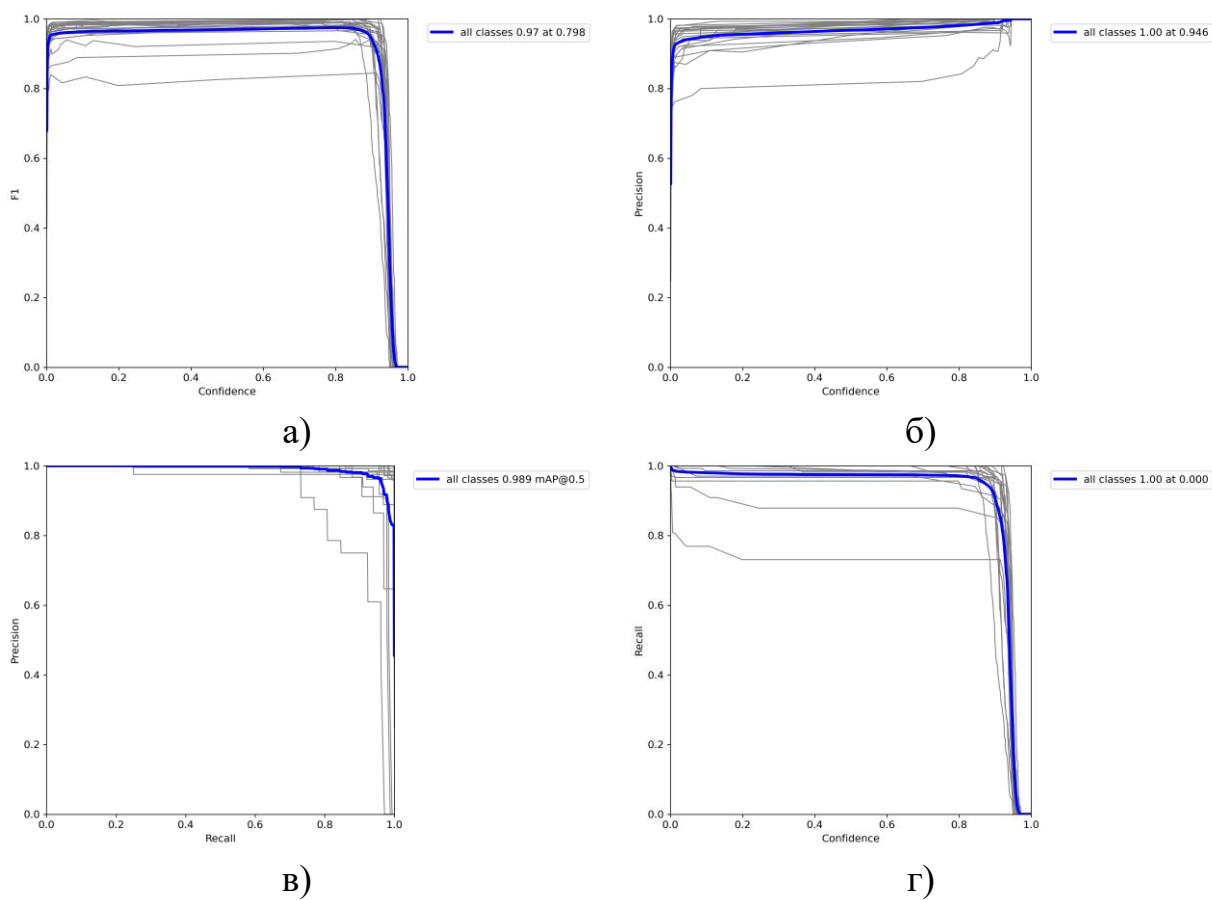


Рисунок 108 – Значения метрик качества модели при обучении на 55 эпохах:

а) - F-score; б) – Precision; в) – PR-кривая; г) - Recall

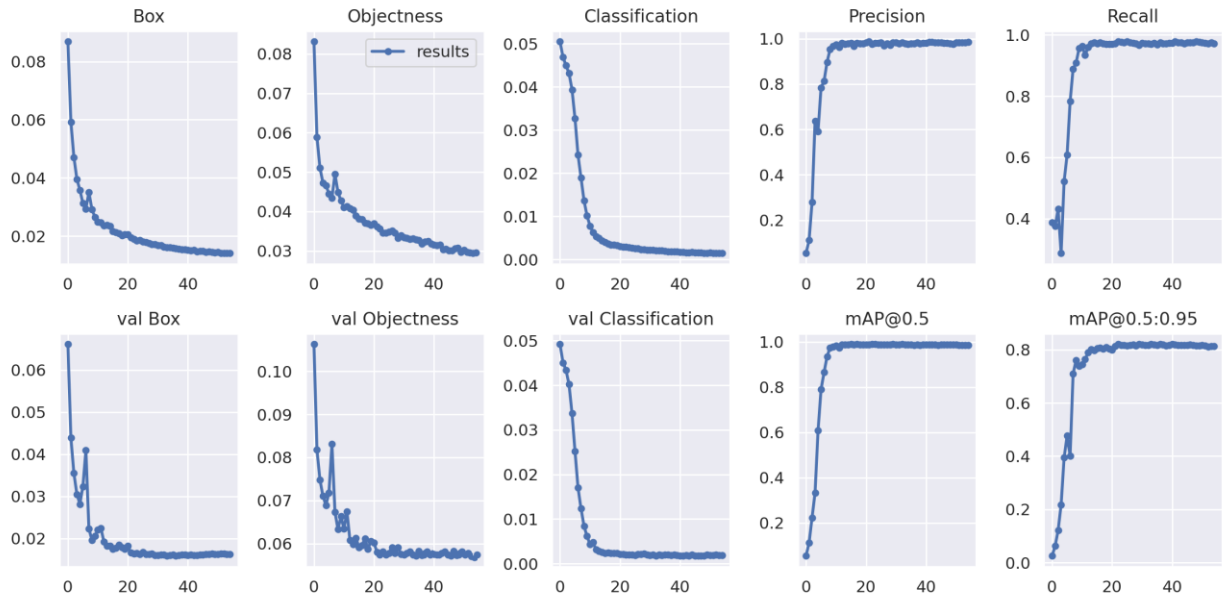


Рисунок 109 – Значения функций потерь при обучении на 55 эпохах

При обучении на 100 эпохах, ожидаемо наблюдается высокая точность при изучении матрицы ошибок (Рисунок 110), а также высокие показатели значения метрик качества модели (Рисунок 111). При этом наблюдается, что на графике валидации функции потерь box и val objectness имеет место ухода функции от минимального значения в конце процесса обучения, что свидетельствует о переобучении модели (Рисунок 112).

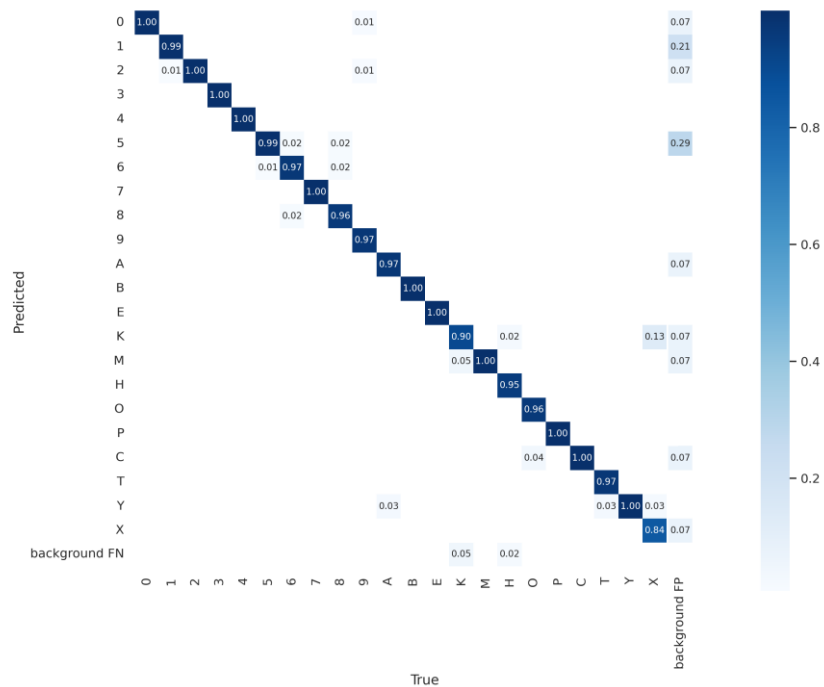


Рисунок 110 – Матрица ошибок при обучении модели на 100 эпохах

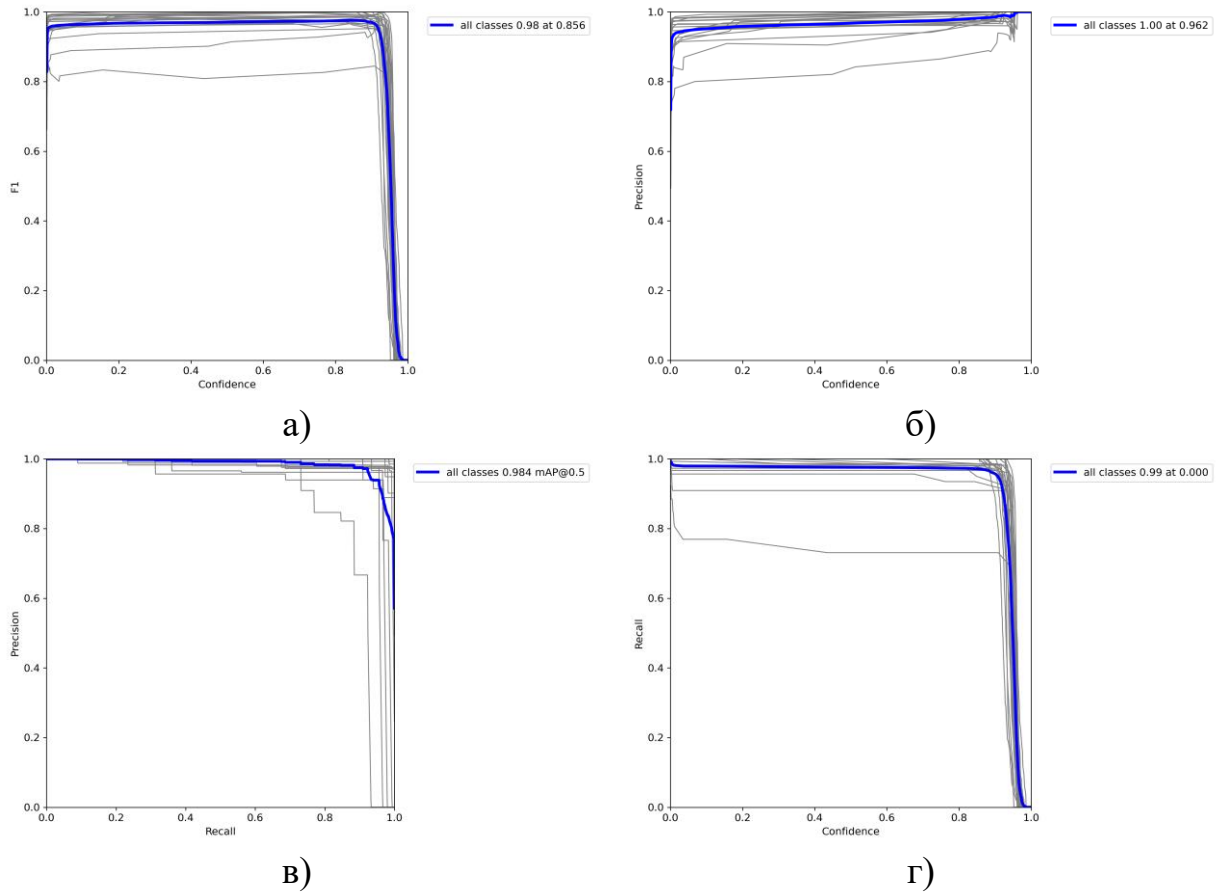


Рисунок 111 – Значения метрик качества модели при обучении на 100 эпохах:
 а) - F-score; б) – Precision; в) – PR-кривая; г) - Recall

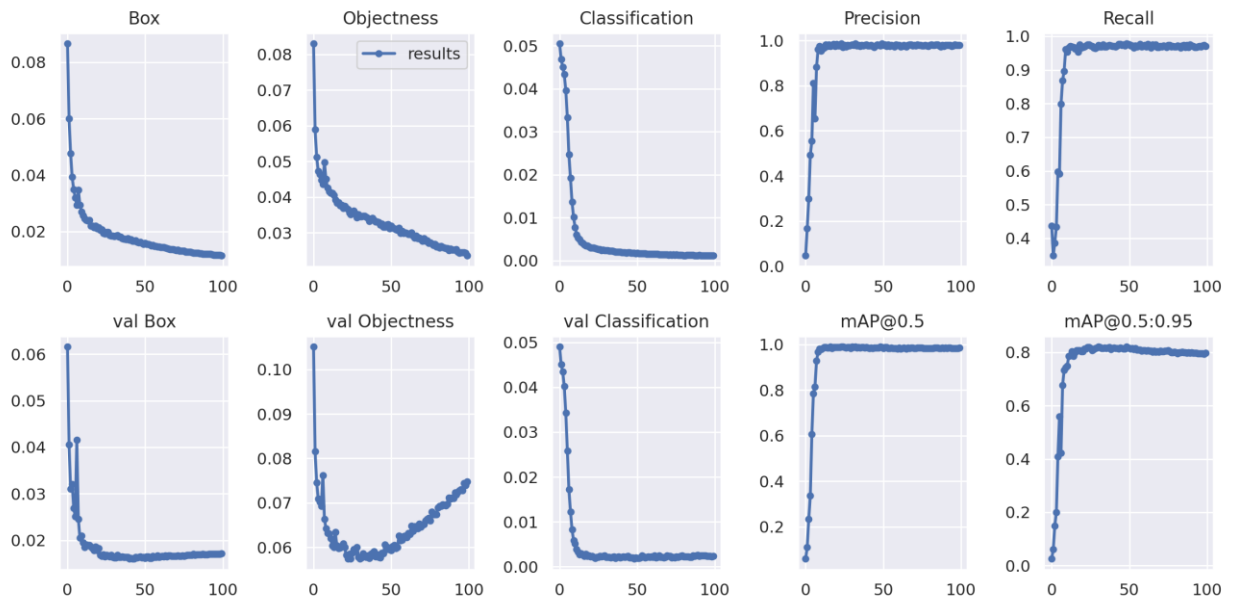


Рисунок 112 – Значения функций потерь при обучении на 100 эпохах

Таким образом, наиболее эффективной технологией ИИ для применения в разработанном алгоритме управления процессами перевозки пассажиров основе применения технологий искусственного интеллекта является модель YOLOv7, обученная на 55 эпохах.

3.4 Выводы по главе 3

Установлены корреляционные взаимосвязи между значениями показателей элементов маршрутного расписания ГПТОП ОГА, полученных при помощи разработанных алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров и при проведении натурных исследований. При этом получены следующие выводы:

1. На основании выполненных экспериментальных исследований можно сделать вывод о достоверности предложенного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока. Выявлена корреляционная связь между значениями среднего времени прохождения перегона, определенного на основании параметров транспортного потока и фактического времени прохождения перегона ПС.

2. Приведенные результаты выполненных экспериментальных исследований достоверности алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе данных ГНСС показывают высокую точность ГНСС, которая позволяет использовать данный алгоритм для определения интервалов движения ПС на маршруте.

3. Результаты тестирования алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе технологий ИИ показали, что наиболее эффективной технологией ИИ для применения в разработанном алгоритме управления процессами перевозки пассажиров основе применения технологий искусственного интеллекта является YOLOv7, обученная на 55 эпохах.

4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ

Опираясь на физическую архитектуру ИТС ГА (блок элементов управления ГПТОП) (Рисунок 36), направленную на реализацию алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров разработано специализированное программное обеспечение, состоящее из двух блоков комплексных подсистем:

- комплекс подсистем координации движения общественного транспорта и диспетчерского управления транспортом служб содержания дорог (КПКДОТ);
- комплекс подсистем управления дорожным движением (КПУДД).

4.1 Архитектура программного обеспечения комплекса подсистем координации движения общественного транспорта и диспетчерского управления транспортом служб содержания дорог

КПКДОТ реализуется в форме ПО «Мультисервисная платформа совместного использования транспортных средств в городской среде «НАВИГАТОР-С2020» (свид. 2020614909 Российская Федерация) [95]. Функциональная структура разработанного ПО включает в себя (Рисунок 113):

- подсистему информирования «умной остановки»;
- подсистему передачи видеопотока «умной остановки»;
- подсистему связи со службой спасения «умной остановки»;
- подсистему видеоаналитики «умной остановки»;
- подсистему сбора данных в общественном транспорте;
- подсистему сбора данных на транспорте служб содержания дорог;
- информационную подсистему;

- подсистему обеспечения информационной безопасности;
- подсистему связи и передачи данных.

Для эффективного функционирования КПКДОТ разработана схема информационного взаимодействия её компонентов (Рисунок 114).

В предложенных алгоритмах информационный обмен между компонентами КПКДОТ инициируется в следующих случаях:

- при получении сообщений через AMQP-брокер RabbitMQ;
- периодически по заданному расписанию;
- по запросу одного из сервисов.

Информационный обмен между программными компонентами подсистем осуществляется с использованием стандартных протоколов и технологий.

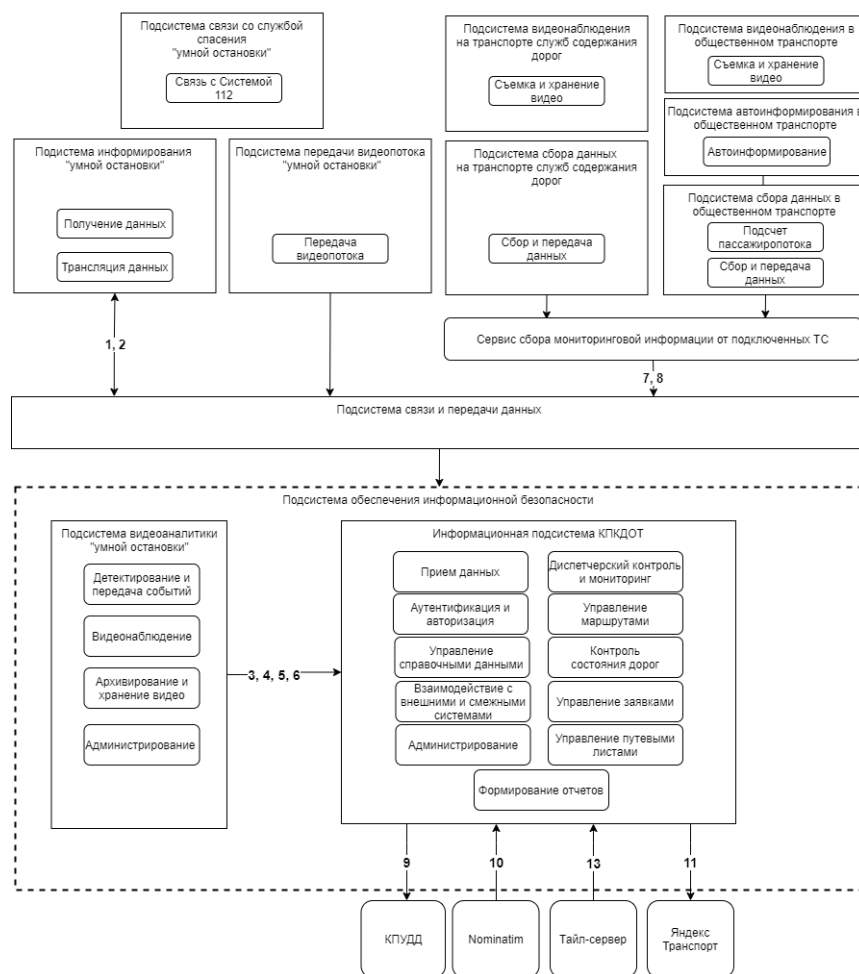


Рисунок 113 - Схема функциональной структуры КПКДОТ управления процессами перевозки пассажиров ГПТОП

Информационный обмен между программными компонентами и браузером осуществляется по протоколам HTTP и HTTPS.

Описание информационных потоков между элементами КПКДОТ представлено в таблице (Таблица 9).

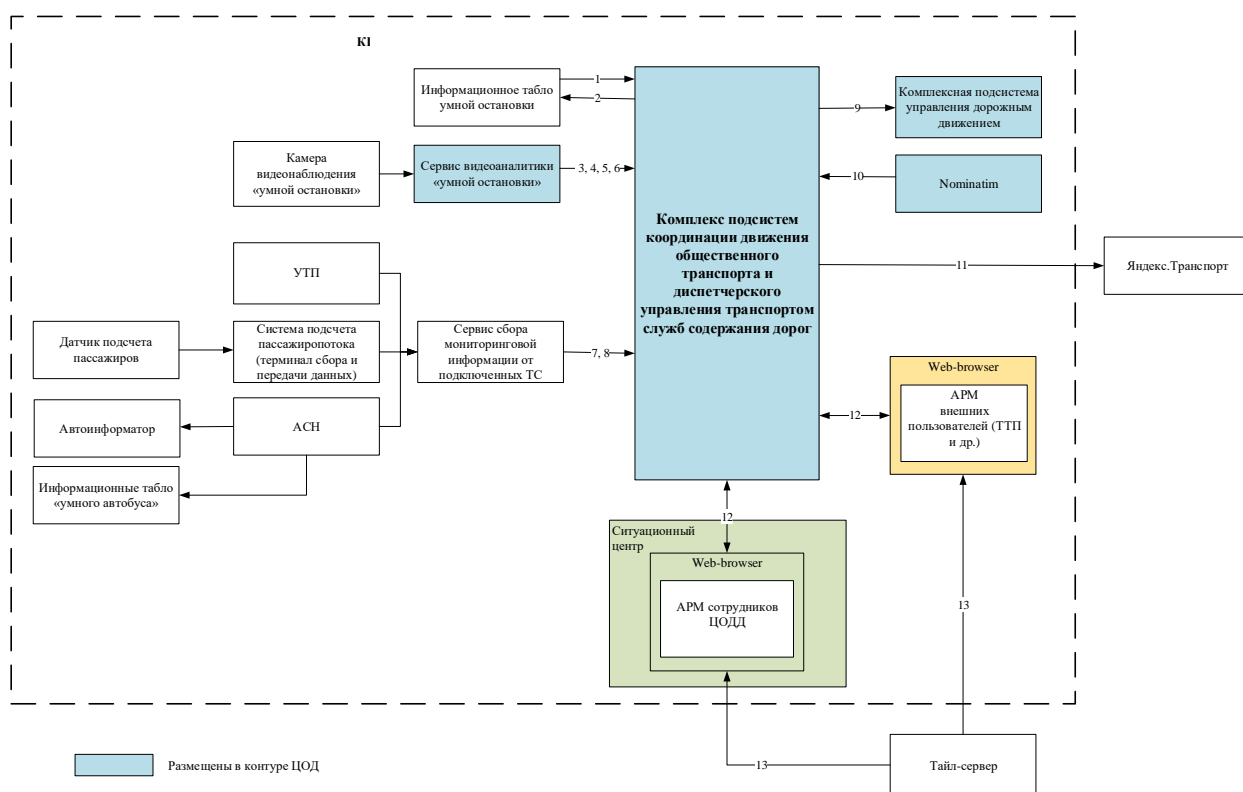


Рисунок 114 – Схема информационного взаимодействия элементов

Внешними информационными системами по отношению к КПКДОТ является «Яндекс.Транспорт», для которой КПКДОТ предоставляет данные о движении маршрутного транспорта.

Сервисы взаимодействия с внешними системами Integrator и Stompit, предназначены для интеграции с внешними системами в целях получения, передачи и синхронизации данных. Так, Integrator позволяет передавать данные, предназначенные для отображения на электронных табло «умной остановки», в Яндекс.Транспорт, КПУДД. Сервисы работают через API Cloud.

Таблица 9 – Описание информационных потоков

№ потока	Наименование потока	Источник информации	Получатель информации	Содержание	Протоколы
1	Данные, поступающие с табло	Информационное табло «умной остановки»	КПКДОТ	Идентификатор табло в системе; температуры: окр. среды, платы, процессора; яркость	HTTP(REST) / JSON
2	Сообщения для информационного табло «умной остановки»	КПКДОТ	Информационное табло «умной остановки»	время/дата; яркость табло; список маршрутов с прогнозами в формате {маршрут}; {остановка}; {время} скорость и текст бегущей строки табло	HTTP (REST) / JSON
3	Данные от системы видеоаналитики «умной остановки» - события детектирования людей	Система видеоаналитики. Детектор людей	КПКДОТ	uuid детектора и камеры; событие детектора; дата / время фиксации и т.д.	STOMP
4	Данные от системы видеоаналитики «умной остановки» - событие детектирования ГРЗ	Система видеоаналитики. Детектор ГРЗ	КПКДОТ	uuid детектора и камеры; событие детектора; дата / время фиксации и т.д.	STOMP
5	Данные от системы видеоаналитики «умной остановки» - прочие события	Система видеоаналитики. Прочие детекторы	КПКДОТ	uuid детектора и камеры; событие детектора; дата / время фиксации и т.д.	STOMP

Продолжение таблицы 9.

№ потока	Наименование потока	Источник информации	Получатель информации	Содержание	Протоколы
6	Данные от системы видеоаналитики «умной остановки» - последний кадр с камеры	Система видеоаналитики	КПКДОТ	файл jpg	HTTP API / JPG
7	Телеметрия «умного автобуса», «умной коммунальной техники»	Сервис сбора мониторинговой информации от подключенных ТС ПС ГПТОП	КПКДОТ	Идентификатор (imei), состояние объекта, характеризуемое набором значений с установленных датчиков	HTTP API
8	Количество пассажиров «умного автобуса»	Сервис сбора мониторинговой информации от подключенных ТС ПС ГПТОП	КПКДОТ	Дополнительные параметры телеметрии: количество вошедших и вышедших пассажиров, зафиксированных датчиками на каждой двери	HTTP API
9	Данные о движении общественного транспорта	КПКДОТ	АСУДД	номер маршрута; ГРЗ; дата / время; координаты; скорость; направление движения	HTTPS (REST) / JSON
10	Данные обратного геокодирования	Nominatim	КПКДОТ	адрес по координатам	HTTPS (REST) / JSON

Продолжение таблицы 9.

№ потока	Наименование потока	Источник информации	Получатель информации	Содержание	Протоколы
11	Данные о движении общественного транспорта для Яндекс. Транспорт	КПКДОТ	Яндекс.Транспорт	идентификатор клиента Яндекс; uid движущегося объекта; идентификатор маршрута; тип общественного транспорта; географические данные GPS (широта, долгота, мгновенная скорость ТС ПС ГПТОП, направление движения в градусах, дата и время получения координат от GPS-приемника)	HTTPS (REST) / XML
12	Информационный обмен в целях выполнения функций АРМ	Клиентские АРМ (АРМ внешних пользователей, сотрудников ЦОДД)	КПКДОТ	Создание, чтение, обновление и удаление данных в соответствии с правами доступа и получение отчетных данных	HTTPS (REST) / JSON
13	Графические изображения карт	Тайл-сервер	Клиентские АРМ	Графические изображения карт	HTTP API

Программное обеспечение «Навигатор С 2020» имеет микросервисную архитектуру и допускает как интеграцию с программными компонентами, так и возможность выступать в качестве программного компонента в информационной архитектуре других систем.

Архитектура ПО состоит из следующих сервисов, интегрированных с помощью AMQP-брокера сообщений RabbitMQ и HTTP API сервисов (Рисунок 115).

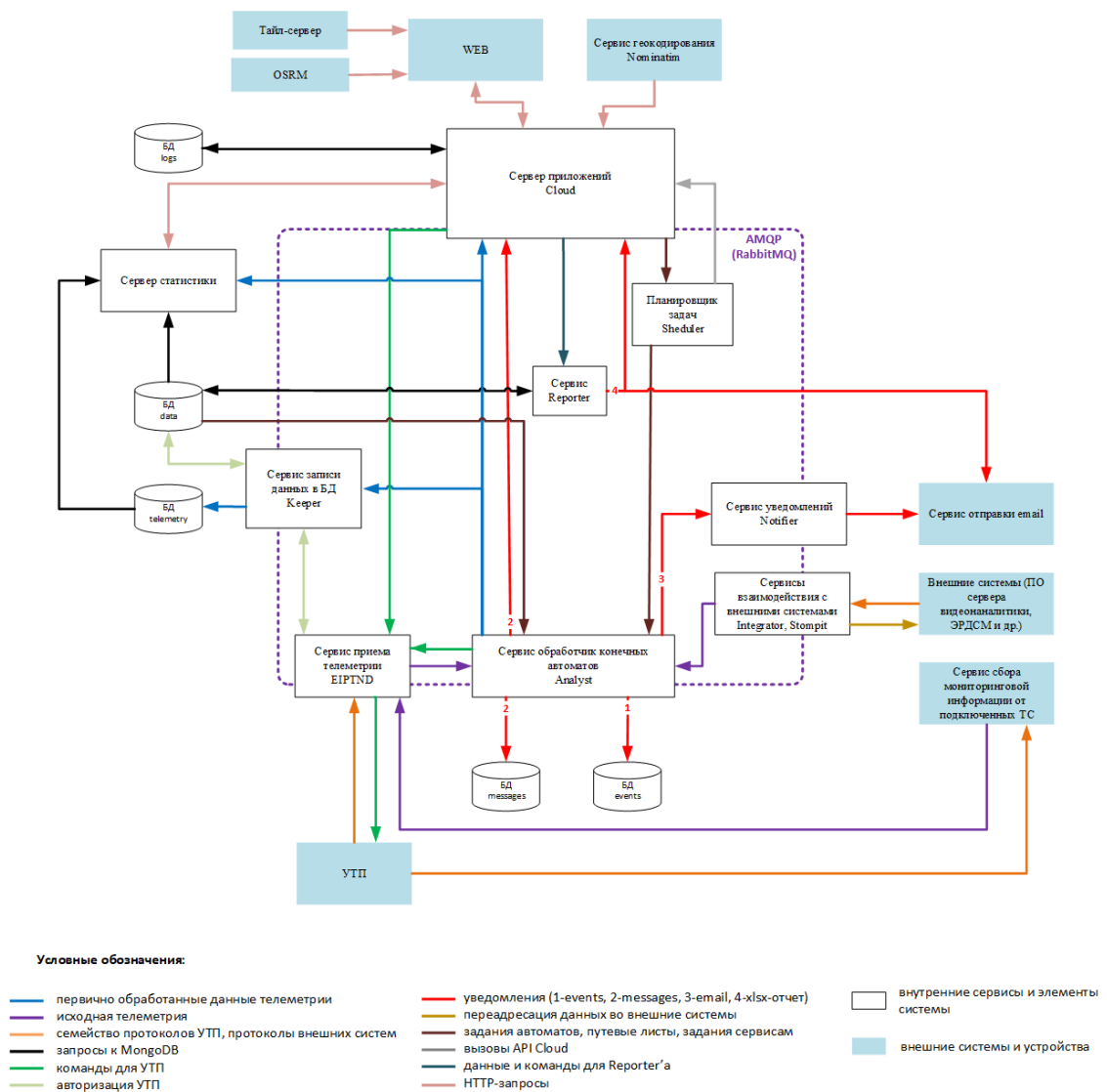


Рисунок 115 – Схема архитектуры КПКДОТ

Транспортная инфраструктура RabbitMQ выполнена в виде системы обмена сообщениями между сервисами ПО.

Сервис приема телеметрии EIPTND предназначен для приема телеметрии от АСН и из внешних систем.

Прием телеметрии осуществляется в соответствии с протоколами АСН или внешних систем. После приема телеметрии от терминала EIPTND запрашивает авторизацию терминала в системе через сервис Кеерер. После успешной авторизации сервис EIPTND передает пакеты телеметрии в Analyst.

В свою очередь на АСН из системы могут передаваться команды. Отправлять команды может:

- сервис Analyst при смене состояний конечного автомата;
- пользователь через WEB и Cloud, в этом случае результат выполнения команды возвращается пользователю через WEB (зеленая стрелка на схеме).

Сервис обработчик конечных автоматов Analyst предназначен для первичной обработки телеметрии и функционирования конечных автоматов, которые назначены в заданиях на объекты.

О заданиях Analyst узнает из базы данных или от сервиса планировщика задач (коричневая стрелка на схеме).

В результате срабатывания конечных автоматов сервис Analyst может создать события и уведомить о них пользователей и, если это необходимо, сохраняет событие в БД events по протоколу MongoDB (красная стрелка 1 на схеме). События можно просмотреть в журнале событий.

Сообщения, формируемые сервисом Analyst для внутрисистемной почты, сохраняются в БД messages и передаются в сервер приложений Cloud (красная стрелка 2 на схеме) для передачи на клиент и предоставления пользователю в UI системы.

Уведомления, которые требуется передать пользователю при помощи внешних по отношению к системе сервисов (email) передаются сервису уведомлений Notifier (красная стрелка 3 на схеме) и не сохраняются в хранилище данных системы.

К уведомлению могут быть прикреплены как события, которые сохранены в БД events, так и состояния объекта мониторинга.

После выполнения первичной обработки пакетов телеметрии Analyst передает пакеты данных (в одной очереди AMQP):

1. сервису Keeper для сохранения в БД telemetry;
2. серверу приложений Cloud для обновления данных на клиенте о последнем полученном состоянии объекта мониторинга;
3. на сервер статистики.

Сервер статистики получает первично обработанные данные телеметрии из одной очереди с сервисами Keeper и Cloud и пересчитывает статистику за текущие сутки.

После наступления 00:00 ч текущих суток сервер статистики пересчитывает статистику по каждому объекту за прошедшие сутки, используя телеметрию из БД telemetry и конфигурации объектов из БД data.

Сервер приложений Cloud выполняет запросы клиентской части (WEB), в том числе готовит следующие данные:

1. статистика – запрашивает на сервере статистики;
2. текущее состояние объектов – получая телеметрию;
3. адрес положения объекта – через Nominatim;
4. расчетные данные для отчетов.

Сервис Reporter предназначен для формирования отчетов формате Excel по расписанию и организации рассылок по email файлов с отчетами пользователям, зарегистрированным в системе.

Сервис взаимодействует с БД по протоколу MongoDB. Сервис запрашивает в БД data шаблоны отчетов и задания на рассылки, которые создал пользователь. Записывает в базу данных время успешного выполнения рассылки отчета для расчета времени следующего выполнения периодической рассылки.

От Cloud через AMQP сервис Reporter получает следующие данные:

- создание новых шаблонов для отчетов или изменение существующих шаблонов отчетов;
- создание новых рассылок;
- изменение данных пользователей (например, смена email);
- команда на выполнение загрузки отчета.

В Cloud отправляется команда на запуск загрузки отчета download. По команде через отдельную очередь передается ссылка на файл. Reporter имеет http-метод, по которому можно скачать файл отчета.

Сервис уведомлений Notifier получает в сообщениях транспортной инфраструктуры уведомления, оборачивает их в соответствующие протоколы и отправляет их пользователям.

Сервис записи в БД Keeper. Обеспечивает сохранение телеметрии в хранилище данных системы. Обеспечивает авторизацию АСН.

Сервис планировщик задач Sheduler предназначен для запуска задач по расписанию. Планировщик задач оповещает сервис Analyst о заданиях с конечными автоматами, запускает и останавливает путевые листы, оповещает другие сервисы системы о заданиях для них (например, сервис синхронизации данных о начале синхронизации).

WEB – это клиентская часть системы. WEB работает через API Cloud, получая данные статистики по объектам и изменяя данные в БД data (такие, как конфигурация системы или объектов мониторинга).

Уведомления, телеметрия, результат выполнения команд АСН и сообщения рассылаются подключенным пользователям через сокет.

Тайл-сервер – используется клиентской частью для получения графических изображений карт.

Сервис геокодирования Nominatim – используется для обратного геокодирования (получения адреса по координатам) на клиенте через API Cloud.

Хранилище данных реализует операции организации доступа к данным Системы. Хранилище данных использует документно-ориентированную СУБД MongoDB и включает в себя отдельные базы:

- data - данные;
- telemetry - телеметрия;
- events - события;
- messages - сообщения;
- logs – данные журналирования.

4.2 Архитектура программного обеспечения комплекса подсистем управления дорожным движением

КПУДД реализуется в форме ПО «Единая платформа управления транспортной системой «НАВИГАТОР ИТС»» (свид. 2020614815 Российская Федерация) [94]. Комплексная подсистема включает в себя следующие подсистемы (Рисунок 116):

- подсистему директивного управления транспортными потоками (ПДУТП);
- подсистему светофорного управления (ПСУ);
- подсистему мониторинга параметров транспортного потока (ПМПТП);
- подсистему мониторинга экологических параметров (ПМЭП);
- подсистему видеонаблюдения, детектирования ДТП и ЧС (ПВН).

Архитектура программного обеспечения КПУДД состоит из следующих элементов:

- балансировка Traefik 2.x.x – осуществляет перенаправление запросов с клиентского приложения на нужные микросервисы;
- микросервис авторизации JWT – осуществляет идентификацию авторизации данных в запросе, выполняет валидацию доступа;

- микросервисы - единицы, отвечающие за тот или иной функционал системы. Взаимодействуют со всеми остальными элементами архитектуры;
- ETL (Extract Transform Load) - осуществляет загрузку и обмен данными с оборудованием;
- клиентское приложение VueJS - визуальная составляющая системы, позволяющая осуществлять взаимодействие пользователя с данными из базы данных посредством микросервисов.

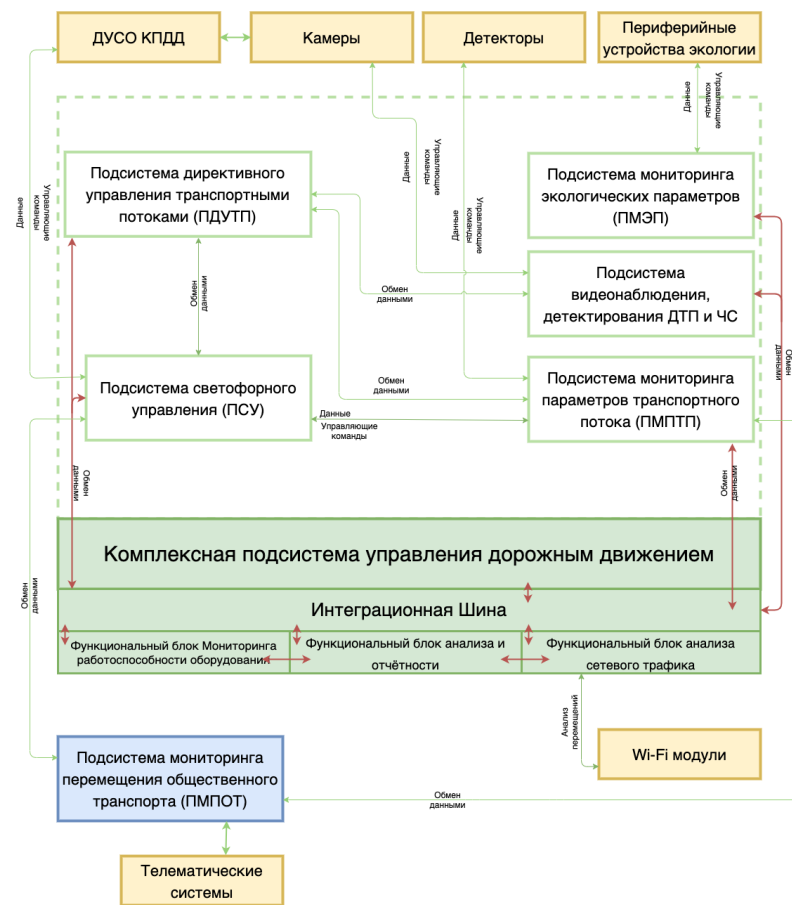


Рисунок 116 – Схема архитектуры КПУДД

4.3 Выводы по главе 4

Научно обоснованные алгоритмы управления процессами управления перевозкой пассажиров применяются в разработанном программном обеспечении, которое реализует ситуационное управление путем

информационного взаимодействия с различными подсистемами ИТС посредством ИП ИТС и включает в себя две комплексные подсистемы: КПКДОТ и КПУДД, которые имеют микросервисную архитектуру и допускают как интеграцию с программными компонентами, так и возможность выступать в качестве программного компонента в информационной архитектуре других систем.

5 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ

5.1 Определение эффективности применения алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров

Учитывая, что диссертационная работа направлена на мониторинг и управление процессами перевозки пассажиров в условиях городских агломераций, посредством обеспечения кратности интервалов движения ПС, то целесообразно рассмотреть в качестве критерия эффективности разработанных алгоритмов снижение потерь времени пассажирами на поездку, что отражено в нормативно-правовой документации для пассажирских перевозок [69]. Согласно [69] оценка эффективности предлагаемых мероприятий по управлению процессами перевозки пассажиров могут носить, как монетарный, так и натуральные показатели экономии времени пассажирами.

Можно выделить несколько подходов к решению данной задачи, которые систематизировал автор работы [57]. Так, в частности, автор работы [57] выделяет методы определения потерь времени пассажирами при территориальном социально-экономическом планировании, дорожном строительстве, при приобретении ПС ГПТОП, а также при совершенствовании дорожного движения.

Из анализа формулы (4) видим, что затраты времени пассажира включают в себя три составляющие [69]: время подхода к ОП, время ожидания и непосредственно время следования. Рассмотрим каждый из элементов выражения (4) в отдельности.

Согласно [4] затраты времени пешего передвижения в одном направлении составляют:

$$T_{nx} = \frac{60}{V_{II}} \cdot \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_i^{cp}}{4} \right), \quad (36)$$

где V_{II} – средняя скорость пешеходного передвижения (4...5 км/ч) [4];

δ – плотность транспортной сети ГА, км⁻¹;

l_i^{cp} – средняя протяженность перегона на маршруте, км.

Время ожидания пассажиром ПС зависит от интервальности движения ГПТОП. Так при движении ГПТОП на маршруте с равными интервалами, значение времени ожидания составляет половину интервала [38], т.е.:

$$T_{ож}^{равн} = \frac{I}{2}. \quad (37)$$

В случае, движения ГПТОП на маршруте с различными интервалами формула для определения значения времени ожидания примет вид [38]:

$$T_{ож}^{разл} = \frac{I_{min}^2 + I_{max}^2}{2 \cdot (I_{min} + I_{max})}, \quad (38)$$

где I_{min} и I_{max} – соответственно минимальные и максимальные интервалы на маршруте.

Время следования пассажира в транспортном средстве находится в непосредственной зависимости от расстояния ездки каждого пассажира. В диссертационной работе в качестве этого показателя примем среднюю дальность поездки пассажира [57].

Тогда:

$$T_{сл} = \frac{60 \cdot L_{cp}}{V} + \left(\frac{L_{cp}}{l_i^{cp}} - 1 \right) \cdot t_{oc}^i. \quad (39)$$

Обозначения элементов формулы (40) приведены в расшифровках формул (9) и (15).

Тогда, после подстановки формул (36) - (39) в формулу (4) получаем:

– при движении с равными интервалами:

$$T_{ij}^{равн} = \frac{2 \cdot 60}{V_{II}} \cdot \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_i^{cp}}{4} \right) + \frac{I}{2} + \frac{60 \cdot L_{cp}}{V} + \left(\frac{L_{cp}}{l_i^{cp}} - 1 \right) \cdot t_{oc}^i. \quad (40)$$

– при движении с различными интервалами:

$$T_{ij}^{разл} = \frac{2 \cdot 60}{V_{II}} \cdot \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_i^{cp}}{4} \right) + \frac{I_{min}^2 + I_{max}^2}{2 \cdot (I_{min} + I_{max})} + \frac{60 \cdot L_{cp}}{V} + \left(\frac{L_{cp}}{l_i^{cp}} - 1 \right) \cdot t_{oc}^i. \quad (41)$$

По полученным формулам произведем расчёты для ОГА на примере маршрута №20 «микрорайон Зареченский – ул. Космонавтов» (Рисунок 117). Текущая численность подвижного состава на маршруте составляет 18 единиц автобусов среднего класса ПАЗ-320435-04, вместимостью 52 чел., средняя дальность поездки 3,1 км (на основании данных КСОТ ОГА). Также по данным ПУМОТ ИТС ОГА максимальный пассажиропоток на маршруте 1989 пасс. /ч. Время оборотного рейса – 2:16:00 ч (2,26 ч). Средняя протяженность перегона на маршруте – 458 м [105].

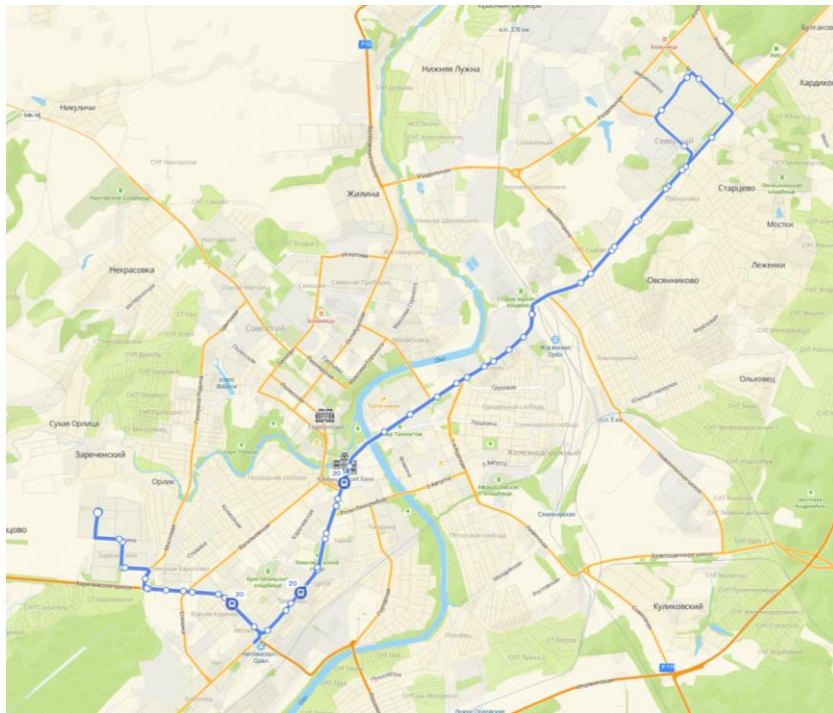


Рисунок 117 – Схема маршрута № 20 «микрорайон Зареченский – ул. Космонавтов» ОГА

Определим затраты времени пассажира на основании полученных экспериментальных данных (Рисунок 91 - Рисунок 93):

$$T_{ij}^{разл} = \frac{2 \cdot 60}{4} \cdot \left(\frac{1}{3 \cdot 3,1} + \frac{0,458}{4} \right) + \frac{3^2 + 65^2}{2 \cdot (3 + 65)} + \frac{60 \cdot 3,1}{38} + \left(\frac{3,1}{0,458} - 1 \right) \cdot 0,3 = 44,05 \text{ мин.}$$

Определим потери времени пассажира при фиксированном интервале движения, который принимаем равным интервалу движения, указанному в паспорте маршрута 12 мин. [105].

Тогда:

$$T_{ij}^{равн} = \frac{2 \cdot 60}{4} \cdot \left(\frac{1}{3 \cdot 3,1} + \frac{0,458}{4} \right) + \frac{12}{2} + \frac{60 \cdot 3,1}{38} + \left(\frac{3,1}{0,458} - 1 \right) \cdot 0,3 = 18,92 \text{ мин.}$$

Эффект от сокращения затрат времени пассажирами определим согласно формуле [57]:

$$\Delta T_{ij} = T_{ij}^{разл} - T_{ij}^{равн}. \quad (42)$$

$$\Delta T_{ij} = 44,05 - 18,92 = 25,13 \text{ мин} = 0,42 \text{ ч}$$

Таким образом, за счёт повышения регулярности движения ГПТОП, при полученных экспериментальных данных получаем снижение затрат времени одного пассажира за поездку в размере 25,13 мин (0,42 ч.). При этом, следует отметить, что наибольшие затраты времени пассажирами приходятся на ожидание ПС на ОП. В связи с этим, направленность диссертационной работы на управление процессами перевозки пассажиров за счёт обеспечения кратности интервалов движения является актуальной.

5.2 Вывод по главе 5

Эффективность алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров на основе ИТС рассмотрена с точки зрения социального эффекта от сокращения затрат времени пассажира на одну поездку на примере маршрута № 20 «микрорайон Зареченский – ул. Космонавтов» маршрутной сети ОГА. Так, в частности, затраты времени на маршруте сократятся на 25,13 мин (0,42 ч).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решена научная задача, имеющая значение для развития знаний в области применения интеллектуальных транспортных систем для управления процессами перевозки пассажиров в условиях городских агломераций. В частности:

1. Установлено, что одним из наиболее эффективных методов совершенствования управления являются организационные мероприятия по внедрению современных цифровых технологий, и в первую очередь ИТС. ИТС на данный момент является динамично развивающейся областью экономики нашей страны, впитавшей в себя современные достижения науки и техники. Однако в данной отрасли явственно ощущается недостаток разработанных теоретических основ и нормативно-правовой документацией в области использования ИТС в процессах управления процессами перевозок.

2. Научно обоснованы алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров на основе ИТС:

– Алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния транспортного потока, позволяющий по данным средней скорости движения на перегоне определить показатели работы ПС на маршруте (время обратного рейса):

$$T_{об}^{nl} = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{V_s} + \sum_{j=1}^k (t_{откр} + t_{закр} + t_{нас} \times N + t_{зад}) + t_o.$$

При реализации данного алгоритма, определяется режим функционирования системы ГПТОП (штатный или нештатный) по параметру отклонения текущего уровня обслуживания дорожного движения на перегоне от среднестатистических значений (уровни А...D), с целью реализации сценарных планов управления процессами перевозки пассажиров.

– Алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основании данных глобальной навигационной спутниковой системы,

позволяющий определять фактические значения времени прохождения ПС ГПТОП перегона маршрута, интервала движения ПС, и на их основе определять время обратного рейса:

$$T_{об}^{nl} = \sum_{i=1}^n (t_{i+1} - t_i) + t_o.$$

Режим функционирования системы пассажирских перевозок определен методом оценки регулярности перевозок по значению среднего превышения (математического ожидания превышения) интервала движения ПС на маршруте от установленного, значению коэффициента регулярности движения по интервалу и среднеквадратичному отклонению превышений установленных интервалов движения ПС. На основании определения режимов функционирования системы пассажирских перевозок реализуется сценарный план управления процессами перевозки пассажиров.

– Алгоритм управления процессами перевозки пассажиров на основе применения технологий искусственного интеллекта, позволяющий также определять фактические значения времени прохождения ПС перегона маршрута, интервала движения ПС, и на их основе определять время обратного рейса:

$$T_{об}^{nl} = \sum_{i=1}^n (t_{i+1}^{npуб} - t_i^{omnp}) + \sum_{i=1}^n (t_i^{omnp} - t_i^{npуб}) + t_o.$$

Критериями определения режима функционирования системы пассажирских перевозок, аналогично предыдущему алгоритму, являются показатели, оценивающие регулярность движения ПС на маршруте и влияющие на сценарии управления процессами перевозки пассажиров.

3. Проведено тестирование разработанных алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров на основе ИТС:

– на основании выполненных экспериментальных исследований можно сделать вывод о достоверности предложенного алгоритма управления процессами перевозки пассажиров на основе параметров состояния

транспортного потока. Выявлена взаимосвязь между фактическим временем прохождения перегона УДС ПС ГПТОП и значениями среднего времени прохождения перегона УДС, определенного на основании параметров транспортного потока (средней скорости движения транспортного потока). Значения критерия Пирсона для всех сравнительных экспериментов варьируется в пределах 0,932...0,993.

– приведенные результаты выполненных экспериментальных исследований тестирования алгоритма управления процессами перевозок пассажиров на основе данных ГНСС показывают высокую точность ГНСС, которая позволяет использовать данный алгоритм для определения интервалов движения ПС ГПТОП на маршруте. Выявлена взаимозависимость фактических значений времени интервала движения ПС ГПТОП и времени посещения геозон.

– результаты тестирования алгоритма управления процессами перевозок пассажиров на основе технологий ИИ показали, что наиболее эффективной технологией ИИ для применения в разработанном алгоритме управления процессами перевозок пассажиров основе применения технологий искусственного интеллекта является модель YOLOv7, обученная на 55 эпохах.

4. Научно обоснованные алгоритмы управления процессами перевозок пассажиров реализованы в разработанном программном обеспечении, которое реализует ситуационное управление путем информационного взаимодействия с различными подсистемами ИТС посредством ИП ИТС и включает в себя две комплексные подсистемы: комплекс подсистем координации движения общественного транспорта и диспетчерского управления транспортом служб содержания дорог, а также комплекс подсистем управления дорожным движением, которые имеют микросервисную архитектуру и допускают как интеграцию с программными компонентами, так и возможность выступать в качестве программного компонента в информационной архитектуре других систем.

5. Эффективность алгоритмов управления процессами перевозки пассажиров на основе ИТС рассмотрена с точки зрения социального эффекта от сокращения затрат времени пассажира на одну поездку на примере маршрута № 20 «микрорайон Зареченский – ул. Космонавтов» маршрутной сети ОГА. Так, в частности, затраты времени на маршруте сократятся на 25,13 мин (0,42 ч).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом» РФ от 13.07.2015 № 220-ФЗ.
2. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [Текст] : распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р // Собр. законодательства РФ. - 2021. - №50 (13 декабря). - (Часть IV), ст. 8613.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.12.2019г. №1762 «Об утверждении правил предоставления и распределения в 2020 - 2024 годах иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета бюджетам субъектов Российской Федерации в целях внедрения интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек, в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» // <https://www.consultant.ru>.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 01.10.2020г. №1586 «Об утверждении Правил перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» // <https://www.consultant.ru>.
5. Распоряжение Минтранса России от 31 января 2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» (в ред. распоряжения Минтранса России от 13 апреля 2018 г. № НА-55-р).

6. Об утверждении методики оценки и ранжирования локальных проектов в целях реализации мероприятия «Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» : распоряжение Министерства транспорта РФ от 25 марта 2020 г. № АК-60-р // <https://www.consultant.ru>.

7. Методические рекомендации по разработке заявок (включая локальные проекты по созданию и модернизации интеллектуальных транспортных систем) субъектов Российской Федерации на получение субсидий из федерального бюджета бюджетами субъектов Российской Федерации в целях реализации мероприятия «Внедрены интеллектуальные транспортные системы, предусматривающие автоматизацию процессов управления дорожным движением в городских агломерациях, включающих города с населением свыше 300 тысяч человек» в рамках федерального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства» государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» : распоряжение Министерства транспорта РФ от 27 апреля 2024 г. № АК-95-р // <https://www.consultant.ru>.

8. Приказ Министерства транспорта РФ от 30 июля 2020 г. N 274 «Об утверждении Правил подготовки документации по организации дорожного движения» (с изменениями и дополнениями) // <https://www.consultant.ru>.

9. Об утверждении Концепции создания и функционирования национальной сети интеллектуальных транспортных систем на автомобильных дорогах общего пользования : распоряжение Министерства транспорта РФ от 30 сентября 2022 г. № АК-247-р // <https://www.consultant.ru>.

10. Распоряжение Минтранса России от 27 декабря 2022 г. № АК-337-р «Об утверждении методических рекомендаций по проведению мониторинга дорожного движения».

11. ГОСТ Р 56294-2014. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной и физической архитектурам интеллектуальных транспортных систем : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен впервые : введен 2014-12-11 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2014. - 12 с.

12. ГОСТ Р 71092-2023. Интеллектуальные транспортные системы. Требования к функциональной архитектуре интеграционной платформы интеллектуальных транспортных систем : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен впервые : введен 2024-06-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2023. - 20 с.

13. ГОСТ Р 51004–96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества : государственный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен впервые : введен 1997-01-01 / Госстандарт России. – Москва : Госстандарт России, 1997. - 12 с.

14. ГОСТ Р 71093-2023. Дороги автомобильные общего пользования. Требования к информированию пользователей платных автомобильных дорог : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен впервые : введен 2024-06-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2024. - 24 с.

15. ГОСТ Р 56829-2015. Интеллектуальные транспортные системы. Термины и определения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен впервые: переиздание ноябрь 2018 г : введен

2016-06-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2018. - 11 с.

16. ГОСТ Р 54723-2019. Глобальная навигационная спутниковая система. Система управления городским пассажирским транспортом комплексная. Назначение, состав и характеристики решаемых задач подсистемы анализа пассажиропотоков : издание официальное : взамен ГОСТ Р 54723-2011 : введен 2020-01-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2019. - 24 с.

17. ГОСТ Р 59792-2021. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды испытаний автоматизированных систем : издание официальное : утвержден впервые : введен 2022-04-30 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2021. - 6 с.

18. ГОСТ 34.401-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Средства технические периферийные автоматизированных систем дорожного движения. Типы и технические требования» (утв. постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 27 декабря 1990 г. N 3382) // <https://docs.cntd.ru/document/1200006977>.

19. ГОСТ Р 71096-2023. Интеллектуальные транспортные системы. Подсистема светофорного управления. Общие требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен впервые : введен 2024-06-01 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва : Стандартинформ, 2024. - 20 с.

20. ГОСТ Р 59898-2021. Оценка качества систем искусственного интеллекта. Общие положения : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : введен впервые : введен 2022-03-01 /

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии // <https://docs.cntd.ru/document/1200181913>.

21. ITS Action Plan for the Roads / A framework for the coordinated evolution of existing and the accelerated introduction of new Intelligent Transport Systems in Germany over the period to 2020 – 2012, pp. 42.

22. Shevtsova, A. Method of Urban Traffic Management / A.G. Shevtsova, A.N. Novikov, V.V. Silyanov // 2021 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – 2021. – pp. 9416113.

23. Анализ динамики изменения пассажиропотока и пробега городского пассажирского транспорта в городах // Городской транспорт. – 2024. - №13 апрель 2024. – С. 20-31.

24. Аналитический_отчет_Тренды_автомобильных_грузоперевозок_в_РФ_в_2023_г.pdf. [Электронный ресурс] / URL: strategy.ru.

25. Архитектура интеллектуальных транспортных систем на примере U.S. DoT ITS. [Электронный ресурс] / URL: <https://habr.com/ru/articles/121169/>.

26. Безгачев Ф.В. Распознавание лиц на основе нейронных сетей: современные технологии // Научный компонент. 2021. №4 (12). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raspoznavanie-lits-na-osnove-neyronnyh-setey-sovremennye-tehnologii> (дата обращения: 22.02.2024).

27. Белогребень, А. А. Методика оценки социально-экономического эффекта от реализации проектных решений в области организации дорожного движения / А. А. Белогребень, В. В. Донченко, О. Н. Съедин // Научный вестник автомобильного транспорта. - 2020. - № 1. - С. 20-34.

28. Богуш Рихард Петрович, Захарова Ирина Юрьевна Алгоритм сопровождения людей на видеопоследовательностях с использованием свёрточных нейронных сетей для видеонаблюдения внутри помещений // КО. 2020. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algorithm-soprovozhdeniya->

lyudey-na-videoposledovatelnostyah-s-ispolzovaniem-svyortochnyh-neyronnyh-setey-dlya-videonablyudeniya (дата обращения: 05.02.2024).

29. Бодров, А.С. Автономные транспортные средства: / учебное пособие / А.С. Бодров, Д.О. Ломакин, А.Н. Новиков. – Орёл: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019. – 97 с.: ил.

30. Бодров, А.С. Повышение эффективности функционирования муниципального пассажирского транспорта [Текст] / А.С. Бодров, М.В. Кулев, Д.О. Ломакин // Мир транспорта и технологических машин. 2017. № 1 (56). - С. 80-86.

31. Бочков П.В. Управление транспортно-логистическими процессами // Экономика и социум. 2016. №10 (29). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-transportno-logisticheskimi-protsessami> (дата обращения: 06.02.2024).

32. Вельможин, А.В. Грузовые автомобильные перевозки: моногр. / А.В. Вельможин. - Москва: Мир, 2021. - 823 с.

33. Власов, В.М. Транспортная телематика в дорожной отрасли: учеб. пособие / В.М. Власов, Д.Б. Ефименко, В.Н. Богумил. - М.: МАДИ, 2013. – 80 с.

34. Воробьёв Руслан Михайлович Оценка людского и транспортного трафика густонаселенных районов города Москвы с использованием видео со стационарных камер // International Journal of Open Information Technologies. 2019. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-lyudskogo-i-transportnogo-trafika-gustonaselennyh-rayonov-goroda-moskvy-s-ispolzovaniem-video-so-statsionarnyh-kamer> (дата обращения: 05.02.2024).

35. ВРП Орловской области в 2023 году вырос на 5% [Электронный ресурс] / URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6579259>.

36. Гаврилов Дмитрий Александрович. Интеллектуальные программно-аппаратные решения для автоматизированных оптико-

электронных систем реального времени // Правовая информатика. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-programmno-apparatnye-resheniya-dlya-avtomatizirovannyh-optiko-elektronnyh-sistem-realnogo-vremeni> (дата обращения: 16.02.2024).

37. Галигузова Е.В., Илларионова Ю.Е. Глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) // Символ науки. 2023. №1-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnye-navigatsionnye-sputnikovye-sistemy-gnss> (дата обращения: 28.02.2024).

38. Горбачев П. Ф., Макаричев О. В., Чижик В. М. Оценка времени ожидания при различных способах организации движения транспортных средств на маршруте // Автомобильный транспорт. 2013. №33. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-vremeni-ozhidaniya-pri-razlichnyh-sposobah-organizatsii-dvizheniya-transportnyh-sredstv-na-marshrute> (дата обращения: 02.07.2024).

39. Горбачев Петр Федорович Параметры плотности распределения времени ожидания пассажирами городских маршрутов // Вестник ХНАДУ. 2007. №37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/parametry-plotnosti-raspredeleniya-vremeni-ozhidaniya-passazhirami-gorodskih-marshrutov> (дата обращения: 22.04.2024).

40. Горев, А.Э. Грузовые автомобильные перевозки / А.Э. Горев. - М.: Academia, 2021. - 288 с.

41. Гудков, В.А. Пассажирские автомобильные перевозки [Текст] / В. А. Гудков [и др.] ; В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев. - М. : Горячая линия - Телеком, 2006. - 448 с.

42. Домбровский Максим Юрьевич Рациональная методика формирования расписания движения подвижного состава городского электрического транспорта // Вестник ИрГТУ. 2013. №11 (82). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnaya-metodika-formirovaniya->

raspisaniya-dvizheniya-podvizhnogo-sostava-gorodskogo-elektricheskogo-transporta (дата обращения: 30.04.2024).

43. Друки Алексей Алексеевич Применение сверточных нейронных сетей для выделения и распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях со сложным фоном // Известия ТПУ. 2014. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-svertochnyh-neyronnyh-setey-dlya-vydeleniya-i-raspoznavaniya-avtomobilnyh-nomernyh-znakov-na-izobrazheniyah-so-slozhnym> (дата обращения: 27.02.2024).

44. Евстигнеев, И.А. Нормативное регулирование в сфере ИТС [Электронный ресурс] // Форум дорожных инициатив «Инновационные технологии и интеллектуальные транспортные системы в дорожном строительстве». 2022. 30 мая – 01 июня. URL: <http://ircforum.ru/upload/iblock/5f8/5f8f0d1aab0e49abd5f74989412f2095.pdf> (дата обращения: 26.02.2023).

45. Евстигнеев, И.А. Основы создания интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях России. – М.: Издательство «Перо». 2021. – 294 с.

46. Ефименко, Д. Б. Методологические основы построения навигационных систем диспетчерского управления перевозочным процессом на автомобильном транспорте (на примере городского пассажирского транспорта): дис. докт. техн. наук. М., 2012. 479 с.

47. Жанказиев, С.В. Интеллектуальные транспортные системы: учеб. пособие / С.В. Жанказиев. – М.: МАДИ, 2016. – 120 с.

48. Жуков А. И. Исследование взаимосвязи пассажиропотока и пассажиронапряженности на автобусных маршрутах // МНИЖ. 2014. №5-1 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vzaimosvyazi-passazhiropotoka-i-passazhironapryazhennosti-na-avtobusnyh-marshrutah> (дата обращения: 20.04.2024).

49. Загидулина, А.Д. Применение интеллектуальных транспортных систем для обеспечения безопасного функционирования транспортной системы городов республики Татарстан / А.Д. Загидулина, Р.В. Николаева // Техника и технология транспорта. – 2018. - № 1 (6). – С. 10.

50. Зинин Александр Михайлович Особенности оперативной идентификации человека по признакам внешности // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2019. №4 (91). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-operativnoy-identifikatsii-cheloveka-po-priznakam-vneshnosti> (дата обращения: 22.02.2024).

51. Казачков, А.Д. Оптимизация процесса составления расписания для движения городского общественного транспорта / А.Д. Казачков, А.А. Рыбанов. — Текст : электронный // NovaInfo, 2018. — № 85 — С. 35-42 — URL: <https://novainfo.ru/article/15234> (дата обращения: 30.04.2024).

52. Катунин, А.А. Современное состояние обеспеченности процесса управления грузовыми перевозками автомобильным транспортом/А.А. Катунин, В.В. Васильева, А.Н. Сёмкин/Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015): сборник статей VII Международной научно-технической конференции. Курск, 2015. С. 73-76.

53. Козлов, Л.Н. О концептуальных подходах формирования и развития интеллектуальных транспортных систем в России [Текст] / Л.Н. Козлов, Ю.М. Урличич, Б.Е. Циклис//Транспорт РФ. -2009. -№ 3. -С. 30 -35.

54. Корягин, М.Е. Равновесные модели системы городского пассажирского транспорта в условиях конфликта интересов [Текст] / М.Е. Корягин. – Новосибирск: Наука, 2011. – 140 с.

55. Косарев Николай Сергеевич, Щербаков Антон Станиславович Статистический анализ точности определения положений спутников систем ГЛОНАСС и GPS // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2014. №2 (26). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/statisticheskii-analiz-tochnosti-opredeleniya-polozheniy-sputnikov-sistem-glonass-i-gps> (дата обращения: 04.03.2024).

56. Костомарова В.В. Зарубежный опыт внедрения интеллектуальных транспортных систем (ИТС) // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. №4-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zarubezhnyy-opyt-vnedreniya-intellektualnyh-transportnyh-sistem-its> (дата обращения: 26.06.2024).

57. Кривко, Е. В. Основные положения методики учета общественных затрат времени пассажиров в проектах дорожно-транспортной сферы / Е. В. Кривко // Вестник евразийской науки. — 2023 — Т. 15 — № 2 — URL: <https://esj.today/PDF/38ECVN223.pdf/>

58. Кураксин, А.А. Совершенствование методов оценки эффективности организации дорожного движения на основе применения технологии мезоскопического моделирования транспортных потоков: автореф. дисс. ... к-та техн. наук: 05.22.10. – Орел., 2020. – 21 с.

59. Курганов, В. М. Управление автомобильными перевозками на основе ситуационного подхода: дис. докт. техн. наук. М., 2004. 334 с.

60. Лебедева, О. А. Совершенствование методов мониторинга пассажиропотоков на маршрутах городского пассажирского транспорта общего назначения : специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Лебедева Ольга Анатольевна ; Иркутский государственный технический университет. - Иркутск, 2014. - 20 с. - Библиогр.: с. 18-20. - Место защиты: Иркутский государственный технический университет. - Текст : непосредственный.

61. Липенков А. В. Моделирование пассажирского автобусного маршрута в Anylogic. Материалы V Всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2011 / А. В. Липенков,

О. А. Маслова, М. Е. Елисеев. Санкт-Петербург, 21 – 23 октября, 2011, Том 2. – С. 137 – 141.

62. Липенков, А. В. Повышение эффективности функционирования пассажирского транспорта на основе управления пропускной способностью остановочных пунктов : специальность 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Липенков Александр Владимирович ; Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2015. - 154 с. - Библиогр.: с. 119-129. - Место защиты: Государственный университет – Учебно-научно-производственный комплекс - Текст : непосредственный.

63. Логистические тренды 2020-2021 года. Жизнь после пандемии. [Электронный ресурс] / URL: <https://news.ati.su/article/2021/01/06/logisticheskie-trendy-2020-2021-goda-zhizn-posle-pandemii-977168/>?

64. Максименко В.Н., Волошина Т.С. Анализ системы распознавания лиц по алгоритму нейронной сети // Экономика и качество систем связи. 2018. №4 (10). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sistemy-raspoznavaniya-lits-po-algoritmu-neyronnoy-seti> (дата обращения: 22.02.2024).

65. Маркелов Матвей Михайлович Управление нагрузкой на операторов в системах массового обслуживания с использованием интеллектуального анализа данных // EESJ. 2021. №1-4 (65). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-nagruzkoy-na-operatorov-v-sistemah-massovogo-obsluzhivaniya-s-ispolzovaniem-intellektualnogo-analiza-dannyh> (дата обращения: 05.02.2024).

66. Меренков А. О. Организационно-экономические аспекты эффективного функционирования интеллектуальных транспортных систем // Управление. № 3 (17).

67. Методика оценки социально-экономического эффекта реализации мероприятий по организации дорожного движения / НИИАТ. - М., НИИАТ, 2021.

68. Методические рекомендации по оценке эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.11.006-2021 / Федеральное дорожное агентство (Росавтодор) - М., 2021.

69. Методические рекомендации по разработке Документа планирования регулярных перевозок пассажиров и багажа по муниципальным и межмуниципальным маршрутам автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом / Минтранс Российской Федерации – 2020.

70. Методические рекомендации по разработке и реализации мероприятий по организации дорожного движения Использование программных продуктов математического моделирования транспортных потоков при оценке эффективных проектных решений в сфере организации дорожного движения / Минтранс Российской Федерации – 2017.

71. Мировой опыт внедрения и развития ИТС – ФКУ «Дороги России» [Электронный ресурс] / URL: <https://dr.rosavtodor.gov.ru/department/deyatelnost-dr/intellektualnye-transportnye-sistemy/mirovoj-opyt-vnedreniya-i-razvitiya-its>.

72. Михайлов Александр Юрьевич Восстановление матрицы корреспонденции на участке улично-дорожной сети // Вестник ИрГТУ. 2003. №1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vosstanovlenie-matritsy-korrespondentsii-na-uchastke-ulichno-dorozhnoy-seti> (дата обращения: 21.02.2024).

73. Морозов, Д. Ю. Разработка методики построения качественных матриц корреспонденций для решения задач управления транспортными потоками: дис. канд. техн. наук. М., 2020. 197 с.

74. Муратов Евгений Рашитович, Елифанов Александр Сергеевич Исследование использования прогрессивных калибровочных сетей применительно к задаче подсчёта пассажиров транспортных средств // Известия ТулГУ. Технические науки. 2022. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ispolzovaniya-progressivnyh-kalibrovочnyh-setey-primenitelno-k-zadache-podschyota-passazhirov-transportnyh-sredstv> (дата обращения: 05.02.2024).

75. Намиот Д.Е., Некраплённая М.Н., Покусаев О.Н., Чекмарев А.Е. Матрицы корреспонденций и анализ пассажирских потоков // International Journal of Open Information Technologies. 2020. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matritsy-korrespondentsiy-i-analiz-passazhirskih-potokov> (дата обращения: 06.02.2024).

76. Нейросети в большом городе. Разбираемся, как они помогают идентифицировать людей, и запускаем собственную нейросеть [Электронный ресурс] / URL: https://aggf.ru/projects/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%D1%8B2022/%D0%A0%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%98%D0%A2%D0%A1_2022.pdf. <https://habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/536410/>

77. Новиков, А. Н. Современные подходы к управлению перевозками грузов автомобильным транспортом [Текст] / А. Н. Новиков, А. А. Катунин, А. Н. Семкин // Мир транспорта и технологических машин. - 2015. - № 1 (48). - С. 119-126.

78. Новиков, А.Н. Интеллектуальная система управления грузовыми перевозками [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.Н. Семкин, В.В. Васильева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2015. - Т. 3. - № 5-3 (16-3). - С. 151-159.

79. Новиков, А.Н. Оценка уровня безопасности дорожного движения на региональном уровне / А.Н. Новиков, С.В. Еремин, Д.О. Ломакин // Мир транспорта и технологических машин. – 2020. № 3 (70). С. 72-79.

80. Новиков, А.Н. Пути повышения безопасности функционирования общественного транспорта в условиях перспективного развития города: монография / А. Н. Новиков, С. В. Еремин, А. Г. Шевцова. – Белгород: Изд-во БГТУ, Орёл, 2023. – 239 с.

81. Новиков, А.Н. Управление перевозками грузов автомобильным транспортом в современных условиях [Текст] / А.Н. Новиков, А.А. Катунин, А.Н. Семкин // Информационные технологии и инновации на транспорте. - Орел. - 2015. - С. 247-252.

82. ОДМ 218.9.011-2016 Отраслевой дорожный методический документ «Рекомендации по выполнению обоснования интеллектуальных транспортных систем».

83. Патент на полезную модель № 114200. Многофункциональное терминальное устройство телематической системы : № 2011117745 : заявл. 03.05.2011 : опубл. 10.03.2012 / Семкин А.Н, Богданов А.А, Загородних Н.А., Котов С.В, Леонов К.В., Загородних А.Н. – 1 с.

84. Патент на полезную модель № 125006. Бортовой комплекс для системы сопровождения и управления наземными транспортными средствами : № 2012123506 : заявл. 06.06.2012 : опубл. 20.02.2013 / Семкин А.Н, Богданов А.А, Шайдабеков Э.О., Загородних Н.А., Леонов К.В. – 1 с.

85. Патент на полезную модель № 95152. Многофункциональное терминальное устройство телематической системы : № 2010105538 : заявл.

16.02.2010 : опубл. 10.06.2010 / Семкин А.Н, Богданов А.А, Шайдабеков Э.О.
– 1 с.

86. Плотников А. Е. Определение рациональных показателей информационных сервисов в автоматизированной среде управления предприятием // НиКа. 2013. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-ratsionalnyh-pokazateley-informatsionnyh-servisov-v-avtomatizirovannoy-srede-upravleniya-predpriyatiem> (дата обращения: 04.03.2024).

87. ПНСТ 892-2023 Интеллектуальные транспортные системы. Системы диспетчерского управления городским наземным пассажирским транспортом. Требования к архитектуре и функциям подсистемы информирования пассажиров, использующей фактическую и прогнозную информацию о движении транспортных средств на маршрутах.

88. Постолиит А.В. Автоматизация сбора первичных данных для формирования матрицы корреспонденций поездок пассажиров на основе компьютерного зрения и нейросетевых технологий. Мир транспорта. 2021;19(2):32-40. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2021-19-2-5>

89. Производственный календарь на 2023 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/law/ref/calendar/proizvodstvennye/2023/> – Заглавие с экрана.

90. Пугачев, И.Н. Методология развития эффективного и безопасного функционирования транспортных систем городов. Монография / И.Н. Пугачев; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Тихоокеанский гос. ун-т". Владивосток, 2009. – 266 с.

91. Российская программа для моделирования транспортного спроса, соответствующая международным стандартам [Электронный ресурс] / <https://www.transnetsoft.ru/>.

92. Садовник Алексей Трофимович Организация пассажирских перевозок: состояние и проблемы правового обеспечения // Ученые записки Санкт-Петербургского имени В. Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии. 2015. №4 (56). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-passazhirskih-perevozk-sostoyanie-i-problemy-pravovogo-obespecheniya> (дата обращения: 04.06.2024).

93. Самойлович Т.Н. Длительность операций при стоянке маршрутных пассажирских транспортных средств для высадки и посадки пассажиров // Наука и техника. 2013. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dlitelnost-operatsiy-pri-stoyanke-marshrutnyh-passazhirskih-transportnyh-sredstv-dlya-vysadki-i-posadki-passazhirov> (дата обращения: 03.05.2024).

94. Свид. 2020614815 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Единая платформа управления транспортной системой «НАВИГАТОР ИТС» / А.Н. Семкин; заявитель и правообладатель Закрытое акционерное общество Группа компаний «Навигатор» (RU). – №2020613381; заявл. 22.04.2020; опубл. 25.04.2020, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

95. Свид. 2020614909 Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Мультисервисная платформа совместного использования транспортных средств в городской среде «НАВИГАТОР-С2020» / А.Н. Семкин; заявитель и правообладатель Закрытое акционерное общество Группа компаний «Навигатор» (RU). – №2020613633; заявл. 26.03.2020; опубл. 29.04.2020, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

96. Селиверстов Ярослав Александрович, Селиверстов Святослав Александрович. Методы и модели построения матриц транспортных корреспонденций // Информатика, телекоммуникации и управление. 2015. №2-3 (217-222). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-i-modeli-postroeniya-matritsi-transportnyh-korrespondentsiy> (дата обращения: 06.02.2024).

97. Семкин А. Н. Перспективы внедрения подсистемы обеспечения приоритетного проезда транспортных средств в ИТС городских агломераций // Мир транспорта и технологических машин. - 2024. - №2-2(85). - С. 123-130.

98. Семкин А. Н. Совершенствование алгоритмов информирования пассажиров на остановочных пунктах городских агломераций // Мир транспорта и технологических машин. - 2024. - №2-1(85). - С. 127-135.

99. Семкин А.Н., Шевляков А.Н. Опыт внедрения систем координации движения общественного транспорта на примере Орловской городской агломерации // Мир транспорта и технологических машин. - 2023. - №1-1(80). - С. 50-59.

100. Скиркоцкий, С.В. Городской наземный маршрутизированный транспорт: решения по организации перевозок : [монография] / С.В. Скиркоцкий, В.Н. Седюкевич. – Гомерь : БелГТУ, 2019. – 174 с.

101. Соколов А. П. Обобщенная схема управления производственными процессами // Resour. Technol.. 2005. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obobschennaya-shema-upravleniya-proizvodstvennymi-protsessami> (дата обращения: 06.02.2024).

102. Состоялось заседание подкомитета по искусственному интеллекту в дорожно-транспортном комплексе [Электронный ресурс] / <https://rosdornii.ru/press-center/news/novosti/sostoyalos-zasedanie-podkomiteta-po-iskusstvennomu-intellektu-v-dorozhno-transportnom-komplekse/>.

103. Состояние и перспективы развития рынка интеллектуальных транспортных систем в России и мире. Оценка влияния на показатели развития

НТИ «Автонет» (аналитический отчёт, 2022) [Электронный ресурс] / URL: https://aggf.ru/projects/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%D1%8B%2022/%D0%A0%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%98%D0%A2%D0%A1_2022.pdf.

https://aggf.ru/projects/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%D1%8B%2022/%D0%A0%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%98%D0%A2%D0%A1_2022.pdf.

104. Спирин И.В. Определение затрат времени пассажиров на поездки в городах. Мир транспорта. 2020;18(3):28-43. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2020-18-28-43/>

105. Схемы маршрутов регулярных перевозок муниципальной маршрутной сети города Орла [Электронный ресурс] / URL: https://aggf.ru/projects/%D0%90%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%D1%8B%2022/%D0%A0%D1%8B%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D0%98%D0%A2%D0%A1_2022.pdf. <https://www.orel-adm.ru/ru/activity/skhemy-marshrutov-regulyarnykh-perevozok-munitsipalnoy-marshrutnoy-seti-goroda-ork/>.

106. Теоретические основы пассажирских межмуниципальных автомобильных перевозок [Электронный ресурс] : монография / Н.Н. Якунин [и др.]; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования «Оренбург. гос. ун-т». - Оренбург : ОГУ. - 2020. - 196 с- Загл. с тит. экрана.

107. Тимошкин М.С. Сравнение YOLOV5 и FASTERR-CNN для обнаружения людей на изображении в потоковом режиме / М.С. Тимошкин,

А.Н. Миронов, А.С. Леонтьев // Международный научно-исследовательский журнал.- 2022. - №6 (120). - URL: <https://research-journal.org/archive/6-120-2022-june/sravnenie-yolov5-i-fasterr-cnn-dlya-obnaruzheniya-lyudej-na-izobrazhenii-v-potokovom-rezhime> (дата обращения: 02.05.2024). - doi: 10.23670/IRJ.2022.120.6.020.

108. Тихомиров, П.В. Прогнозирование городских логистических систем пассажирских перевозок на основе искусственных нейронных сетей [Текст] / П.В. Тихомиров, В. В. Камынин, В.В. Сиваков, С.С. Сеницын, М.А. Процкая. – Брянск: ООО «Новый проект», 2019. – 158 с.

109. Тропченко Андрей Александрович, Тропченко Александр Ювенальевич Нейросетевые методы идентификации человека по изображению лица // Приборостроение. 2012. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrosetevye-metody-identifikatsii-cheloveka-po-izobrazheniyu-litsa> (дата обращения: 22.02.2024).

110. Трудовые ресурсы [Электронный ресурс] / URL: https://invest-orel.ru/articles-obl/kadrovyu_potentsial.

111. Турпищева Марина Семеновна, Нургалиев Есбол Русланович, Джахьяева Светлана Борисовна Исследование процессов перевозки пассажиров автомобильным транспортом // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2017. №1 (63). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-protsessov-perevozki-passazhirov-avtomobilnym-transportom> (дата обращения: 06.02.2024).

112. Управление процессами в транспортных логистических системах: учеб. пособие/В.М. Беляев, Л.Б. Миротин, А.Г. Некрасов, А.К. Покровский; под общ. ред. А.Г. Некрасова; МАДИ.-М.,2011.- 127 с.

113. Фадеев А.И., Фомин Е.В., Алхуссейни С. Определение предельно допустимого коэффициента использования вместимости городского пассажирского транспорта // Вестник СибАДИ. 2019. №3 (67). URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-predelno-dopustimogo-koefitsienta-ispolzovaniya-vmestimosti-gorodskogo-passazhirskogo-transporta> (дата обращения: 17.04.2024).

114. Фатеев Ю. Л. Определение пространственной ориентации объектов по сигналам радионавигационных систем ГЛОНАСС/GPS // Исследовано в России. 2004. №. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-prostranstvennoy-orientatsii-obektov-po-signalam-radionavigatsionnyh-sistem-glonass-gps> (дата обращения: 28.02.2024).

115. Филиппова, Р. В. Экономическая оценка издержек, связанных с временем передвижения городского населения : специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами – транспорт)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата Экономических наук / Филиппова Римма Владимировна ; ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» (ОАО «НИИАТ». – Москва, 2020. - 186 с. - Библиогр.: с. 158-172. - Место защиты: ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» - Текст : непосредственный.

116. Хабаров Валерий Иванович, Теселкин Александр Александрович, Косолапов Кирилл Павлович Планирование экспериментов для оценки матрицы транспортных корреспонденций // Доклады АН ВШ РФ. 2015. №3 (28). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/planirovanie-eksperimentov-dlya-otsenki-matritsy-transportnyh-korrespondentsiy> (дата обращения: 06.02.2024).

117. Шевцова, А. Г. Методология управления городскими транспортными потоками на основе обеспечения безопасности дорожного движения : специальность 2.9.5 «Эксплуатация автомобильного транспорта» : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Шевцова Анастасия Геннадьевна ; ФГБОУ ВО «Орловский государственный

университет имени И.С. Тургенева». – Орел, 2022. - 305 с. - Библиогр.: с. 252-279. - Место защиты: ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» - Текст : непосредственный.

118. Шевцова, А.Г. Методология управления городскими транспортными потоками на основе обеспечения безопасности дорожного движения: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 2.9.5. – Орел., 2022. – 43 с.

119. Шевцова, А.Г. Оценка влияния параметров автомобилей на значение потока насыщения / А.Г. Шевцова, А.Г. Бурлуцкая, А.А. Юнг // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2022. - № 1. – С. 126–134.

120. Шевцова, А.Г. Разработка методики адаптации модели регулируемого пересечения / И.А. Новиков, А.Г. Шевцова, А.А. Кравченко, А.Г. Бурлуцкая // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17. № 6 (76). – С. 726-735.

121. Якубович, С. П. Оценка регулярности движения наземного городского маршрутизированного транспорта. Материалы Международной научно-практической конференции «Автомобиле- и тракторостроение». В 2-х томах. 2019 / С. П. Якубович, В. Н. Седюкевич. Минск, 24 – 27 мая, 2019, Том 2. – С. 197 – 204.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Акты внедрения

«УТВЕРЖДАЮ»
 Начальник отдела ИТС
 МКУ «ОМЗ Орла»
 В. Павлов
 «31» _____ 2024 г.


АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования
 «Совершенствование управления процессами перевозки пассажиров в городских
 агломерациях на основе интеллектуальных транспортных систем»
 соискателя Семкина А.Н.

Мы нижеподписавшиеся, комиссия в составе:
 Заместитель начальника отдела ИТС Тарусина Т.А.
 Главный специалист отдела ИТС Холченков О.И.
 Главный специалист отдела ИТС Кухарев К.С.

Составили настоящий акт, согласно которому в результате выполнения диссертационного исследования соискателя Семкина А.Н. «Совершенствование управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях на основе интеллектуальных транспортных систем» были получены алгоритмы управления процессами перевозки пассажиров, способствующие повышению эффективности функционирования городского пассажирского транспорта общего пользования, которые были внедрены в интеллектуальную транспортную систему Орловской городской агломерации.

Председатель комиссии: _____ Тарусина Т.А.

Члены комиссии: _____ Холченков О.И.

_____ Кухарев К.С.

Продолжение приложения А



ЗАО «Единая Национальная Диспетчерская Система»
302040, Россия, г. Орёл, ул. Андрианова, д.1
ОГРН 1075742000102; ИНН 5751032157; КПП 575301001
Адрес: 302040, Россия, г. Орёл, ул. Андрианова, д.1
Тел.: +7 (4862) 49-53-53; сайт: ends-russia.ru
Почта: ends@ends-russia.ru

«Утверждаю»
Генеральный директор
ЗАО «Единая национальная диспетчерская система»


В.М. Игошин
«25» августа 2024 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы

Настоящим подтверждаем, что результаты диссертационной работы А.Н. Семкина «Совершенствование управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях на основе интеллектуальных транспортных систем» приняты к внедрению ЗАО «Единая Национальная Диспетчерская Система» в качестве алгоритмов мониторинга пассажирского транспорта общего пользования в городах Вологда и Орел.

Разработчики:

Д.т.н, профессор


А.Н. Новиков

Соискатель



А.Н. Семкин

Представители ЗАО «Единая Национальная Диспетчерская Система»:

Технический директор

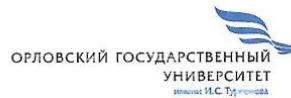

П.В. Савенков

Руководитель отдела ИТС


А.С. Бодров



Продолжение приложения А



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
 «ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И.С. ТУРГЕНЕВА»
 (ОГУ им. И.С.Тургенева)

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора по

учебно-методической деятельности

ФГБОУ ВО «Орловский государственный

университет имени И.С. Тургенева

Н.С. Лаушкина

09 2024 г.



АКТ

внедрения результатов диссертационного исследования в учебный процесс

Материалы диссертационного исследования соискателя Семкина А.Н. «Совершенствование управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях на основе интеллектуальных транспортных систем» используются в учебном процессе кафедры сервиса и ремонта машин для преподавания дисциплины «Информационные системы контроля и диспетчеризации на автомобильном транспорте» у студентов направления подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии» (направленность (профиль) «Интеллектуальные и информационные системы на транспорте»), а также дисциплины «Цифровые технологии в наземных транспортно-технологических средствах» специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» (специализация «Автомобильная техника в транспортных технологиях»).

Заведующий кафедрой
 сервиса и ремонта машин
 д.т.н., профессор

А.Н. Новиков



+7 (495) 746-51-65
 info@digitalagettransport.ru
 info@itsjournal.ru
 digitalagettransport.ru

«УТВЕРЖДАЮ»
 Исполнительный директор Ассоциации по
 развитию цифровых технологий транспорта
 «Цифровая Эра Транспорта»
 Ассоциация Д.Е. Ольховиков
 «22» «Июль» 2024 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Комиссия в составе Ольховикова Д.Е. – исполнительного директора, Маланичева В.Э. – руководителя Дирекции проектной деятельности и стратегического развития и Хановой К.А. – ведущего аналитика Дирекции экспертизы и научно-методического обеспечения развития ИТС, настоящим актом подтверждает внедрение результатов научно-исследовательской работы на тему: «Совершенствование управления процессами перевозки пассажиров в городских агломерациях на основе интеллектуальных транспортных систем» (автор: Семкин А.Н.) в учебный процесс Ассоциации, при обучении по программе повышения квалификации «Внедрение интеллектуальных транспортных систем в городских агломерациях. Базовый курс».

Председатель комиссии:

Д.Е. Ольховиков

Члены комиссии:

В.Э. Маланичев

К.А. Ханова

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(справочное)

Объекты интеллектуальной собственности

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020614909

**Мультисервисная платформа совместного использования
транспортных средств в городской среде
"НАВИГАТОР-С2020"**

Правообладатель: *Закрытое акционерное общество Группа компаний
"НАВИГАТОР" (RU)*

Автор: *Семкин Александр Николаевич (RU)*



Заявка № **2020613633**

Дата поступления **26 марта 2020 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **29 апреля 2020 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивалиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020614815

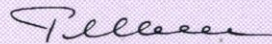
Единая платформа управления транспортной системой
НАВИГАТОР-ИТСПравообладатель: *Закрытое акционерное общество Группа компаний
"НАВИГАТОР" (RU)*Автор: *Семкин Александр Николаевич (RU)*

Заявка № 2020613881

Дата поступления 22 апреля 2020 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 25 апреля 2020 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 95152

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ТЕРМИНАЛЬНОЕ
УСТРОЙСТВО ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Патентообладатель(ли): *Закрытое акционерное общество Группа компаний "Навигатор" (RU)*

Автор(ы): *Семкин Александр Николаевич (RU), Богданов Алексей Анатольевич (RU), Шайдабеков Эдуард Османович (RU)*

Заявка № 2010105538

Приоритет полезной модели 16 февраля 2010 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 10 июня 2010 г.

Срок действия патента истекает 16 февраля 2020 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Симонов".

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 114200

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ТЕРМИНАЛЬНОЕ
УСТРОЙСТВО ТЕЛЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Патентообладатель(ли): *Закрытое акционерное общество Группа компаний "Навигатор" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011117745

Приоритет полезной модели 03 мая 2011 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 10 марта 2012 г.

Срок действия патента истекает 03 мая 2021 г.

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 125006

**БОРТОВОЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СИСТЕМЫ
СОПРОВОЖДЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НАЗЕМНЫМИ
ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ**

Патентообладатель(ли): *Закрытое акционерное общество Группа компаний "Навигатор" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012123506

Приоритет полезной модели **06 июня 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **20 февраля 2013 г.**

Срок действия патента истекает **06 июня 2022 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Б.П. Симонов

