

Общество с ограниченной ответственностью
«Строй Инвест Проект»



УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

В.В. Васютин

_____ 2015 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Комплексная схема организации дорожного движения Серебряно-Прудского муниципального района Московской области

по теме:

РАЗРАБОТКА ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

2 этап. Модуль 2

(промежуточный)

Руководитель темы

О.Н. Прохорова

Москва 2015

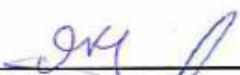
СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы, руководитель
отдела научно-исследовательских
разработок



О.Н. Прохорова

Заместитель руководителя отдела
научно-исследовательских
разработок




Я.В. Янко

Ведущий инженер-проектировщик



А.А. Куцаев

Инженер-проектировщик отдела
автоматизированных систем
управления дорожным движением



Н.М. Ларионов

Инженер-проектировщик отдела
автоматизированных систем
управления дорожным движением



И.С. Богданов

СПИСОК СОИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы, генеральный директор, к.т.н.	 _____	Логинов П.В. (ООО ПФП «Квантэкс»)
Директор по ИТ	 _____	Кузнецов С.Н. (ООО ПФП «Квантэкс»)
Начальник отделения ТПМ	 _____	Зацепин А.Н. (ООО ПФП «Квантэкс»)
Заместитель начальника отделения ТПМ, кандидат технических наук	 _____	Павлов В.А. (ООО ПФП «Квантэкс»)
Специалист	 _____	Горин Е.В. (ООО ПФП «Квантэкс»)
Специалист	 _____	Никитин Р.А. (ООО ПФП «Квантэкс»)
Специалист	 _____	Морозова Е.А. (ООО ПФП «Квантэкс»)
Нормоконтролер	 _____	Зацепин А.Н. (ООО ПФП «Квантэкс»)

РЕФЕРАТ

Отчет 117 с., 81 рис., 19 табл., 18 источников.

КОМПЛЕКСНАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ТРАНСПОРТНАЯ МОДЕЛЬ, КЛЮЧЕВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ УЗЛЫ, МИКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ.

Объектом исследования является транспортная система Серебряно-Прудского муниципального района Московской области.

Цель работы – разработка Комплексной схемы организации дорожного движения, в частности, Программы взаимоувязанных мероприятий, направленных на увеличение пропускной способности улично-дорожной сети на территории Серебряно-Прудского муниципального района, предупреждения заторовых ситуаций с учетом изменения транспортных потребностей района, снижения аварийности и негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

В работе использовалось программное обеспечение PTV Vision® VISUM 14 для разработки транспортной макромодели и PTV Vision® VISSIM 7 для разработки микромоделей ключевых узлов. В результате моделирования разработаны транспортные модели Серебряно-Прудского муниципального района на текущий период и среднесрочную перспективу, а также описаны предложения по оптимизации организации дорожного движения улично-дорожной сети муниципального образования на рассматриваемых транспортных узлах.

Выполнен анализ результатов имитационного моделирования на макро- и микроуровнях.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1 Разработка транспортной модели Серебряно-Прудского муниципального района	11
1.1 Методология разработки транспортных моделей.....	11
1.1.1 Проведение транспортного районирования на базе социально-экономической статистики.....	15
1.1.2 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов	17
1.1.3 Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения городского пассажирского транспорта.....	18
1.1.4 Разработка методики и создание модели расчета транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений на основе результатов опроса и других полученных данных.....	19
1.1.5 Расчёт перераспределения транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков, создание матрицы корреспонденции.....	20
1.1.6 Калибровка мультимодальной макромодели по интенсивности транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков	23
1.1.7 Разработка вариантов транспортной макромодели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования.....	24
1.2 Проведение транспортного районирования на базе социально-экономической статистики.....	26
1.3 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов.....	32
1.4 Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения городского пассажирского транспорта	37

1.5	Разработка методики и создание модели расчета транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений на основе результатов опроса и других полученных данных	39
1.6	Расчёт перераспределения транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков, создание матрицы корреспонденции.....	45
1.7	Калибровка мультимодальной макромодели по интенсивности транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков.	50
1.8	Расчет распределения выбросов вредных веществ по улично-дорожной сети.....	59
1.9	Разработка вариантов транспортной макромодели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования.....	65
1.9.1	Разработка варианта транспортной модели на среднесрочную перспективу (6-10 лет).....	65
2	Разработка модели ключевых транспортных узлов на территории Серебряно-Прудского муниципального района Московской области.....	68
2.1	Проведение транспортных обследований с целью установления параметров транспортных потоков в ключевых транспортных узлах	69
2.1.1	Организация транспортных обследований ключевых узлов Серебряно-Прудского муниципального района	69
2.1.2	Транспортное обследование пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта	71
2.1.3	Транспортное обследование пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина	75
2.1.4	Транспортное обследование пересечения улицы Советской и улицы Ленина	79

2.2 Разработка базовых микромоделей ключевых транспортных узлов на основании результатов проведенных транспортных обследований с возможностью компьютерной симуляции транспортных потоков	83
2.2.1 Методология разработки микромоделей ключевых транспортных узлов	83
2.2.2 Построение базовой микромодели пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта.....	86
2.2.3 Построение базовой микромодели пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина	93
2.2.4 Построение базовой микромодели пересечения улицы Советской и улицы Ленина	96
2.3 Расчет времени в пути, распределения средней скорости транспортного потока и длины заторов в моделируемых ключевых транспортных узлах	98
2.4 Расчет перераспределения транспортных потоков в ключевых транспортных узлах на основании планов развития улично-дорожной сети.....	108
2.5 Анализ полученных результатов с определением оптимального варианта организации дорожного движения в ключевых транспортных узлах	113
Заключение	115
Список использованных источников	116

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности работы транспорта и максимальное удовлетворение потребностей населения в перевозках достигается при рациональной организации дорожного движения. Рациональное функционирование организации дорожного движения способствует сокращению времени доставки пассажиров и грузов, повышению уровня безопасности дорожного движения и снижению негативного воздействия транспортных средств на окружающую среду.

В последние годы в Российской Федерации наблюдается лавинообразный рост уровня автомобилизации населения, при этом улично-дорожная сеть (УДС) развивается гораздо более скромными темпами.

Низкие темпы развития УДС обусловлены недостаточностью финансирования, поскольку проекты в данной сфере являются чрезвычайно капиталоемкими. Поэтому оптимизация схем организации дорожного движения становится одним из основных способов решения транспортных проблем, что обуславливает актуальность цели данного проекта.

Целью данного проекта является разработка Комплексной схемы организации дорожного движения (КСОДД), в частности, Программы взаимосвязанных мероприятий, направленных на увеличение пропускной способности улично-дорожной сети на территории Серебряно-Прудского муниципального района, предупреждения заторовых ситуаций с учетом изменения транспортных потребностей района, снижения аварийности и негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

Для достижения поставленной цели на втором этапе необходимо решить следующие задачи:

- провести транспортное районирование на базе социально-экономической статистики;
- ввести параметры УДС, транспортных инфраструктурных объектов;

- ввести маршрутную сеть, остановки и интервалы движения городского пассажирского транспорта;
- разработать методику и создать модель расчёта транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений на основе результатов опроса и других полученных данных;
- рассчитать перераспределение транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков, создать матрицу корреспонденций;
- откалибровать мультимодальную макромоделю по интенсивности транспортных (легкового и грузового транспорт) и пассажирских потоков;
- разработать варианты транспортной макромоделю прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования;
- провести транспортные обследования с целью установления параметров транспортных потоков в ключевых транспортных узлах;
- разработать базовые микромоделю ключевых транспортных узлов на основании результатов проведенных транспортных обследований с возможностью компьютерной симуляции транспортных потоков;
- произвести расчет перераспределения транспортных потоков в ключевых транспортных узлах на основании планов развития улично-дорожной сети;
- произвести расчет времени в пути, а также распределение средней скорости транспортного потока в моделируемых ключевых транспортных узлах;
- проанализировать полученные результаты с определением оптимального варианта организации дорожного движения в ключевых транспортных узлах.

Решение озвученных задач основывается на результатах сбора исходных данных, проведения транспортных замеров и анализа ситуации, полученных в рамках проведения работ I этапа [1].

Для решения задач второго этапа было проведено моделирование с использованием программного обеспечения мирового уровня PTV Vision® VISSIM и PTV Vision® VISUM.

Результаты решения задач второго этапа позволяют обоснованно подойти к формированию мероприятий по оптимизации схем организации дорожного движения в моделируемых узлах и УДС муниципального образования в целом.

Успешная реализация проекта позволит подойти к решению транспортных проблем Серебряно-Прудского муниципального района Московской области наиболее эффективным на настоящий момент образом – путем оптимизации схемы организации дорожного движения.

1 Разработка транспортной модели Серебряно-Прудского муниципального района

1.1 Методология разработки транспортных моделей

Транспортные модели представляют собой программный комплекс, состоящий из информационных и расчетных блоков. Информационные блоки составляют единую базу данных, предназначенную для хранения и обработки информации, необходимой для прогноза транспортных потоков. Расчетные блоки реализуют алгоритмы решения задач математического программирования, ориентированных на прогноз потребности в передвижениях и расчет реализующих ее транспортных потоков.

Алгоритм каждой из известных групп транспортных моделей в конечном итоге решает задачу о степени соответствия существующего транспортного спроса имеющемуся транспортному предложению. Исходя из этого и создание основы модели, и наполнение ее исходными данными можно разделить на два независимых друг от друга этапа – это создание транспортного предложения и создание (расчет) транспортного спроса [2].

Транспортное предложение включает в себя инфраструктуру систем транспорта, задействованных в транспортную модель. Основными системами транспорта в транспортных моделях выступают индивидуальный транспорт и городской пассажирский транспорт общего пользования.

Основными элементами транспортного предложения для системы индивидуального транспорта являются перегоны (участки улично-дорожной сети) и перекрестки [3].

Для системы общественного транспорта дополнительно к данным элементам добавляются маршрутная сеть, расписание движения и остановки.

Транспортный спрос включает в себя данные статистики: сведения о населении, о трудоспособном населении, о рабочих местах, о рабочих местах в сфере услуг, о количестве студентов и учебных местах.

Модель спроса, формируемая при создании транспортного спроса, включает в себя:

- слои спроса (группа транспортных корреспонденций источник-цель, например, дом-работа, работа-дом);
- сегменты спроса (агрегированные слои спроса);
- виды транспорта, представляющие собой те типы транспортных средств, которые используются в разрабатываемой модели.

Взаимодействие транспортного спроса и транспортного предложения осуществляется посредством матриц затрат, элементы которых характеризуют любые затраты, связанные с перемещениями между всеми транспортными районами области исследования и матриц корреспонденций. Для элемента матрицы корреспонденций индивидуального транспорта единицей измерения является «поездка автомобиля», для элемента матрицы корреспонденций общественного транспорта – «поездка людей».

Схематично структура основных составляющих прогнозной транспортной модели представлена на рисунке 1.

Любая математическая модель функционирования транспортной сети основывается на большом объеме исходных данных, получение которых вызывает серьезные затруднения. Это одна из основных трудностей на пути создания транспортных моделей. Сбор исходных данных представляет собой наиболее трудоемкий и продолжительный по времени этап при построении транспортных моделей [4].

Для создания модели транспортного спроса необходимы следующие виды исходных данных:

- статистические (численность населения и трудящегося населения, рабочие места);
- данные о функционировании транспортной системы (интенсивность транспортных и пассажирских потоков);
- данные о транспортной подвижности населения.

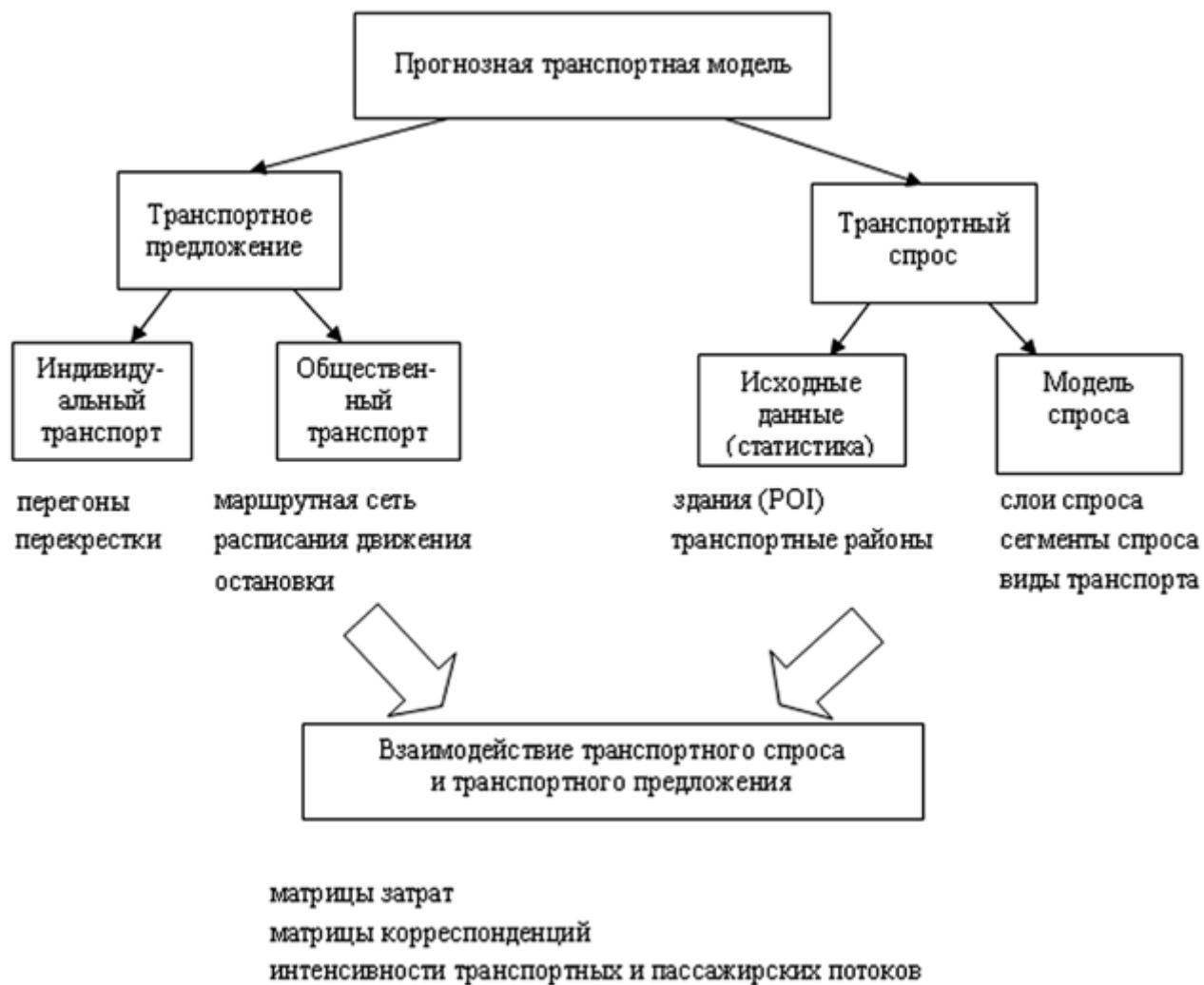


Рисунок 1 – Структура основных составляющих прогнозной транспортной модели

В виде схемы необходимые для создания транспортных моделей исходные данные представлены на рисунке 2.

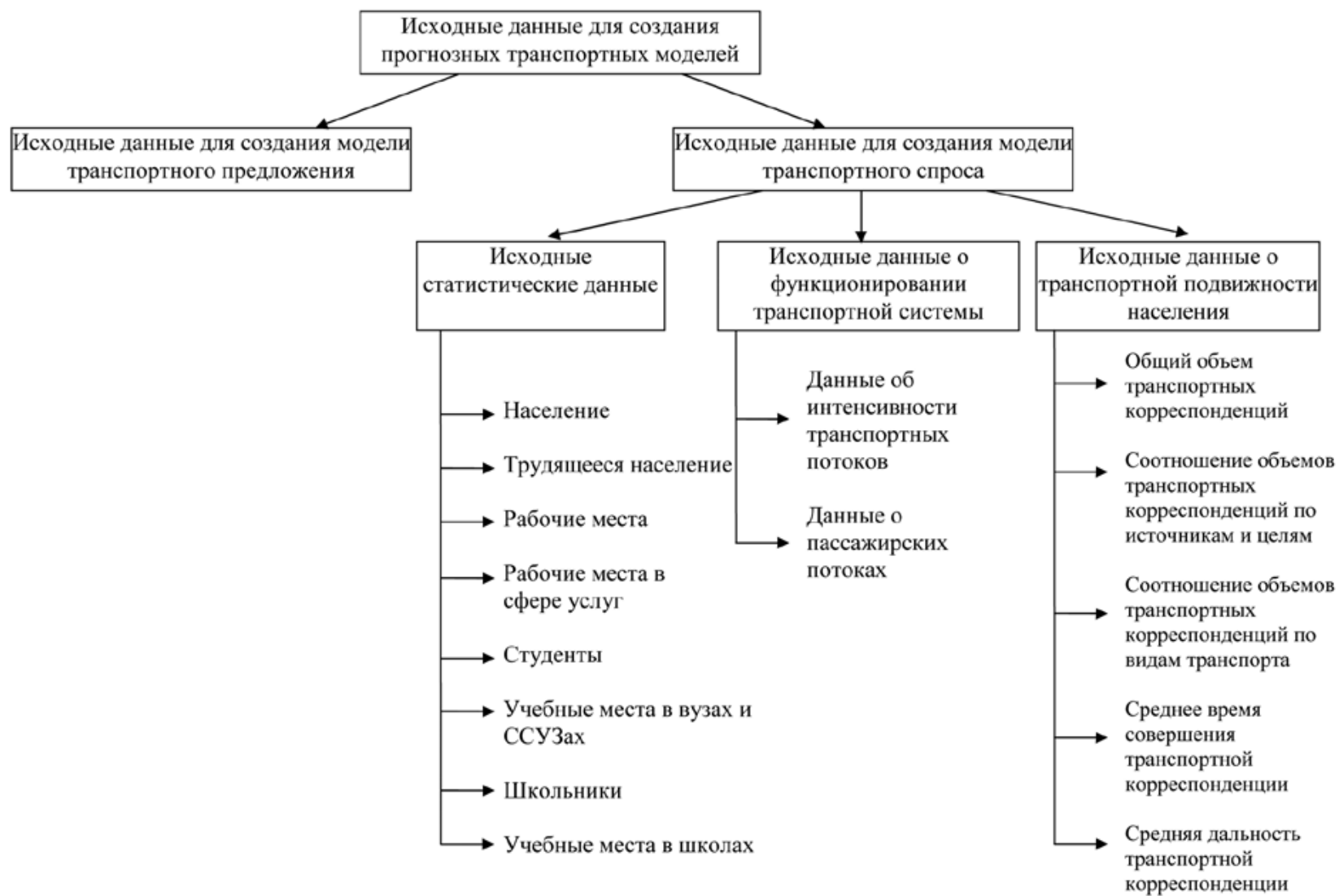


Рисунок 2 – Виды необходимых исходных данных для создания транспортных моделей

Объединение модели транспортного спроса и предложения с учетом районирования области моделирования представляет собой транспортную макромоделю, позволяющую перейти к расчетам спроса на транспорт и распределению транспорта по дорожной сети. Данные расчеты объединяются в повторяющуюся итеративную последовательность процедур, в ходе которой достигается «самосогласованное» состояние макромоделей.

После завершения расчета спроса на транспорт необходима калибровка транспортной модели. В процессе калибровки проводится серия вычислительных экспериментов с моделью, при этом меняются определенные характеристики или параметры модели с целью достижения максимально-возможного уровня соответствия расчетных значений интенсивности данным их натуральных обследований.

После создания транспортной модели и последующей её калибровки необходимо оценить качество полученной модели.

Основные показатели качества транспортных моделей:

- размер модели (статистика);
- детализация модели транспортного спроса;
- качество результатов расчёта модели.

Качество результатов расчёта модели определяется следующими показателями:

- количество мест подсчёта;
- коэффициент корреляции;
- средняя относительная ошибка;
- средняя абсолютная ошибка.

1.1.1 Проведение транспортного районирования на базе социально-экономической статистики

На первом этапе создания транспортной модели территория рассматриваемого города должна быть поделена на транспортные районы, которые представляют собой пространственно-ограниченные области,

являющиеся источниками и целями транспортных перемещений. Разделение моделируемой области на транспортные районы проводится на основе чертежа генерального плана с использованием картографических планов, спутниковых снимков и дорожных план-схем территории.

Транспортные районы выделяются в соответствии с функциональным назначением каждого района в социально-экономической структуре города (на базе социально-экономической статистики), а также с учетом распределения дорожной сети.

Также в процессе районирования проводится процедура определения размера и границы области моделирования и определения кордонных районов, расположенных на границе моделируемой пространственной области и аккумулирующих все перемещения между ней и «внешним миром». Под областью моделирования понимается область исследования, замкнутая контуром моделирования. Под контуром моделирования понимается географическое пространство, занимаемое моделируемым объектом, имеющим следующие характеристики:

- протяженность территории;
- границы;
- географическое положение.

Контур объекта моделирования делится на составные части в соответствии с административно-территориальным делением рассматриваемой территории. Сюда могут входить такие объекты как округ, район, квартал.

К границам области моделирования тяготеют транспортные потоки других областей. На основе анализа потоков из других областей, выполненного по замерам состава и интенсивности ТП, определяются кордонные точки на дорожной сети, которые оказывают существенное влияние на состав потока в области исследования. На таких границах моделирования в направлении соседних с ним областей организуются кордонные районы.

При задании границ транспортных районов рекомендуется соблюдать следующие принципы [5]:

- использование линий естественных и искусственных преград (реки, линии железных дорог и т.д.);
- соблюдение административного районирования территории;
- учет функционального зонирования территории города;
- сохранение сложившихся кварталов застройки;
- недопущение образования транспортных районов вытянутой конфигурации.

Определение совокупности транспортных районов исследуемого города и его кордонных районов позволит перейти к построению моделей транспортного спроса и предложения.

1.1.2 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов

Транспортная сеть является физическим носителем всех перемещений, имеющих место на территории города. Существующее состояние транспортной сети описывается как локальными особенностями ее геометрии, так и агрегированными количественными показателями (суммарная длина дорожной сети, удельная длина дорожной сети на человека, плотность дорожной сети и т. д.). Совокупность данных о текущем состоянии транспортной сети города, включающая значения параметров состояния автомобильных дорог, информацию о структуре подвижного состава транспортных средств, посредством которых осуществляются перевозки в сети, расписаниях движения общественного транспорта и режимах регулирования движения в узловых пунктах сети, формирует транспортное предложение. Транспортное предложение определяет границы возможностей роста мобильности населения города, сокращения времени грузоперевозок, повышения общего уровня управляемости транспортных потоков. Основой модели транспортного предложения является базисный граф [4, 6].

Вершины графа представляют собой узлы транспортной сети, ребра – направленные отрезки дорог, ячейки – транспортные районы. Каждому элементу сети сопоставляется ряд функциональных характеристик.

Базовым элементом транспортных моделей являются картографические основы, к которым осуществляется пространственная привязка модели улично-дорожной сети. Для транспортной макромодели в качестве графической основы выбирается план-схема, предоставленная в сети Интернет различными картографическими сервисами, такими как OpenStreetMap и Wikimapia.

1.1.3 Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения городского пассажирского транспорта

Городской пассажирский транспорт общего пользования в транспортных моделях представляет собой единую систему, формально не разделяемую на транспортные средства и транспортную инфраструктуру.

Это существенно упрощает процесс создания модели транспортного спроса, однако такой подход требует принятия ряда допущений.

При моделировании городского пассажирского транспорта общего пользования допущений принимаются следующие допущения:

- движение подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования выполняется строго по расписанию;
- единицы подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования не взаимодействуют на сети друг с другом;
- каждая единица подвижного состава городского пассажирского транспорта общего пользования имеет бесконечную вместимость.

Для системы городского пассажирского транспорта общего пользования транспортное предложение также состоит из узлов, отрезков, примыканий (точек доступа в систему), а кроме того появляются новые элементы: маршрутная сеть, расписания движения и остановки.

Маршрутную сеть общественного транспорта можно представить в виде графа, включающего в себя остановки, размер которых зависит от частоты обслуживания остановки (вершины графа), и маршрутов (ребра графов).

Такое схематическое изображение маршрутной сети позволяет визуально оценить связность маршрутной сети, а также степень дублирования маршрутами друг друга [2, 7].

1.1.4 Разработка методики и создание модели расчета транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений на основе результатов опроса и других полученных данных

Для того чтобы создать модельное описание состава и структуры транспортных потоков, порождающих нагрузку на дорожную сеть города, необходима разработка методики и создание модели расчёта транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений.

Данная методика позволит отобразить в модели данные обо всех видах транспорта, посредством которых осуществляются перевозки на территории моделируемого района.

Моделирование различных видов транспорта осуществляется при помощи специальных модельных объектов – систем транспорта. Системы транспорта объединяются в группы, которые являются сегментами транспортного спроса. Через сегменты спроса системы транспорта связываются с матрицами корреспонденций.

Во время одного перемещения может быть изменена система транспорта, например, после пересадки в общественном транспорте. Сегмент спроса является определяющим для расчета спроса.

Каждый сегмент спроса имеет одну матрицу корреспонденций и может состоять из нескольких систем транспорта. Учитывая взаимосвязь между общественным транспортом и индивидуальным, необходимо, чтобы оба эти типа транспорта были интегрированы в единую модель.

В качестве исходных данных для расчета спроса на транспорт используются следующие данные по городу:

- численность населения;
- численность рабочих мест;
- численность населения исследуемого района (населенного пункта).

В рамках создания транспортной модели осуществляется привязка населенных пунктов к транспортным районам, что позволяет оценить потенциальные исходящие транспортные и пассажирские потоки.

В итоге расчет модели спроса находит отражение в матрицах корреспонденций по сегментам транспорта.

1.1.5 Расчёт перераспределения транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков, создание матрицы корреспонденции

В основе алгоритма расчета матриц корреспонденций лежит гравитационная модель:

$$F_{ij} = k \cdot Q_i \cdot Z_j \cdot P_{ij}, \quad (1)$$

где F_{ij} – количество корреспонденций из района i в район j ;

k – коэффициент автомобилизации;

Q_i – суммарный объем отправления из района i ;

Z_j – суммарный объем прибытия в район j ;

P_{ij} – функция тяготения между районами i и j .

Матрицы корреспонденций возможно получить также с использованием специальных опросов. Количество опросов зависит от размеров моделируемой области и количества населения моделируемого города. Построенные по любой из приведенных методик матрицы корреспонденций в любом случае дают только первое приближение, которое уточняется в дальнейшем на этапе калибровки транспортной модели.

После того как получены матрицы корреспонденций, и они разделены на виды транспорта, которыми будут реализованы, необходимо провести перераспределение полученных матриц корреспонденций по транспортному

предложению для выбора того или иного пути реализации этих корреспонденций. В результате выполнения процедуры перераспределения происходит распределение суммарной матрицы корреспонденций по графу сети в виде интенсивностей транспортных или пассажирских потоков.

В сложившейся мировой практике существует так называемый принцип равновесных потоков. Из этого принципа следует: затраты времени на поездку зависят от величин транспортных потоков на элементах УДС, следовательно, водители выбирают маршруты движения с учетом этих затрат.

Данный подход позволяет комплексно оценить все особенности существующей транспортной сети, а также учесть задержки в движении, связанные с уровнем существующей загрузки элементов УДС.

Перераспределение помогает рассчитывать:

- нагрузку объектов сети;
- параметры для оценки качества соединения между транспортными районами.

При перераспределении моделируются пассажирские поездки. Пользователь ИТ выбирает маршрут, т.е. серию отрезков, которые оказываются наиболее удобными. Пассажир ОТ не выбирает маршрут для своей поездки, он выбирает время отправления по расписанию, т.е. таким образом он ищет возможность достижения цели поездки.

Процедура перераспределения основывается на поиске алгоритмов, которые определяют маршруты или соединения между источником и целью. Поиск процедуры следует за выбором процедуры, который распределяет спрос отношений источник–цель на маршруты/соединения. Маршруты/соединения несут необходимую информацию для расчета параметров, таких как время, расстояние и число пересадок.

Перераспределение происходит исходя из временных выгод или выгод в пробеге автомобиля или времени поездки в общественном транспорте. Чем короче и менее нагружен путь между двумя районами, тем больше

вероятность того, что по нему поедут автомобили при реализации своих транспортных потребностей.

Наиболее часто используют три процедуры расчета перераспределения транспортного спроса [8]:

- процедура последовательного перераспределения – делит матрицу корреспонденций в процентном отношении на несколько частичных матриц. Корреспонденции частичных матриц постепенно перераспределяются на сеть. При этом для поиска путей учитывается сопротивление, которое выводится из нагрузки предыдущего шага.

- процедура равновесного перераспределения – разделяет спрос в соответствии первому принципу Вардропа: «Каждый отдельный участник транспортного движения выбирает свой маршрут так, что продолжительность поездки на всех альтернативных путях в конечном счете равна и каждая смена на другой путь увеличила бы личное время в пути». Исходя из последовательного перераспределения потоков как начального решения создается равновесное состояние в многоступенчатой итерации. Во внутреннем шаге итерации пути одной корреспонденции перемещением транспортных средств приводятся в равновесие. В наружной итерации проверяется, есть ли при новом актуальном состоянии сети новые пути с меньшим сопротивлением;

- обучающая процедура – отображает «учебный процесс» участников транспортного движения во время перемещения по сети. Исходя из принципа «всё или ничего», водители учитывают информацию последней поездки для нового поиска путей.

Для перераспределения пассажиропотока общественного транспорта существует три процедуры [7]:

- по системе транспорта - перераспределение происходит без учета маршрутов и расписаний по всем участкам сети, где допущена данная система транспорта, т.е. по всем участкам сети, где допущено движение той или иной системы общественного транспорта;

- по интервалам - перераспределение происходит строго в соответствии со средним интервалом движения, заданным для каждого маршрута или рассчитанным из расписания движения;

- по расписанию - перераспределение происходит строго в соответствии с расписанием.

1.1.6 Калибровка мультимодальной макромоделей по интенсивности транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков

Мерой адекватности транспортной модели является максимальная близость результатов, полученных на основе моделирования, и данных, собранных в результате проведённых обследований интенсивности транспортных потоков. Для этого проводится калибровка мультимодальной макромоделей по интенсивности транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков.

Для того чтобы произвести процедуру калибровки созданной транспортной модели города, необходимо сравнить рассчитанные значения модельных параметров интенсивности движения ТП с натурными данными. Показателем корректности данных служит корреляция этих значений.

После того как получена первичная оценка качества модели, проводится калибровка модели транспортного спроса. Далее необходимо перейти к калибровке параметров транспортного предложения. Параметрами калибровки моделей являются:

- данные структуры пространственного развития (степени создания и притяжения);

- функции оценки вероятности совершения поездки – параметры и вид функций, оценивающих вероятность поездки в зависимости от длины и времени в пути в моделях распределения и разделения транспортного движения;

- элементы главных диагоналей матриц затрат в которых изменяется ограничение перемещений внутри района;

- скорость и пропускная способность на отрезках;
- функции ограничения пропускной способности: параметры и вид функций, показывающих зависимость задержек в пути от загрузки дороги;
- местоположение привязки примыканий к сети;
- доли входящих/выходящих потоков, приходящихся на каждое примыкание, в общем потоке транспортного района-источника/района-цели.

После калибровки транспортной модели по приведенным параметрам, необходимо вновь провести оценку соответствия рассчитанных значений модельных параметров интенсивности движения ТП с натурными данными.

По достижении высокой корреляции (этот параметр варьируется от 0,6 до 1) [2] можно использовать полученную макромоделю для оценки прогнозных вариантов развития транспортной системы исследуемого района.

1.1.7 Разработка вариантов транспортной макромоделю прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования

Основное назначение прогнозных транспортных моделей – это возможность оценить управленческие решения, касающиеся транспортных систем с точки зрения качества функционирования данных транспортных систем. Для оценки каждого управленческого решения формируется свой сценарий. Каждый сценарий включает в себя изменения, связанные с развитием исследуемой транспортной системы и может содержать изменения в транспортном спросе и транспортном предложении.

Для формулировки каждого из сценариев с целью их последующего моделирования необходимо определить возможные типы, характеристики и особенности модификации транспортных систем.

Транспортные системы по типу развития подразделяются на:

- развивающиеся во времени;
- развивающиеся в пространстве.

Развитие транспортной системы во времени включает в себя, как правило, изменение параметров транспортной подвижности населения. Общемировые тенденции говорят о том, что со временем транспортная подвижность населения и уровень автомобилизации увеличиваются [2].

Развитие транспортной системы в пространстве – это развитие, прежде всего, территориальное, например, ввод новых микрорайонов, развитие улично-дорожной сети, изменение расселения жителей и дислокации мест приложения труда на существующих территориях

Условно изменения пространственного развития можно разбить на две группы в зависимости от планируемых изменений:

- развитие транспортного спроса;
- развитие транспортного предложения.

Изменения для транспортного спроса включают в себя сценарии, предусматривающие ввод новых объектов притяжения (жилые, коммерческие, промышленные объекты) корреспонденций, переселение жителей из района в район и т.п. При этом важно отметить, что общий объем транспортного спроса при прогнозировании может изменяться как в большую, так и в меньшую сторону.

Изменения в части транспортного предложения включают в себя, в первую очередь, сценарии, связанные с изменениями в организации дорожного движения, строительством новых участков УДС, изменениями расписания движения или маршрутной сети общественного транспорта, организацией новых остановочных пунктов общественного транспорта.

Моделирование по временному периоду подразделяется на следующие виды:

- краткосрочное прогнозирование;
- долгосрочное прогнозирование.

При краткосрочном прогнозировании формируются сценарии, которые включают изменения лишь в транспортном предложении. При этом при

расчете транспортных потоков производится только процедура перераспределения по сети существующей матрицы корреспонденций.

В связи с тем, что в долгосрочном прогнозировании используется временной период от 5 лет и выше, при разработке сценария требуется в обязательном порядке учитывать изменение транспортной подвижности населения. Следовательно, при долгосрочном прогнозировании важно провести анализ планируемых изменений и в транспортном спросе, и транспортном предложении.

1.2 Проведение транспортного районирования на базе социально-экономической статистики

Сбор информации о численности жителей Серебряно-Прудского муниципального района Московской области, количестве работающих на средних и крупных предприятиях осуществлялся с помощью Администрации Серебряно-Прудского муниципального района [9, 10], а также независимых открытых интернет-источников [11, 12]. Полученные данные были использованы для проведения транспортного районирования исследуемого региона.

Для более детального моделирования в программе PTV Vision® VISUM первоначально на картографической основе OpenStreetMap были заданы границы Серебряно-Прудского муниципального района (рисунок 3).

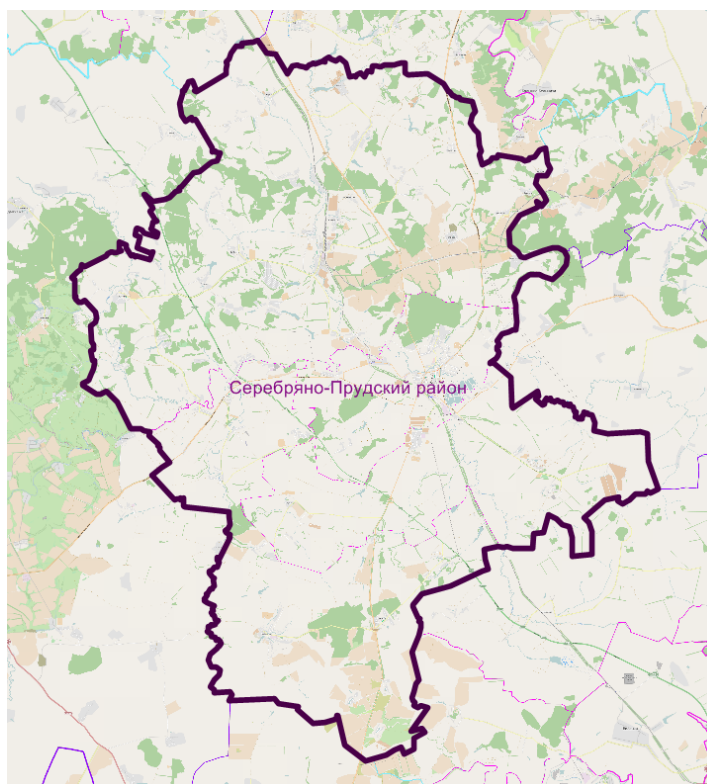


Рисунок 3 – Границы Серебряно-Прудского муниципального района

Далее территория исследуемого муниципального образования была поделена на границы одного городского и трёх сельских поселений (рисунок 4):

- городское поселение Серебряные Пруды;
- сельское поселение Мочильское;
- сельское поселение Узуновское;
- сельское поселение Успенское.

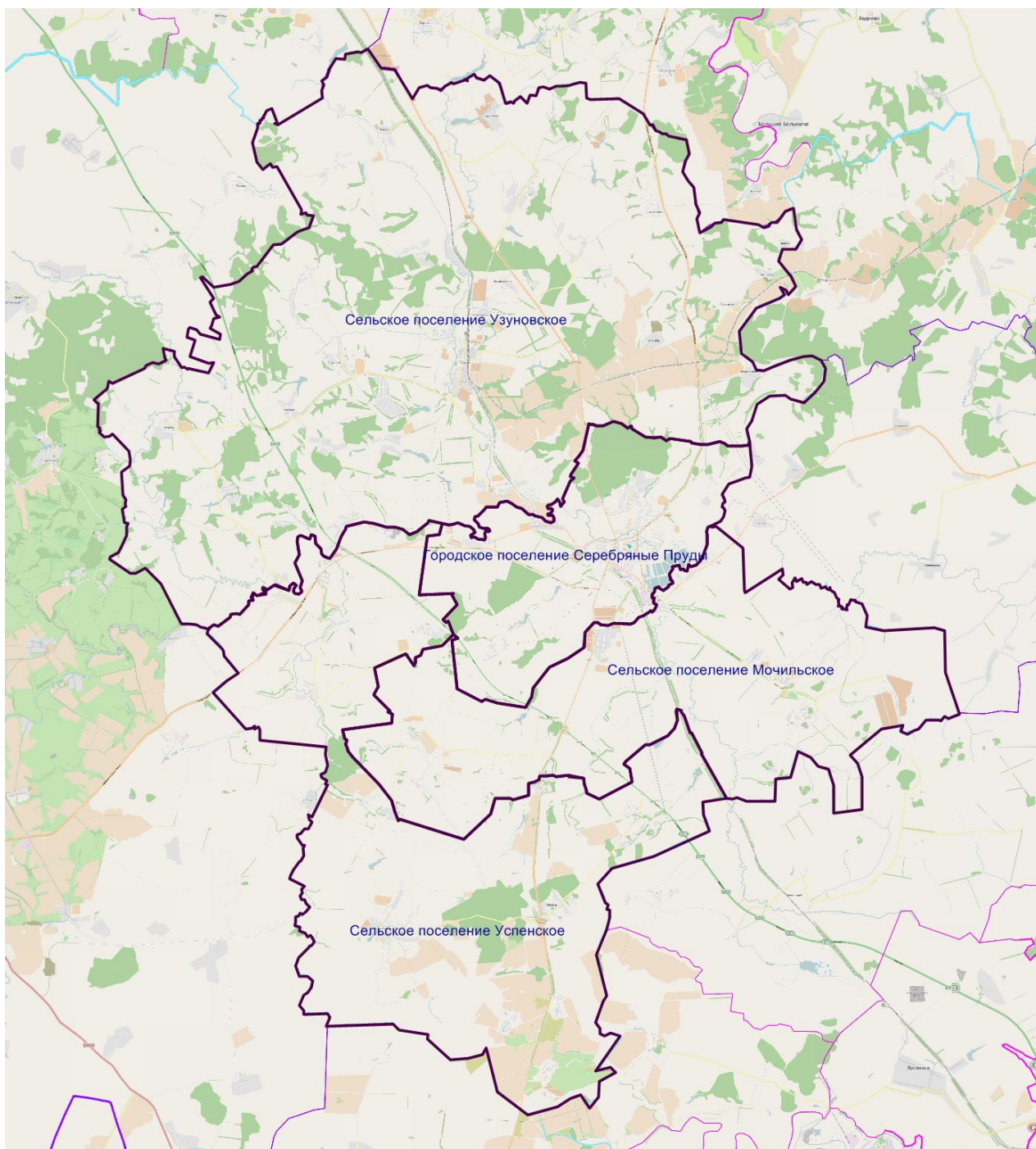


Рисунок 4 – Административно-территориальное деление Серебряно-Прудского муниципального района

После этого административно-территориальный состав был распределён на 40 районов с учётом функционального зонирования (рисунок 5).

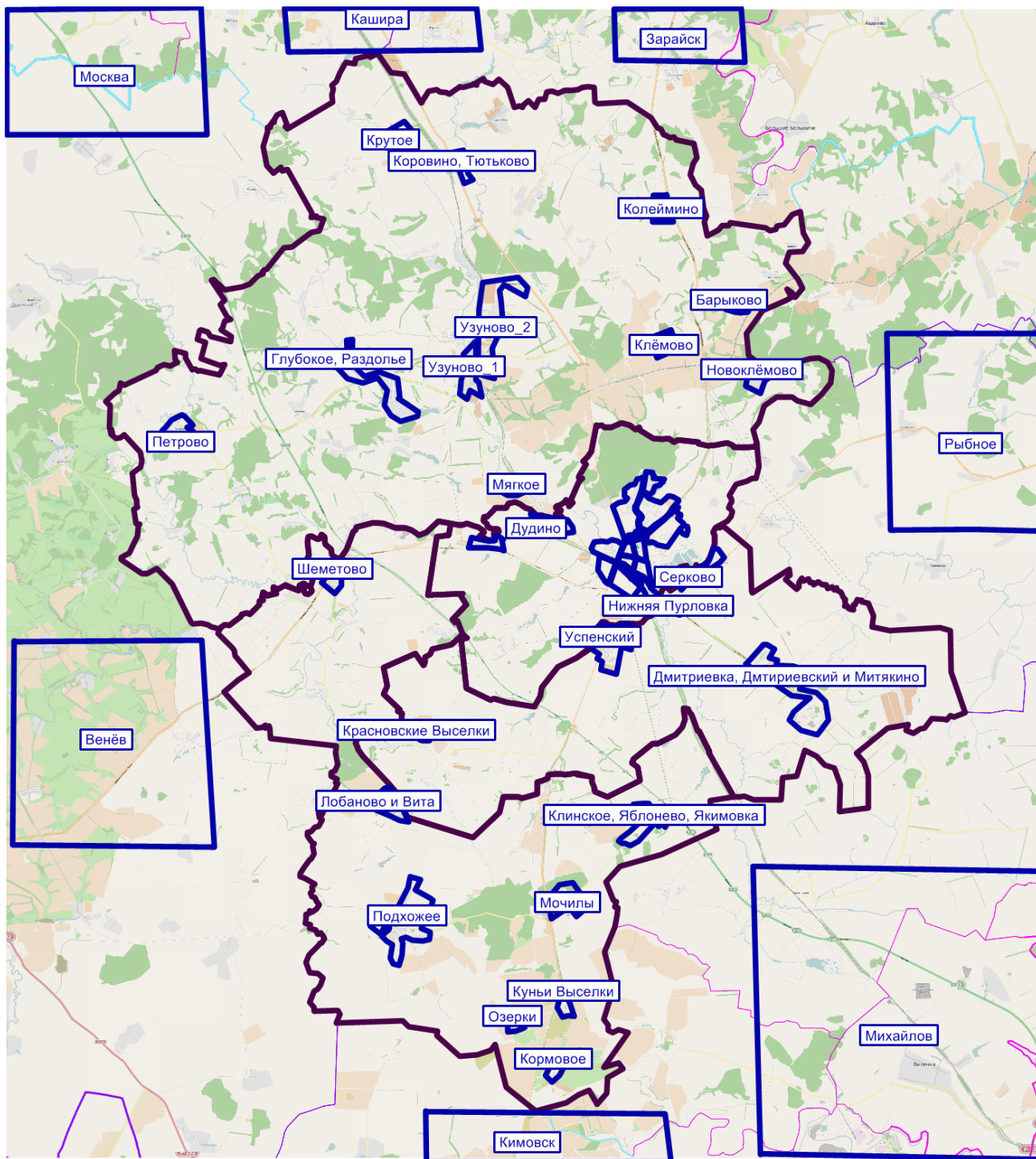


Рисунок 5 – Районирование Серебряно-Прудского муниципального района

При районировании территории в программе были учтены кордонные районы на транзитных автомобильных дорогах, соседствующие с Серебряно-Прудским районом, в частности:

- Москва;
- Кашира;
- Зарайск;
- Рыбное;
- Михайлов;
- Кимовск;
- Венёв.

Сельское поселение Мочильское было представлено следующими сёлами, деревнями и садоводческими товариществами:

- Мочилы;
- Подхожее;
- Озерки;
- Куньи Выселки;
- Кормовое;
- Лобаново и Вита;
- Шеметово;
- Клинское;
- Яблонево;
- Якимовка.

В Сельское поселение Узуновское были включены следующие населённые пункты:

- Новоклёмово;
- Клёмово;
- Барыково;
- Колеймино;
- Узуново;
- Глубокое;

- Раздолье;
- Петрово;
- Крутое;
- Коровино;
- Тютьково.

Административный центр село Узуново поделён на две области, так как через него проходят железнодорожные пути (в программе данные области обозначены как Узуново_1 и Узуново_2).

Сельское поселение Успенское разбито на следующие населённые пункты:

- Мягкое;
- Дмитриевка;
- Дмтириевский;
- Митякино;
- Нижняя Пурловка;
- Серково;
- Успенский;
- Красновские Выселки.

Городское поселение Серебряные Пруды представлено четырнадцатью районами, селом Дудино и деревней Благодать. Шестнадцать указанных районов пронумерованы и выделены красным цветом на рисунке 6.

Основная масса проживающих сосредоточена в городском поселении Серебряные Пруды, селе Узуново и посёлке Успенском.

Крупнейшими по числу рабочих мест предприятиями являются:

- СПК «Клемово»;
- Управление по образованию муниципального района;
- МУЗ «ЦРБ».

Суммарное количество районов, представленных в транспортной модели Серебряно-Прудского муниципального района, равняется 47.

Проведённое районирование позволило перейти к построению модели транспортного предложения.

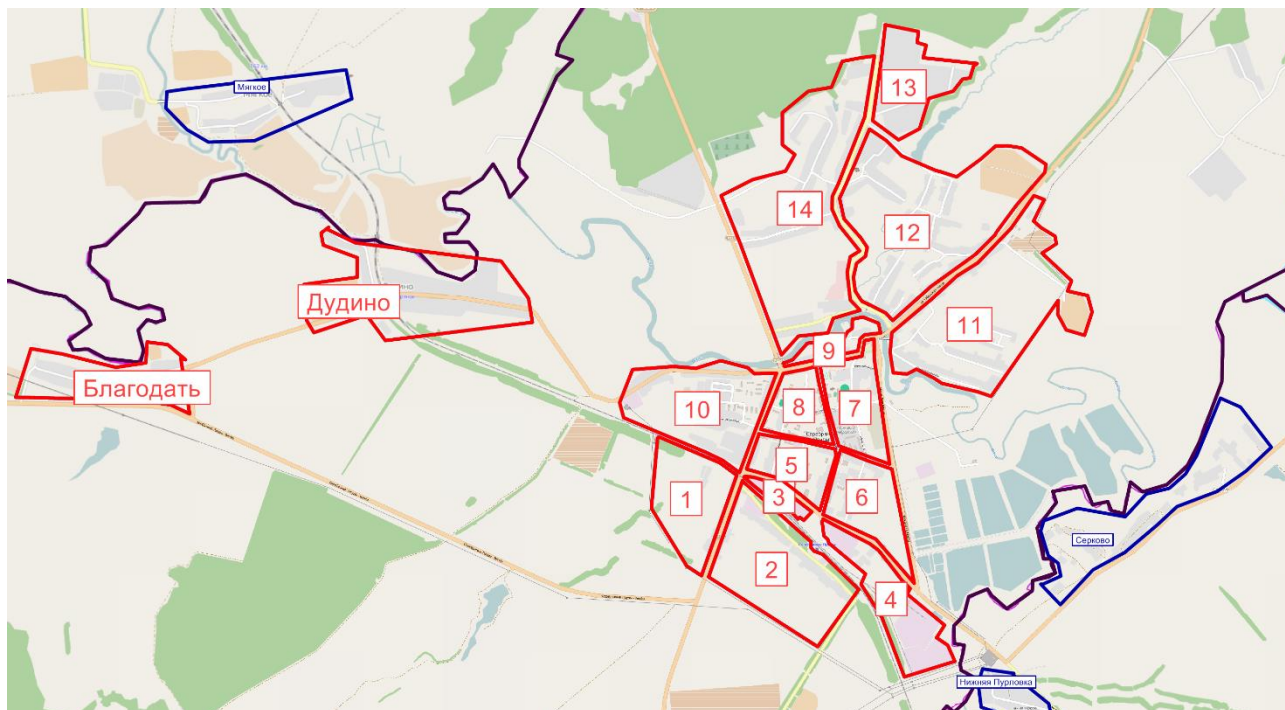


Рисунок 6 – Районирование городского поселения Серебряные Пруды

1.3 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов

На этапе разработки транспортной модели были сконфигурированы все дорожные отрезки с точки зрения соответствия реальному расположению и количеству дорожных полос улиц города. В дальнейшем это значение использовалось для определения максимальной пропускной способности отдельных участков улиц. При описании узлов (перекрестков) модели учитывались разрешенные в реальной обстановке повороты. Улицы с односторонним движением также были учтены в модели. Состояние дорожного полотна на отдельных участках сети учитывалось реалистичным образом за счет ограничения максимально возможной скорости при движении на отрезках, требующих ремонта полотна. Перекрестки с круговым движением также описывались несколькими отрезками и узлами, которые

соединялись друг с другом особым образом, учитывая реальные транспортные ситуации.

Для направленных отрезков, с помощью которых в модели отображается часть дороги с движением в одну сторону были заданы следующие характеристики:

- длина, км;
- максимальная допустимая скорость, км/ч;
- имя (название улицы);
- пропускная способность, авт/час;
- количество полос движения в каждом направлении;
- список видов транспорта, движение которых возможно по данной

дороге.

Пример редактирования необходимых параметров отрезка, характеризующего улицу Октябрьскую представлен на рисунке 7.

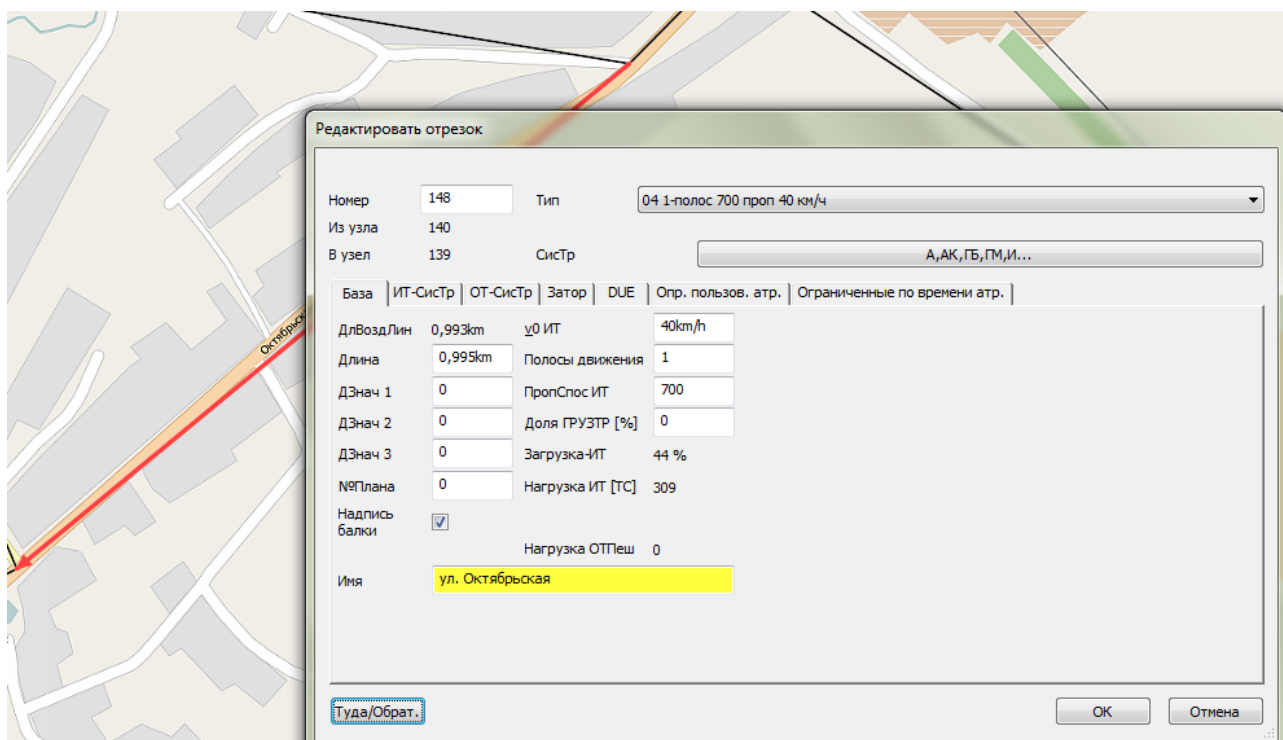


Рисунок 7 – Редактирование параметров отрезка

Примыкания индивидуального транспорта соединяют центр тяжести транспортного района с дворовыми выездами. Пункты остановки в транспортной модели созданы в узлах, поэтому доступ к остановкам осуществляется непосредственно в этих узлах. Пример расстановки примыканий индивидуального и общественного транспорта приведен на рисунке 8.

На примыканиях, которые соединяются с узлами доступа к пунктам остановки, открыто движение пешеходов, для них задано время движения, исходя из скорости 4 км/ч (рисунок 9). По этим же примыканиям открыто и движение индивидуального транспорта.

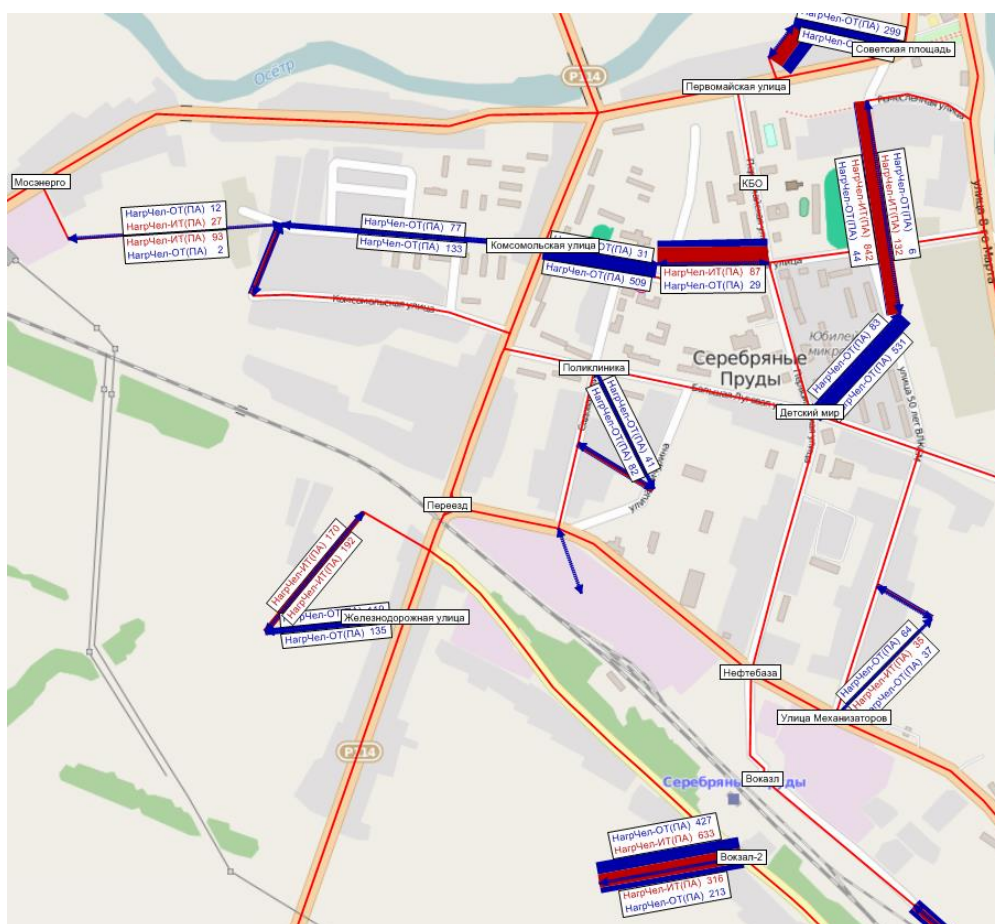


Рисунок 8 – Примыкания в транспортной модели Серебряно-Прудского муниципального района

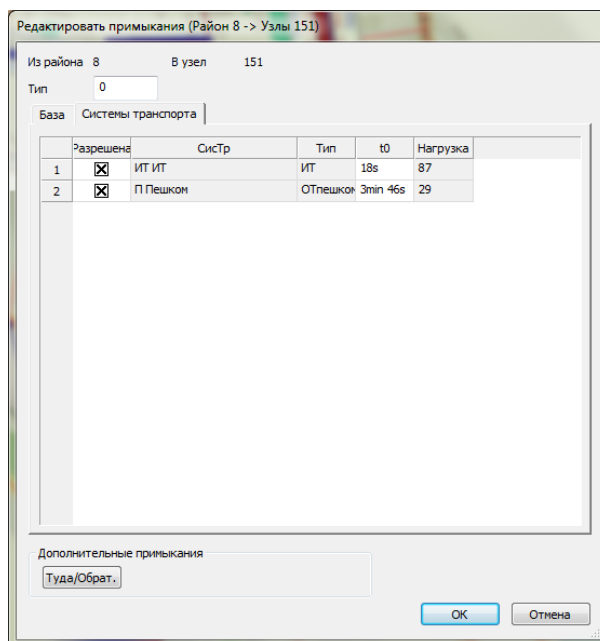


Рисунок 9 – Параметры примыканий

На рисунке 10 приведена УДС Серебряно-Прудского муниципального района с введёнными узлами и отрезками, используемая при разработке транспортной модели.

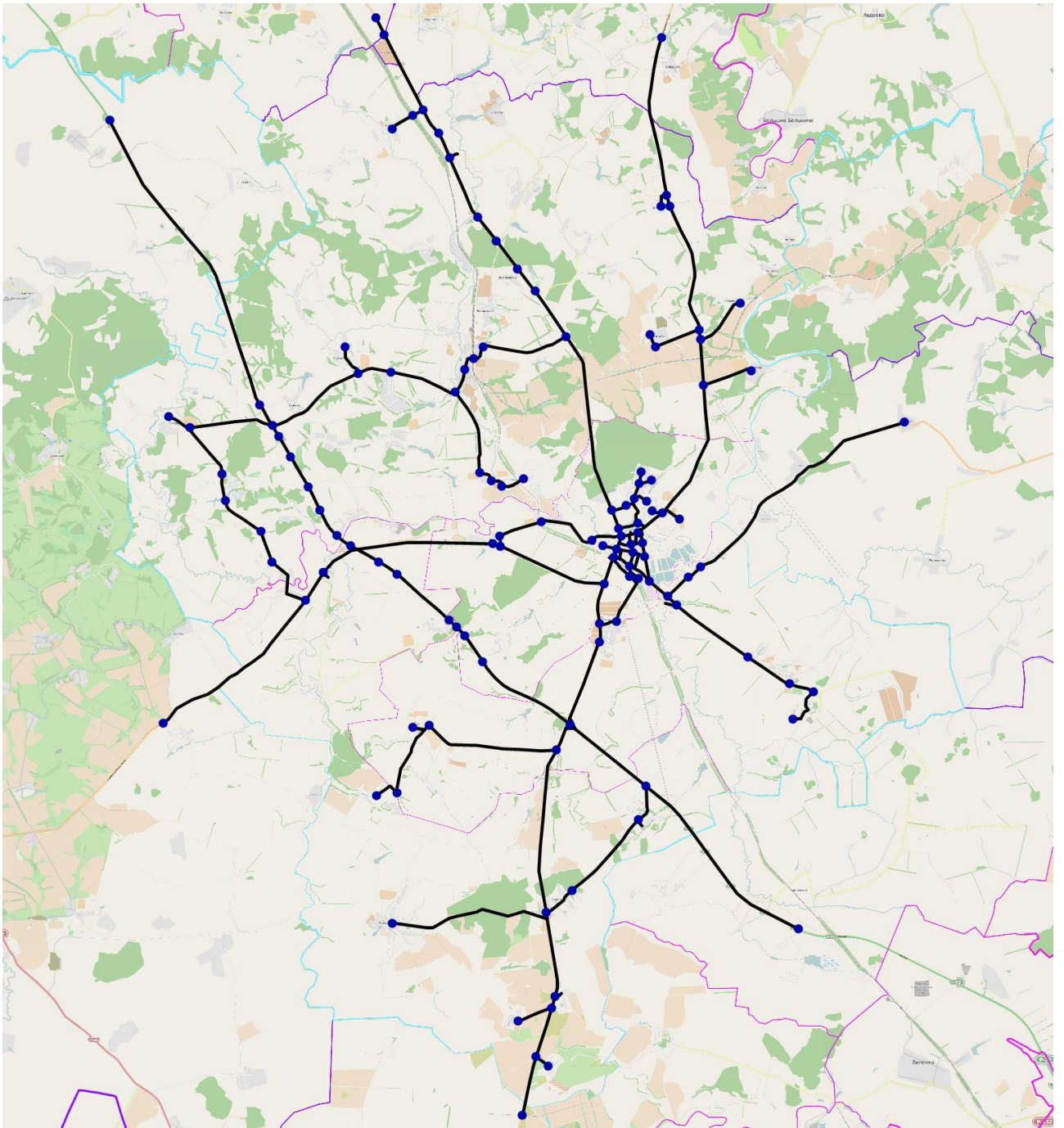


Рисунок 10 – Улично-дорожная сеть Серебряно-Прудского муниципального района

Полученная транспортная сеть имеет следующие параметры:

- количество узлов дорожной сети - 196;
- количество участков дорожной сети – 448;
- количество примыканий – 124.

1.4 Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения городского пассажирского транспорта

В качестве исходной информации по городскому пассажирскому транспорту использовались официальные данные Администрации Серебряно-Прудского муниципального района, а также сведения, которые доступны в сети Интернет. Маршрутная сеть анализируемого муниципального образования включает в себя 10 маршрутов, формируемые автобусами №1, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 36, 38, 40, трассировки которых представлены на рисунке 11.

Концентрация остановочных пунктов в городском поселении Серебряные Пруды наиболее высока в сравнении с другими населёнными пунктами модели, поэтому трассировки маршрутов городского поселения показаны на отдельном рисунке 12.

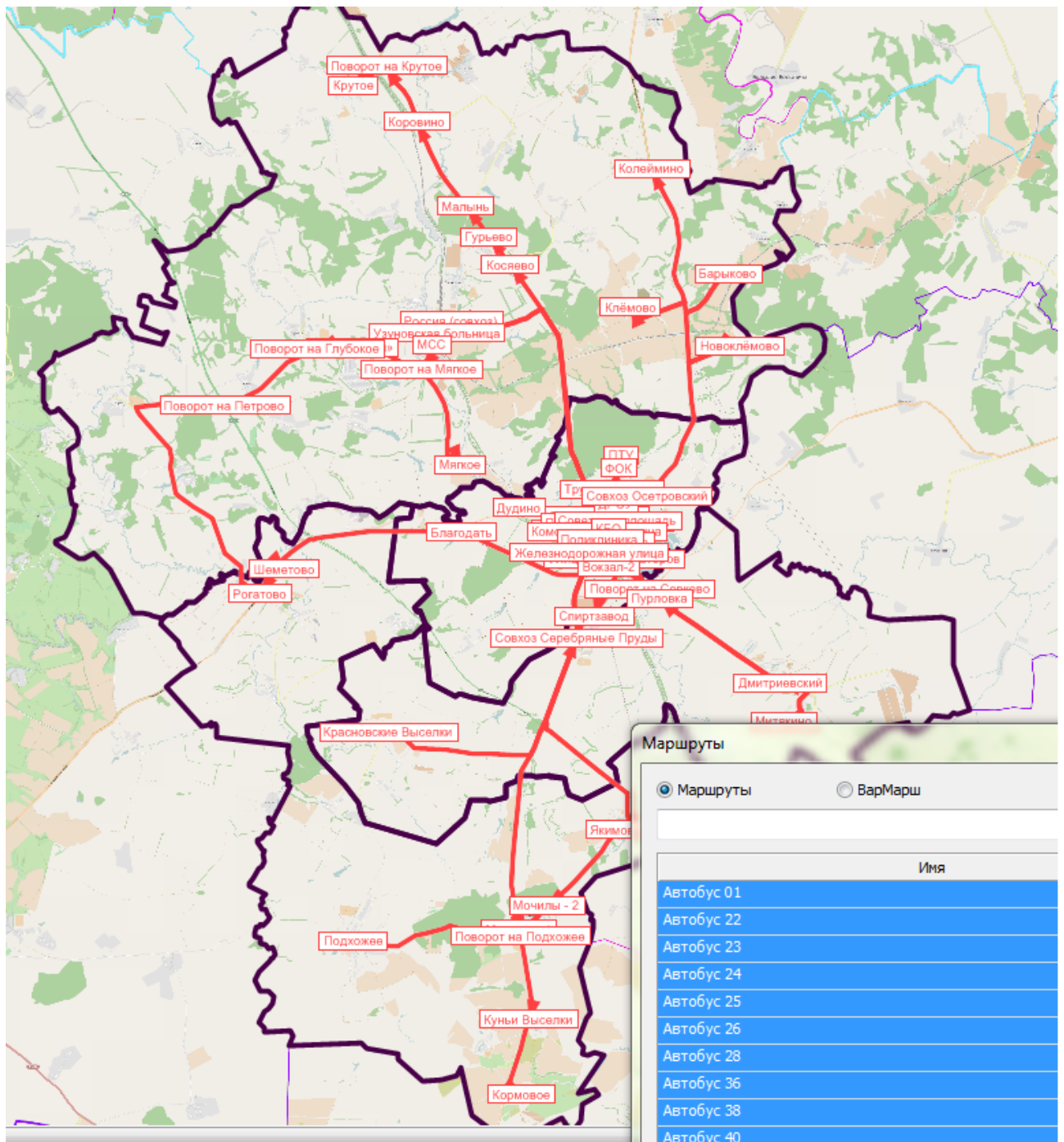


Рисунок 11 – Трассировки маршрутов пассажирского транспорта и остановки Серебряно-Прудского муниципального района

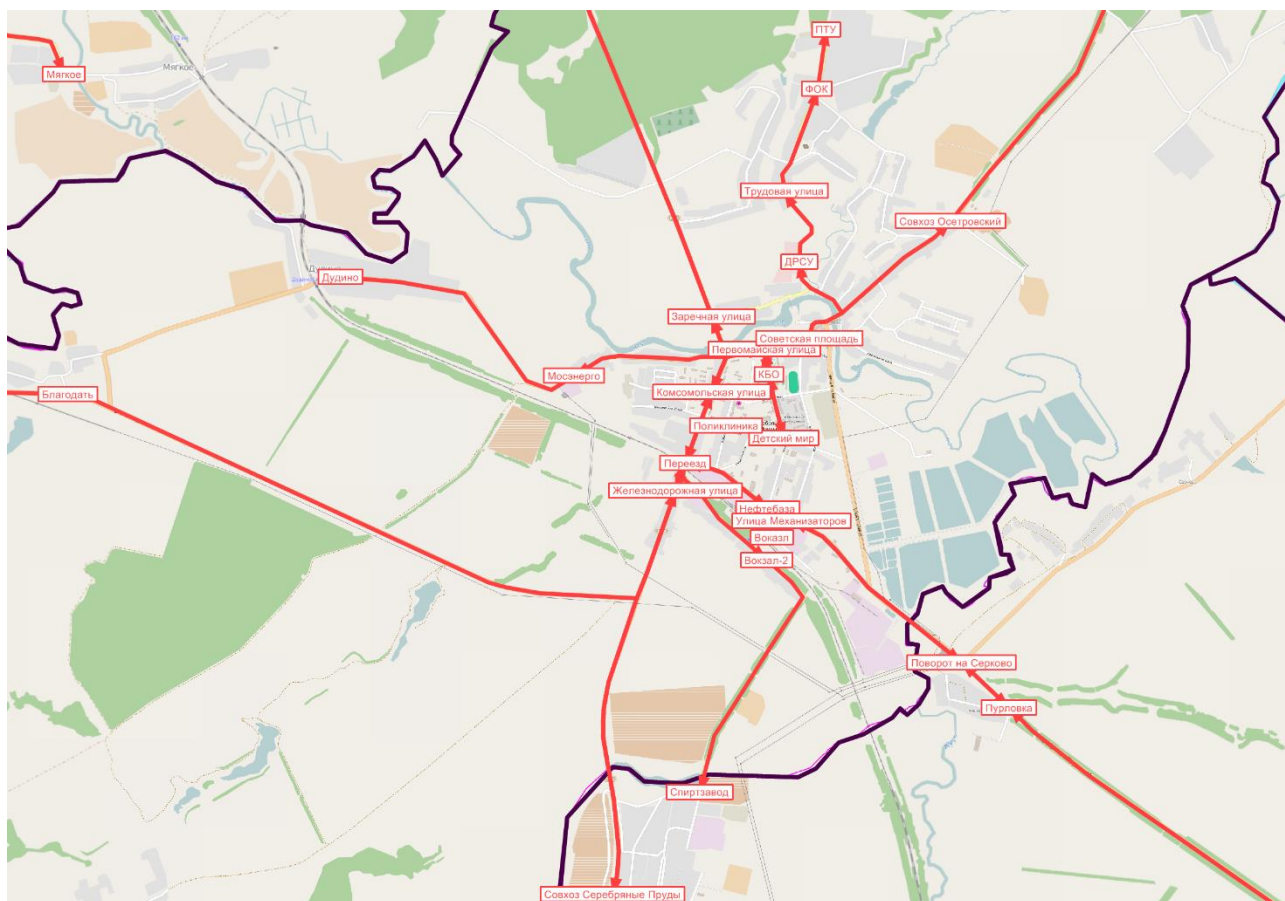


Рисунок 12 – Трассировки маршрутов пассажирского транспорта и остановки городского поселения Серебряные Пруды

1.5 Разработка методики и создание модели расчета транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений на основе результатов опроса и других полученных данных

При моделировании транспортного спроса Серебряно-Прудского муниципального района использовались два сегмента спроса - индивидуальный транспорт (ИТ) и общественный транспорт (ОТ) (рисунок 13).

Для каждого сегмента спроса создано по одному «режиму» - ИТ, ОТ, соответственно (рисунок 14).

Для каждого из режимов и сегментов спроса были введены соответствующие системы транспорта (рисунок 15).

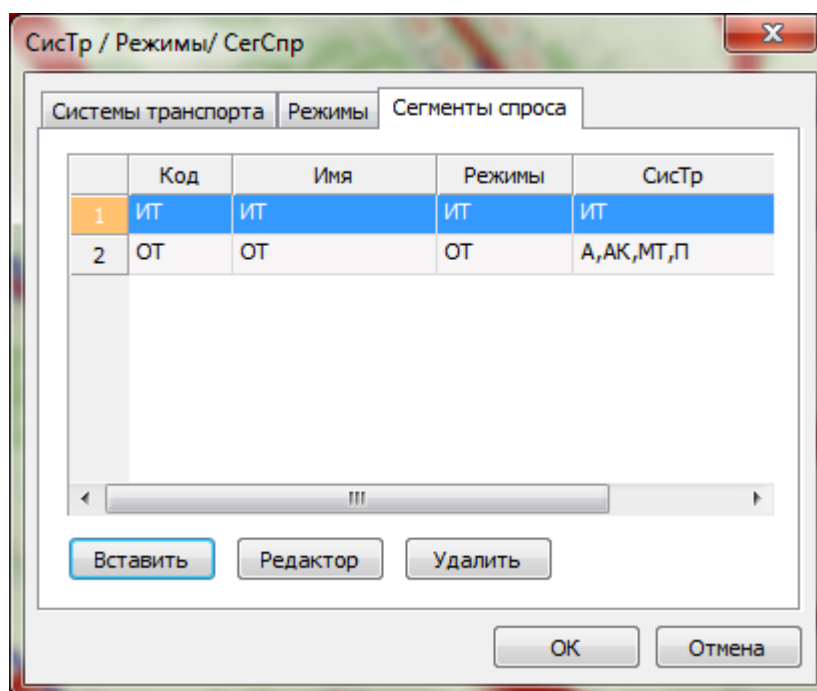


Рисунок 13 – Сегменты спроса транспортной модели

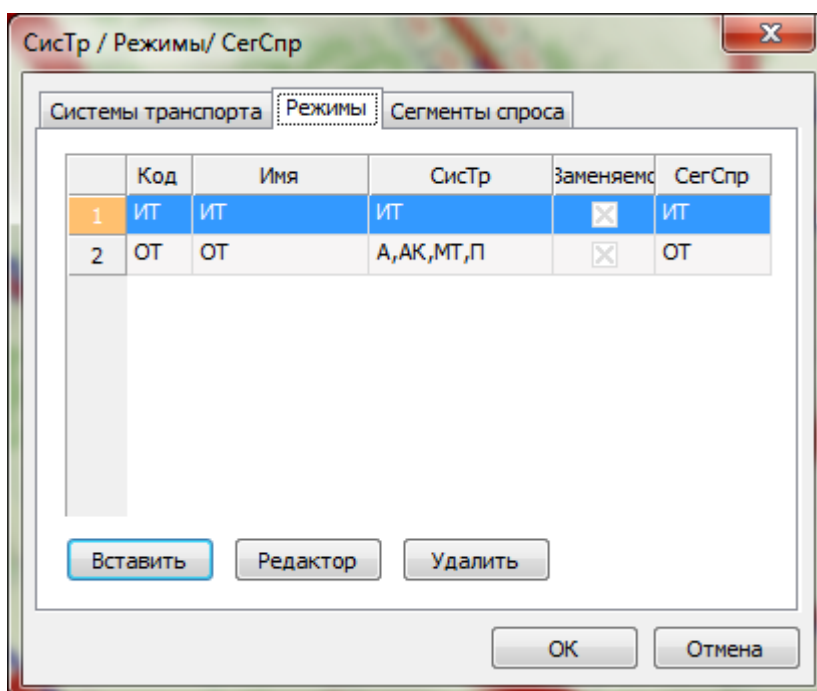


Рисунок 14 – «Режимы» транспортной модели

Для индивидуального транспорта введена система транспорта ИТ, обозначающая легковые автомобили. Для общественного транспорта в транспортную модель введены следующие системы транспорта:

- автобус;

- коммерческий автобус;
- маршрутное такси.

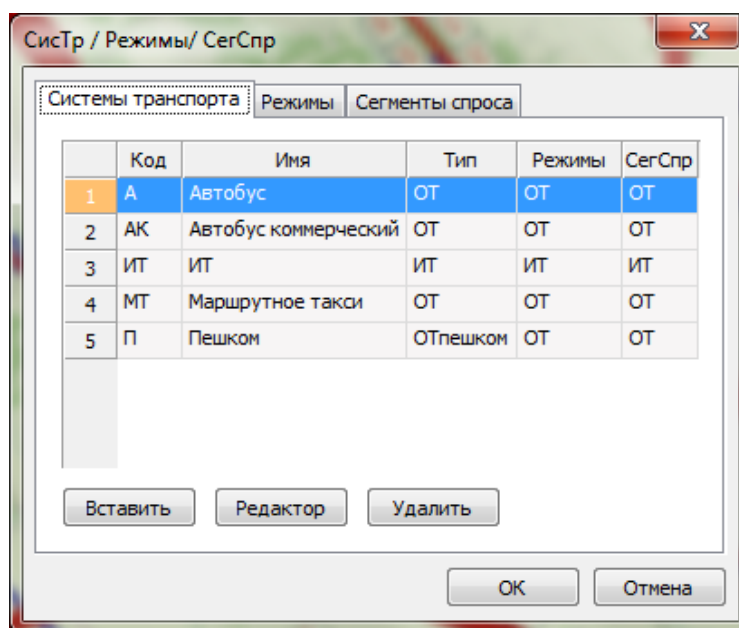


Рисунок 15 – Системы транспорта транспортной модели

В связи с тем, что утренний пик является максимальным по объемам движения, все расчеты проводились именно на модели для утреннего пика.

Модель транспортного спроса утреннего пика в транспортной модели Серебряно-Прудского муниципального района состоит из двух слоёв спроса дом-работа и кордон-кордон (рисунок 16), так как в летний период объемы движения других слоев спроса незначительны или отсутствуют (дом-учёба, дом-школа и т.д.).

В транспортную модель была введена статистическая информация, необходимая для расчёта транспортного спроса (рисунок 17):

- численность населения;
- экономически активное население;
- рабочие места.

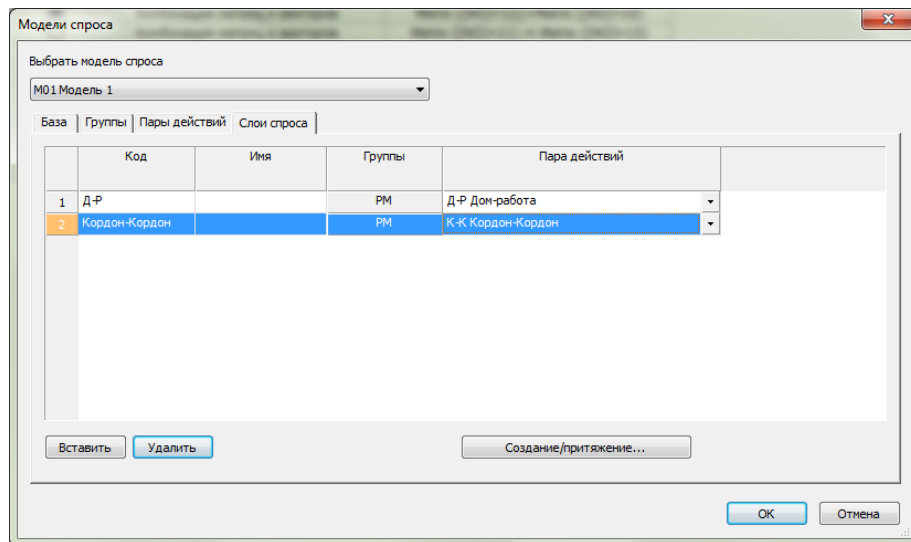


Рисунок 16 – Слои спроса «дом-работа» и «кордон-кордон» в модели транспортного спроса

Список (Районы)						
Число: 47	№	Код	Имя	Население	Население экономически активное	PM
1	1	1		507	305	141
2	2	2		870	523	525
3	3	3		68	41	0
4	4	4		573	344	201
5	5	5		261	157	153
6	6	6		365	219	57
7	7	7		372	223	686
8	8	8		255	154	907
9	9	9		109	66	852
10	10	10		789	473	124
11	11	11		1024	614	155
12	12	12		1545	927	112
13	13	13		497	298	92
14	14	14		2128	1277	530
15	15		Дудино	332	199	0
16	16		Благодать	48	29	0
17	17		Мочилы	889	533	397
18	18		Подхожее	958	575	102
19	19		Озерки	59	35	0
20	20		Куньи Выселки	21	13	0
21	21		Кормовое	34	20	0
22	22		Лобаново и Вита	230	136	50
23	23		Шеметово	986	592	163
24	24		Клинское, Яблонево, Якимовка	63	38	25
25	25		Новоклёмово	972	584	135
26	26		Клёмово	252	152	225
27	27		Барыково	129	78	0
28	28		Колеймино	179	108	18
29	29		Узуново_1	1784	1071	570
30	30		Узуново_2	1784	1071	620
31	31		Глубокое, Раздолье	818	491	0
32	32		Петрово	913	548	20
33	33		Крутое	860	517	20
34	34		Коровино, Тютьково	349	210	20
35	35		Мягкое	477	287	20
36	36		Дмитриевка, Дмитриевский и Митякино	827	496	63
37	37		Нижняя Пурловка	159	96	25
38	38		Серково	124	74	25
39	39		Успенский	2643	1586	332
40	40		Красновские Выселки	188	113	30

Рисунок 17 – Статистическая информация, привязанная к транспортным районам

Для кордонных районов в качестве исходной информации были введены данные, полученные в ходе проведения натурных обследований. Объем отправления из района оценивается количеством корреспонденций в другие кордонные районы (транзит) и районы исследуемой области. Чувствительность межкордонных корреспонденций к фактору дальности в модели ослаблена. Для разграничения корреспонденций из кордона в кордон и из кордона во внутренний район исследуемой области в модель была введена дополнительная информация, полученная из замеров интенсивности движения:

- объем отправления из кордонного района;
- объем прибытия в кордонный район.

Пример привязки исходных данных к кордонному району показан на рисунке 18.

Данная методика рекомендуется к использованию одной из ведущих государственных компаний в области проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог «Автодор» [13].

Редактировать район 43

Номер: 43
 Тип: 0
 Код:
 Имя: Зарайск

База | Примыкания | Спрос | СлоиСпр | Опр. пользов. атр.

Атрибут	Значение
Население экономически активное	254
Население	270
Население_кордон	101
PM	318
PM_кордон	127

Все видимо | Строки

OK | Отмена

Рисунок 18 – Статистическая информация, необходимая для расчета транспортного спроса, привязанная к кордонному району

При расчётах в транспортной модели Серебряно-Прудского муниципального района использовалась стандартная 4-шаговая модель расчета транспортного спроса.

Количество перемещений для слоёв спроса определялось при использовании стандартной процедуры «создание транспортного движения» (рисунок 19).

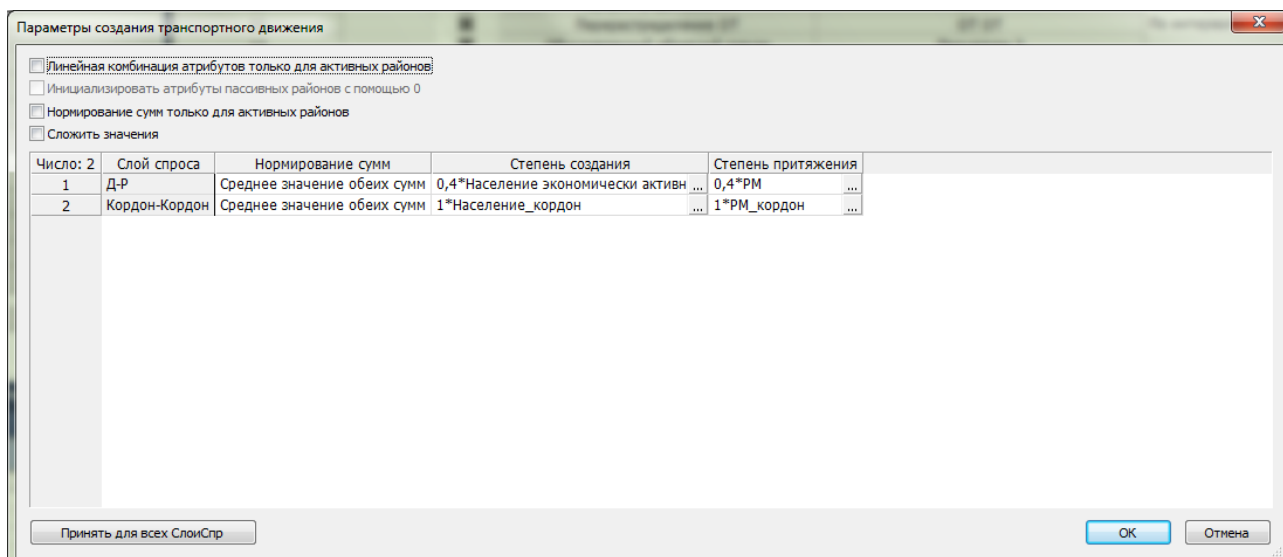


Рисунок 19 – Параметры создания транспортного движения для слоёв спроса «дом-работа» и «кордон-кордон»

После определения объема транспортного движения для рассматриваемой территории было проведено перераспределение транспортных и пассажирских потоков и созданы соответствующие матрицы корреспонденций.

1.6 Расчёт перераспределения транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков, создание матрицы корреспонденции

В качестве элементов матрицы затрат для индивидуального транспорта в транспортной модели Серебряно-Прудского муниципального района было выбрано время в нагруженной сети (рисунок 20). Для его расчёта используются функции сопротивления для отрезков. В качестве функции сопротивления для отрезков в транспортной модели используется стандартная функция BPR с различными параметрами коэффициента a (рисунок 21).

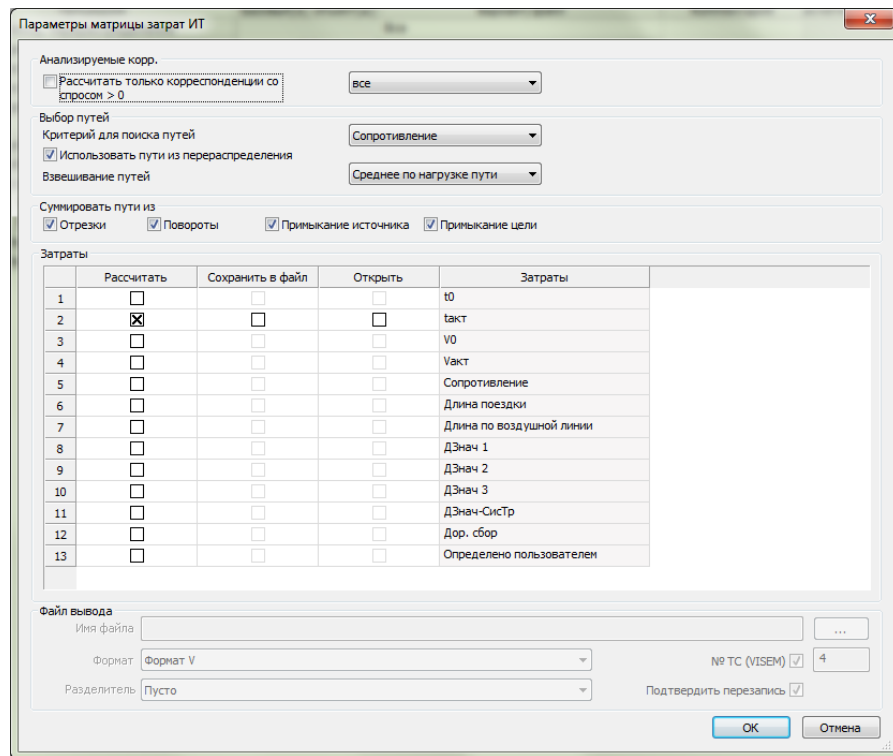


Рисунок 20 – Выбор времени в нагруженной сети для расчёта матриц затрат индивидуального транспорта

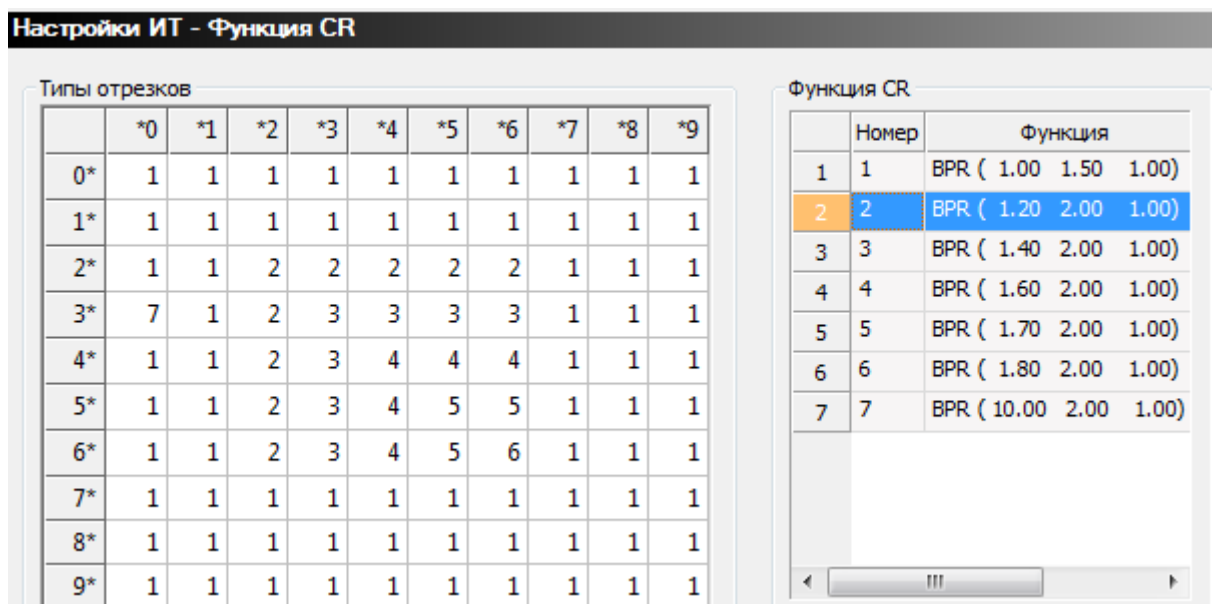


Рисунок 21 – Параметры функции сопротивления отрезков в транспортной модели

В качестве затрат для общественного транспорта использовалось время перевозки (рисунок 22).

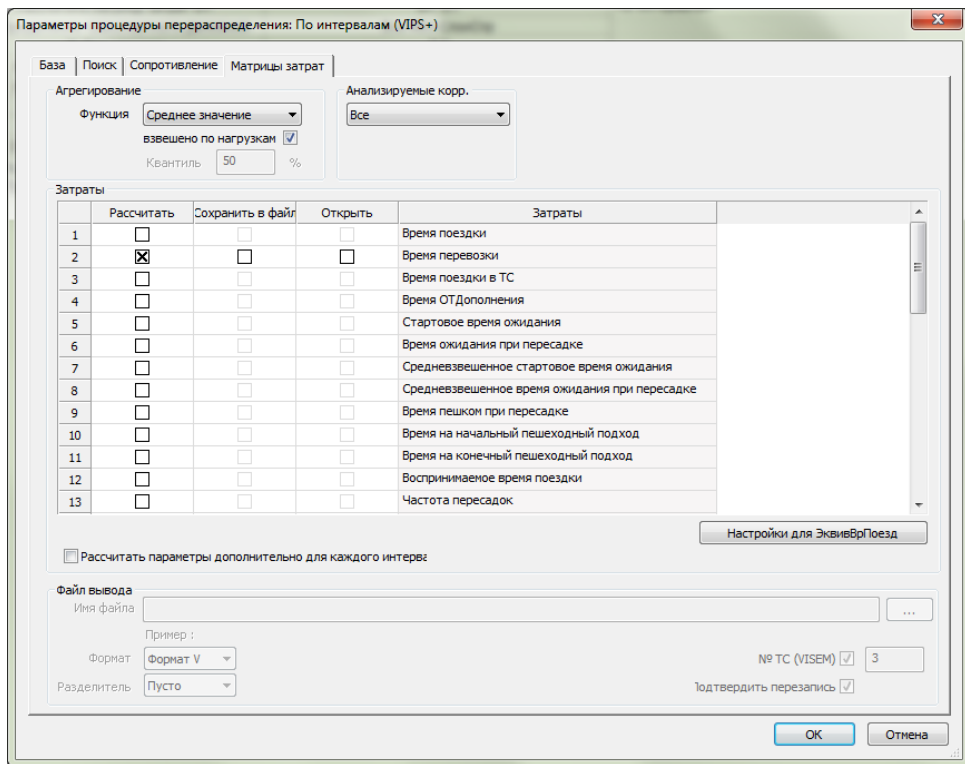


Рисунок 22 – Выбор времени перевозки для расчёта матрицы затрат общественного транспорта

В качестве функции предпочтения при расчёте транспортного спроса использовалась функция VoxCox, рекомендуемая к использованию ведущими специалистами в области транспортного моделирования [2] (рисунок 23).

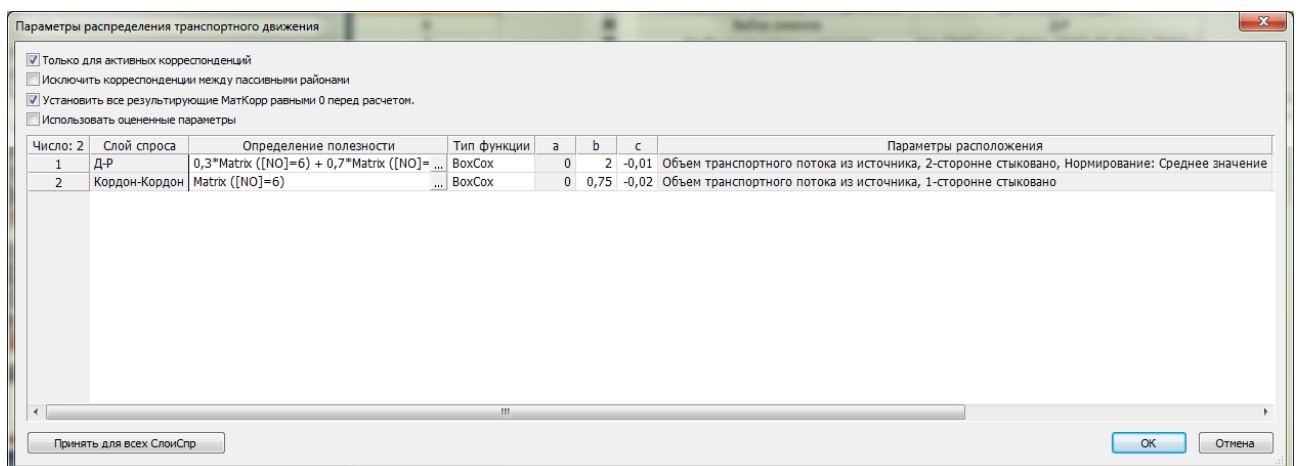


Рисунок 23 – Параметры процедуры распределения транспортного спроса

Графики функций предпочтения для слоёв спроса дом-работа и кордон-кордон представлены на рисунках 24 и 25. Коэффициенты b и c для слоя спроса дом-работа были выбраны в соответствии с исследованиями о транспортном поведении населения России, проводимыми Институтом экономики транспорта и транспортной политики НИУ ВШЭ [14]. Согласно данным исследования, средняя скорость движения на автомобиле для опрошенных составила 56 км/час.

Вероятность перемещения 0,5 соответствует 12 минутам. Для функции предпочтения $V_{охСох}$ данные значения достигаются при коэффициентах $b=2$ и $c=-0,01$. Ослабление чувствительности межкордонных корреспонденций к фактору дальности в модели достигается путём снижения крутизны графика зависимости вероятности перемещения от времени.

Для процедуры выбора режима использовалась функция Logit со стандартными параметрами (рисунок 26).

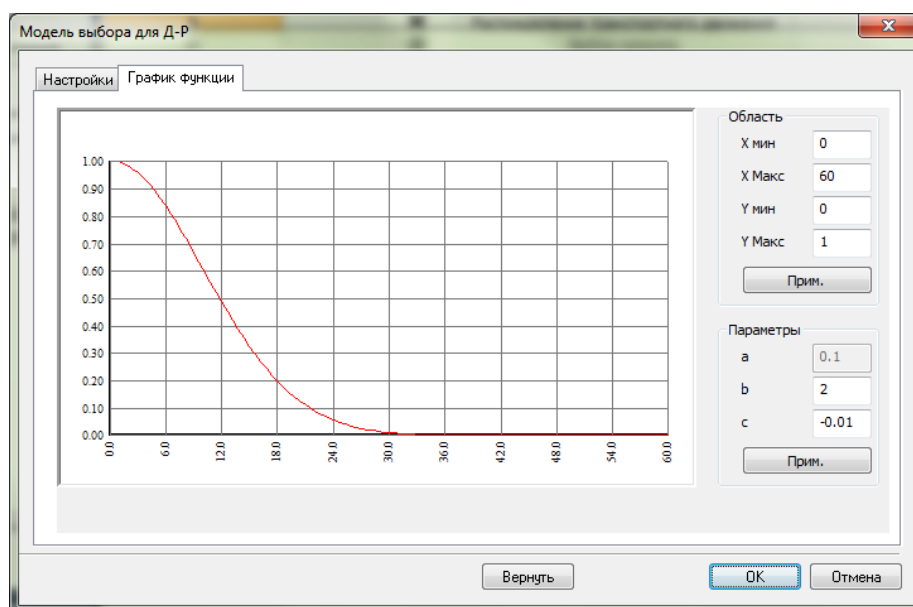


Рисунок 24 – График функции предпочтения для слоя спроса дом-работа

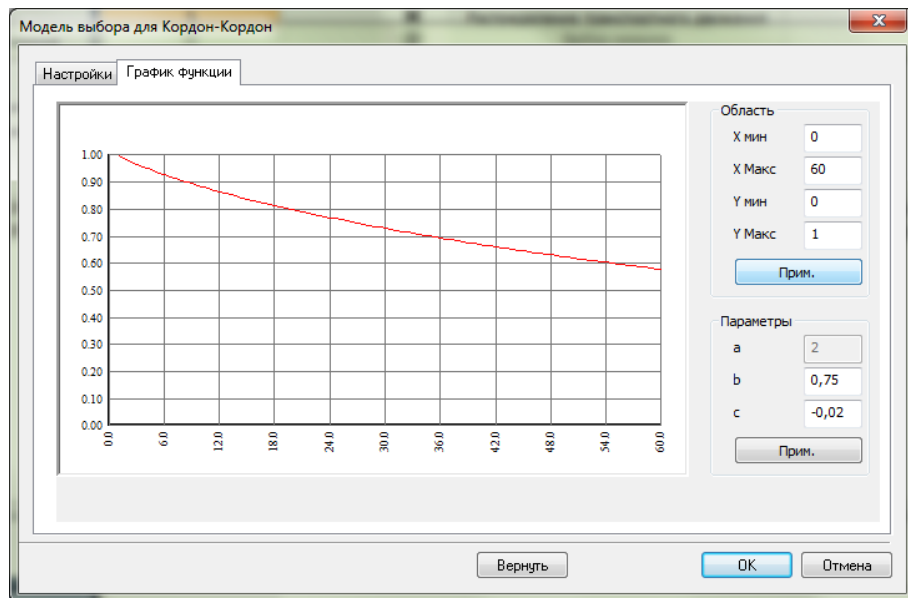


Рисунок 25 – График функции предпочтения для слоя спроса кордон-кордон

The screenshot shows a window titled "Параметры выбора режима". It contains a table with the following data:

Число:	Ключ	Слой спроса	Режим	Тип функции	a	b	c	
1	Д-Р/ИТ	Д-Р	ИТ ИТ	Logit	0	0	-1	...
2	Д-Р/ОТ	Д-Р	ОТ ОТ	Logit	0	0	-1	...

Below the table is a section for "Ввод матрицы корреспонденций" (Input of the correspondence matrix) with a text area containing the formula: $Matrix([DModelCode] = context[DModelCode] \& [DStratCode] = context[DStratCode] \& [ModeCode])$. At the bottom of the window are buttons for "Принять для всех СлойСпр", "ОК", and "Отмена". A checkbox at the top left is checked and labeled "Установить все результирующие МатКорр равными 0 перед расчетом."

Рисунок 26 – Параметры процедуры выбора режима в транспортной модели

В качестве процедуры для перераспределения индивидуального транспорта используется процедура «обучающая» (Equilibrium Lohse) со стандартными настройками. Данная процедура является одной из наиболее реалистичных, среди представленных в программном комплексе PTV Vision® VISUM [7]. В качестве процедуры для перераспределения общественного транспорта используется процедура перераспределения по интервалам

позволяющая задавать расписания для различных периодов, таких как анализируемый в данной работе утренний час пик.

В соответствии с данными, полученными в рамках проведения работ I этапа [1], были заданы интервалы движения общественного транспорта для каждого из маршрутов. Ввод соответствующих атрибутов в программу показан на рисунке 27.

Число: 20	ИмяМарш	ИмяВарМарш	КодНапр	Интервал движения
1	Автобус 01	на Вокзал	<	20min
2	Автобус 01	на ПТУ	>	20min
3	Автобус 22	в Серебряные Пруды	<	45min
4	Автобус 22	на Новомойгоры	>	45min
5	Автобус 23	в Серебряные Пруды	<	65min
6	Автобус 23	на Кормовое	>	65min
7	Автобус 24	на Вокзал	<	170min
8	Автобус 24	на Колеймино	>	170min
9	Автобус 25	в Серебряные Пруды	<	160min
10	Автобус 25	на Подожее	>	160min
11	Автобус 26	в Серебряные Пруды	<	180min
12	Автобус 26	на Александровку	>	180min
13	Автобус 28	в Серебряные Пруды	<	60min
14	Автобус 28	на Митякино	>	60min
15	Автобус 36	в Серебряные Пруды	<	160min
16	Автобус 36	на Дудино	>	160min
17	Автобус 38	в Серебряные Пруды	<	78min
18	Автобус 38	на Спиртзавод	>	78min
19	Автобус 40	в Серебряные Пруды	<	60min
20	Автобус 40	на Крутое	>	60min

Рисунок 27 – Интервалы движения общественного транспорта

1.7 Калибровка мультимодальной макромоделю по интенсивности транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков

Одним из важнейших параметров улично-дорожной сети, определяющим эффективность её функционирования является количество транспортных средств (ТС), прошедших через заданное сечение дороги в некоторый период времени. Разработанная в ООО «ПФП «Квантэкс» методика обследования транспортных потоков позволила получить точные значения не только данного показателя, но и других показателей, оказывающих существенное влияние на работу УДС города.

По результатам обследования получены следующие основные характеристики транспортных потоков:

- количество легковых автомобилей, въехавших на перекресток с каждого из направлений;

- количество грузовых автомобилей, въехавших на перекресток с каждого из направлений;
- количество общественного транспорта, въехавшего на перекресток с каждого из направлений;
- маршрут движения транспортных средств на перекрестке.

Выбранные точки проведения натурального обследования интенсивностей и состава ТП на территории Серебряно-Прудского муниципального района перечислены в таблице 1 и выделены на рисунке 28 порядковыми номерами.

Таблица 1 – Точки проведения натурального обследования интенсивностей и состава ТП на территории Серебряно-Прудского муниципального района

Номер точки	Точки обследования
1	ул. Привокзальная – поворот на Серково
2	ул. Привокзальная – ул. 8 марта
3	ул. Октябрьская – ул. 8 марта
4	ул. Советская - ул. Ленина
5	ул. Железнодорожная - ул. Привокзальная
6	ул. Железнодорожная – поворот на Благодать
7	Р22 - Р114
8	Р22 - поворот на Венев
9	Р22 – поворот на Узуново
10	Р114 - поворот на Узуново

Натурные данные по пассажирскому транспорту были получены после определения самых напряжённых по пассажирообороту остановочных пунктов Серебряно-Прудского муниципального района. Выбранные ключевые точки для проведения обследования пассажиропотоков указаны в таблице 2.

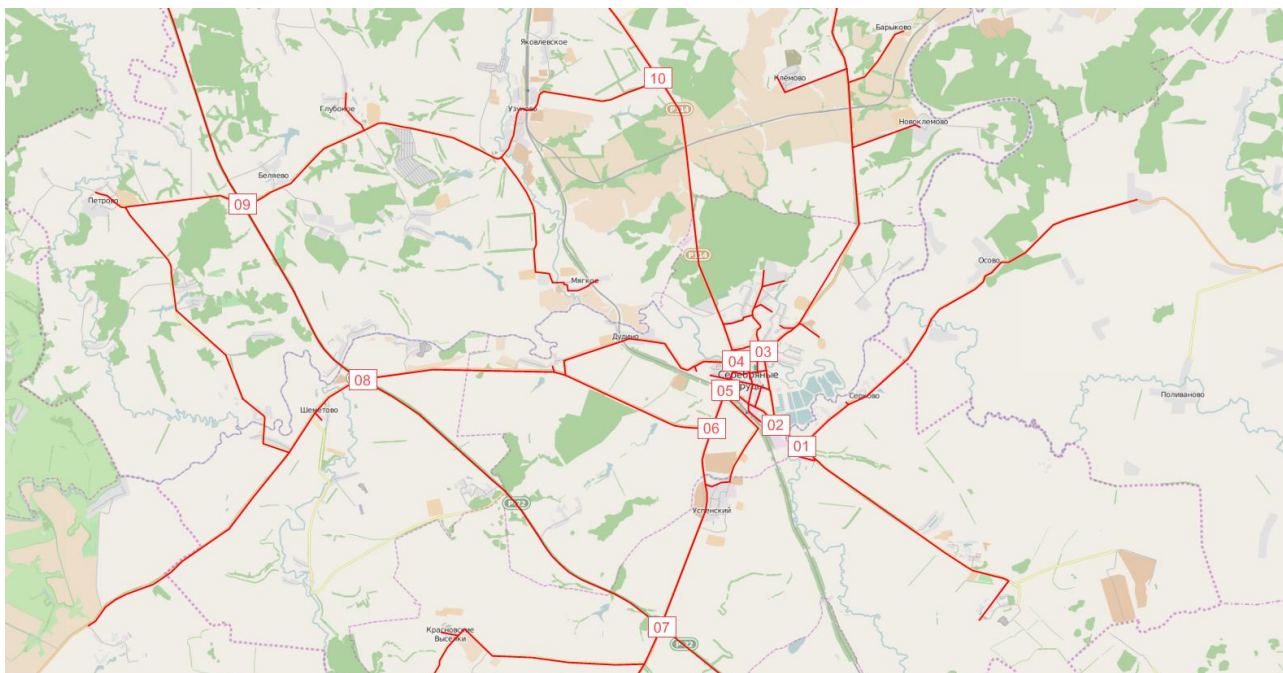


Рисунок 28 – Точки проведения натурального обследования интенсивностей и состава ТП на территории Серебряно-Прудского муниципального района

Таблица 2 – Точки проведения натурального обследования пассажиропотоков на территории Серебряно-Прудского муниципального района

Номер точки	Точки обследования
1	ООТ Автостанция
2	ООТ пос. Успенский
3	ООТ Вокзал (Узуново)
4	ООТ МСС (Узуново)
5	ООТ с/х Россия (Узуново)
6	ООТ Глубое
7	ООТ Петрово
8	ООТ Мочилы
9	ООТ Подхожее
10	ООТ Дмитриевский

В Visum в соответствующие атрибуты направленных отрезков, характеризующих реальные участки улично-дорожной сети, были введены значения натуральных обследований (рисунок 29).

База	ИТ-СисТр	ОТ-СисТр	Затор	DUE	Ограниченные по времени атр.
ДлВоздЛин	2,108km	√0 ИТ			90км/ч
Длина	2,110km	Полосы движения			1
ДЗнач 1	23	ПропСпос ИТ			900
ДЗнач 2	0	Доля ГРУЗТР [%]			0
ДЗнач 3	0	Загрузка-ИТ			10 %
НЭПлана	1	Нагрузка ИТ [ТС]			93
Надпись Балки	<input checked="" type="checkbox"/>	Нагрузка ОТ [чел]			29
		Нагрузка ОТПеш			0

Рисунок 29 – Введение данных натуральных обследований в свойства отрезка

Результаты перераспределения индивидуального и общественного транспорта по Серебряно-Прудскому муниципальному району в целом и его центральной части соответственно показаны на рисунках 30 и 31.

Значения коэффициентов загрузки транспортным движением изображены на рисунках 32 и 33 соответственно.

По результатам распределений индивидуального и общественного транспорта можно сделать вывод о том, что по району и городу не выявлены участки УДС с нагрузкой, превышающей пропускную способность.

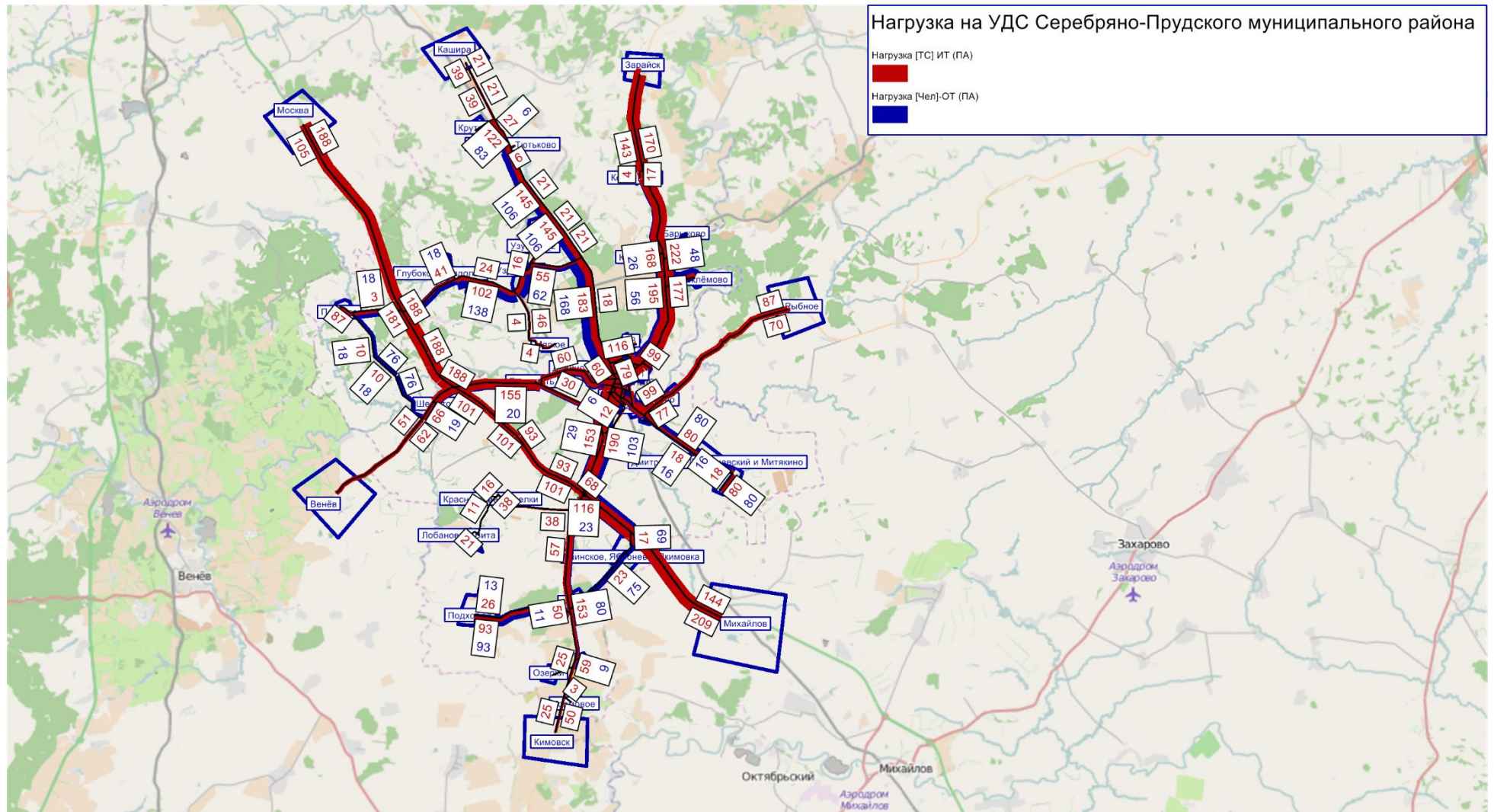


Рисунок 30 – Перераспределение нагрузки индивидуального и общественного транспорта на улично-дорожную сеть Серебряно-Прудского муниципального района

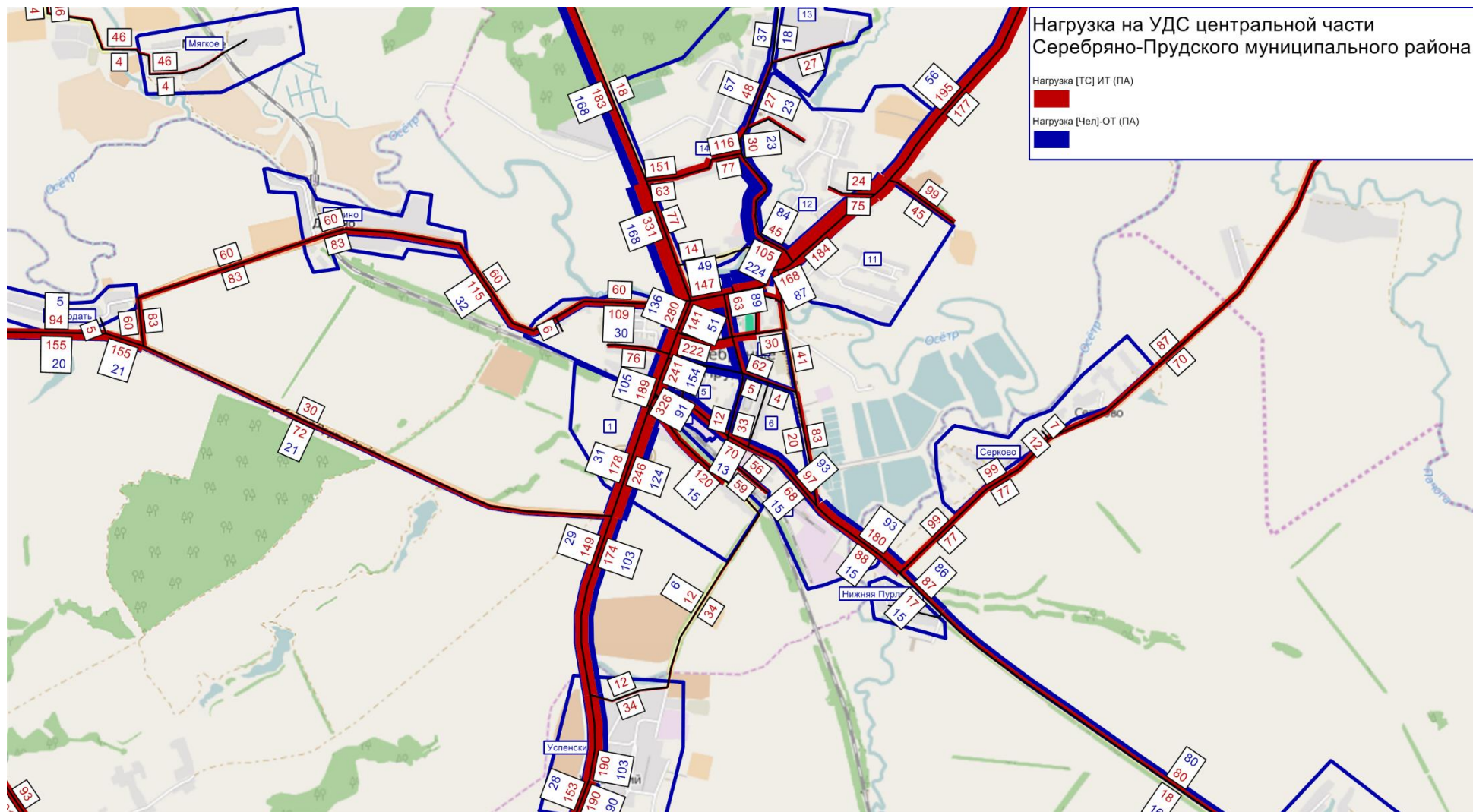


Рисунок 31 – Перераспределение нагрузки индивидуального и общественного транспорта на улично-дорожную сеть центральной части Серебряно-Прудского муниципального района

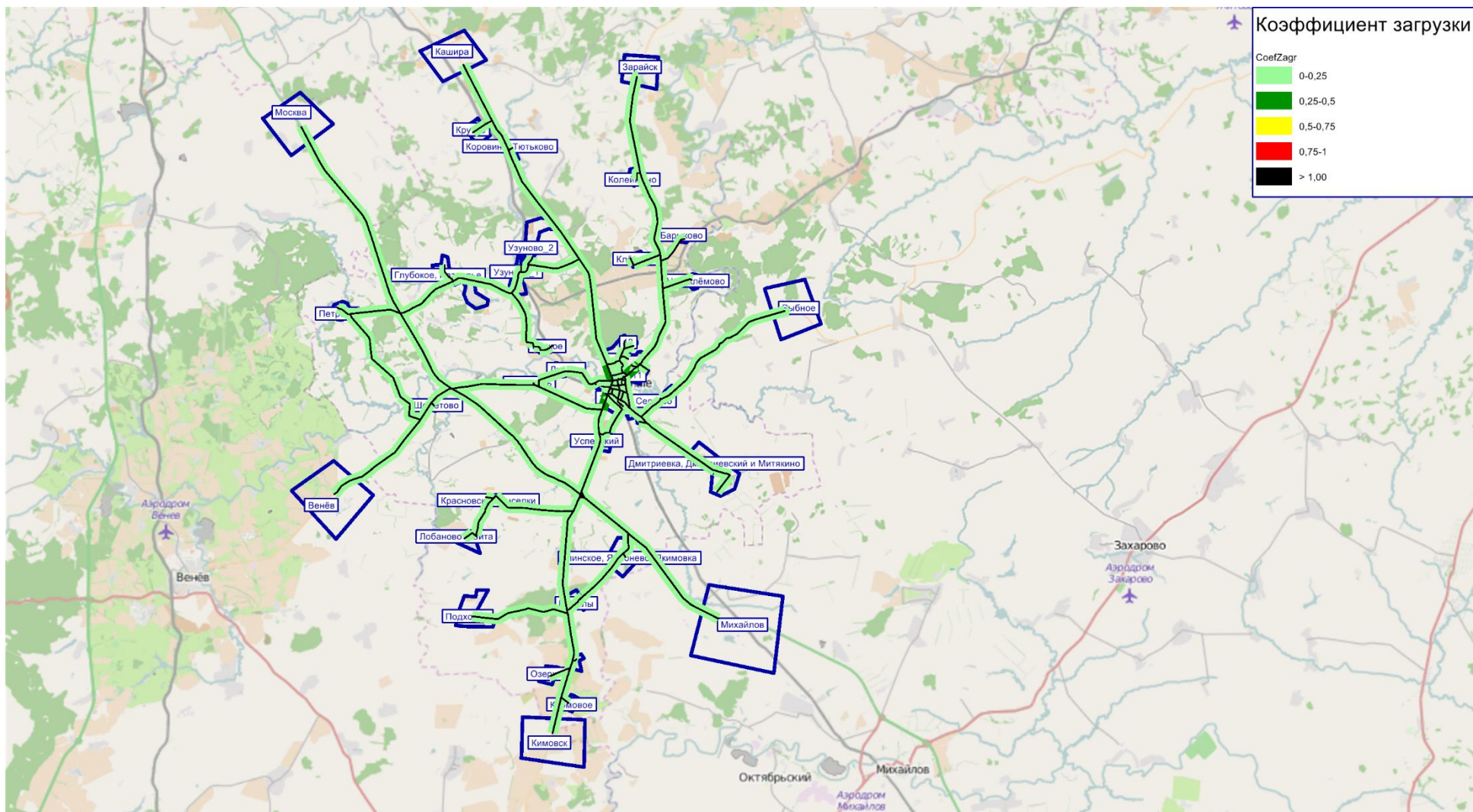


Рисунок 32 – Картограмма значений коэффициентов загрузки на УДС Серебряно-Прудского муниципального района

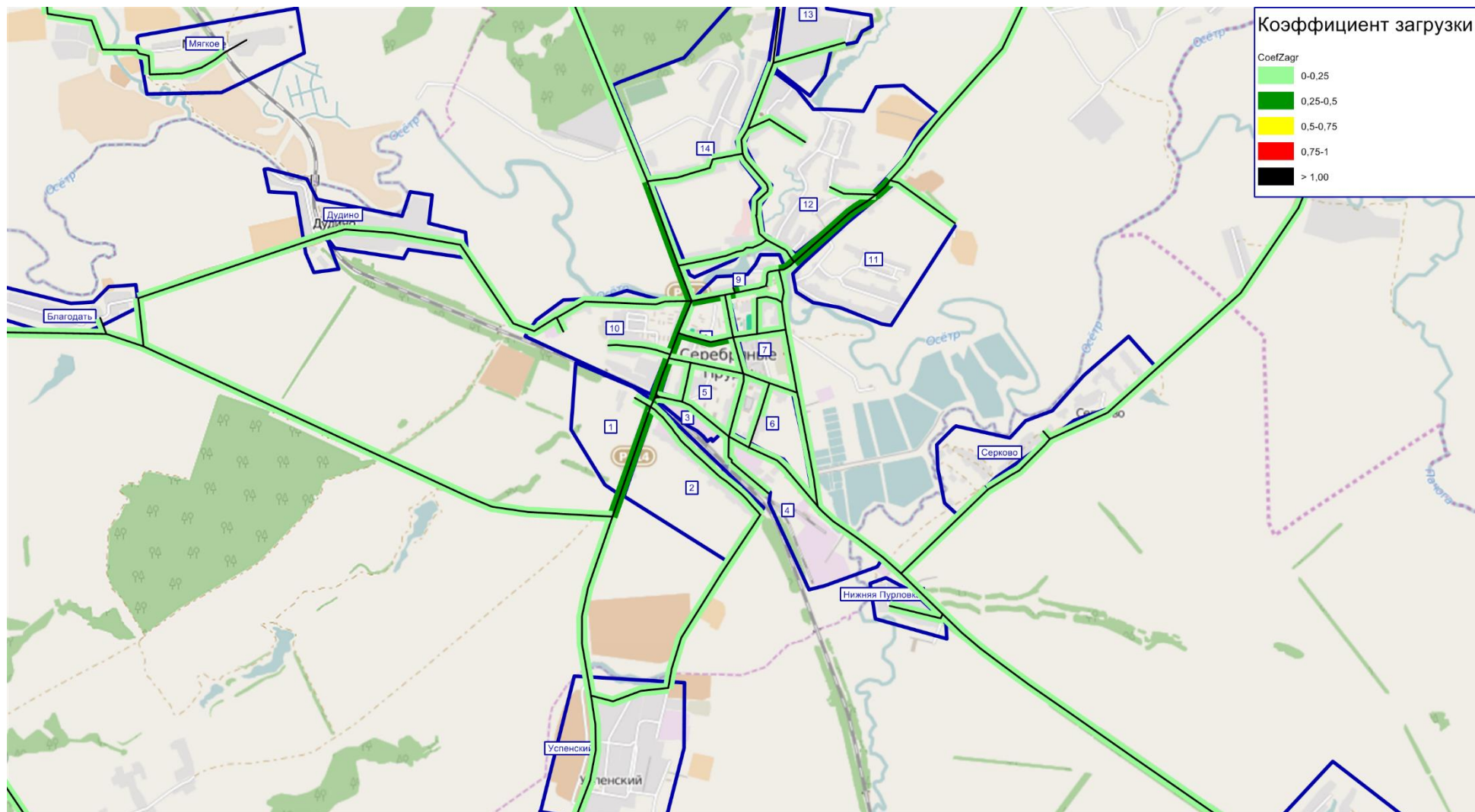


Рисунок 33 – Картограмма значений коэффициентов загрузки на УДС центральной части Серебряно-Прудского муниципального района

Был проведён стандартный анализ согласованности прогноза нагрузки, полученного в результате перераспределения транспортных потоков. Этот анализ проводится посредством построения парной регрессионной зависимости, в которой независимой переменной является фактическая интенсивность транспортных потоков, а зависимой переменной - расчётная нагрузка, полученная в результате моделирования (рисунок 34).

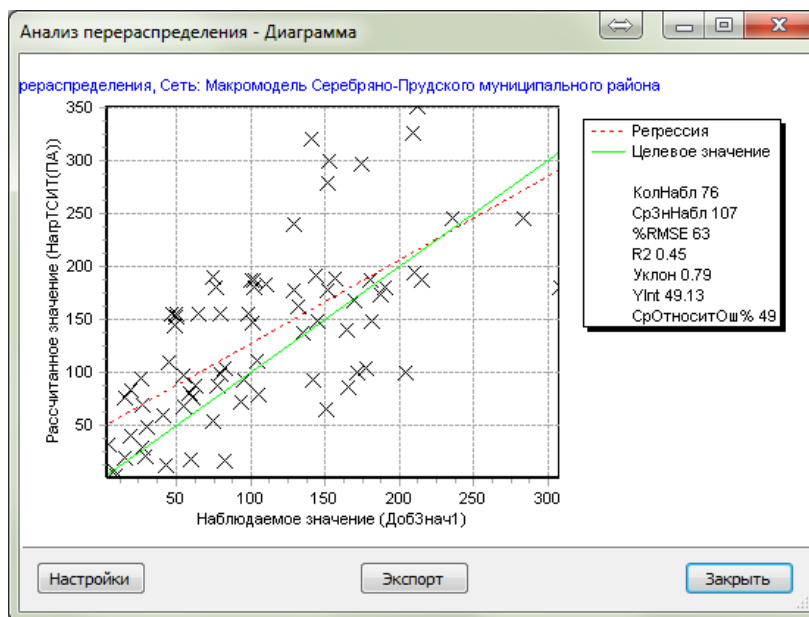


Рисунок 34 – Анализ перераспределения макромодели Серебряно-Прудского муниципального района

Результаты анализа перераспределения говорят о том, что текущая версия пригодна для решения задач стратегического транспортного планирования на уровне Серебряно-Прудского муниципального района, однако открыта для дальнейшего повышения точности и согласованности с реальными данными. Повышение точности модели должно достигаться как путём её дальнейшей настройки и калибровки, так и путём пополнения, уточнения и актуализации массива исходных данных.

1.8 Расчет распределения выбросов вредных веществ по улично-дорожной сети

Расчет распределения выбросов вредных веществ проводился согласно «Методике определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» [15].

Согласно указанной методике определялся объем выбросов следующих загрязняющих веществ (ЗВ):

- оксид углерода (CO₂);
- оксиды азота NO₂ (в пересчете на диоксид азота);
- углеводороды (СН);
- сажа;
- диоксид серы (SO₂);
- соединения свинца;
- формальдегид;
- бенз(а)пирен.

Интенсивность выбросов (M, г/с) рассчитывалась на магистралях (M_L) в соответствии с формулой:

$$M_L = \frac{L}{3600} * \sum_{k=1}^N M_{ki}^{\Pi} * G_k * r_V \quad (3)$$

где L – протяженность магистрали, км;

N – количество групп автомобилей;

M_{ki}^Π (г/км) - пробеговый выброс i-го вредного вещества одним автомобилем k-й группы для городских условий эксплуатации, определяемый по таблице 3;

G_k (ТС/час) - фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из N групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения;

γ_v - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока (км/час) на выбранной автомагистрали (или ее участке), определяемый по таблице 4.

Таблица 3 – Значения пробеговых выбросов M_{ki}^{II} (г/км) для различных групп автомобилей

Наименование группы автомобилей	№ группы	о	Выбросы						
			NO _x (в пересчете на NO ₂)	СН	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Соединения свинца	Бенз(а)пирен
Легковые	I	9	1,8	2,1	-	0,065	0,006	0,019	1,7 · 10 ⁻⁶
Легковые дизельные	I д		1,3	0,25	0,1	0,21	0,003		-
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе) и микроавтобусы	II	9,4	2,9	1,5	-	0,2	0,02	0,026	4,5 · 10 ⁻⁶
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью более 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе)	III	5	5,2	3,4	-	0,22	0,022	0,033	6,3 · 10 ⁻⁶
Автобусы карбюраторные	IV	7,6	5,3	3,4	-	0,32	0,03	0,041	6,4 · 10 ⁻⁶
Грузовые дизельные	V	,5	7,7	6	0,3	1,25	0,21	-	6,5 · 10 ⁻⁶
Автобусы дизельные	VI	,8	8	,5	0,3	1,45	0,31	-	6,7 · 10 ⁻⁶
Грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе	VI I	9	2,6	,3*	-	0,18	0,002	-	2,0 · 10 ⁻⁶

Таблица 4 – Значения коэффициентов γ_v , учитывающих изменения количества выбрасываемых вредных веществ в зависимости от скорости движения

Скорость движения (V , км/час)	γ_v
10	1,35
15	1,28
20	1,2
25	1,1
30	1
35	0,88
40	0,75
45	0,63
50	0,5
60	0,3
75	0,45
80	0,5
100	0,65

Ввод коэффициента γ_v и значения пробеговых выбросов M_{ki}^{Π} в программу показан на рисунках 35 и 36.

Рисунок 35 – Расчёт коэффициента γ_v

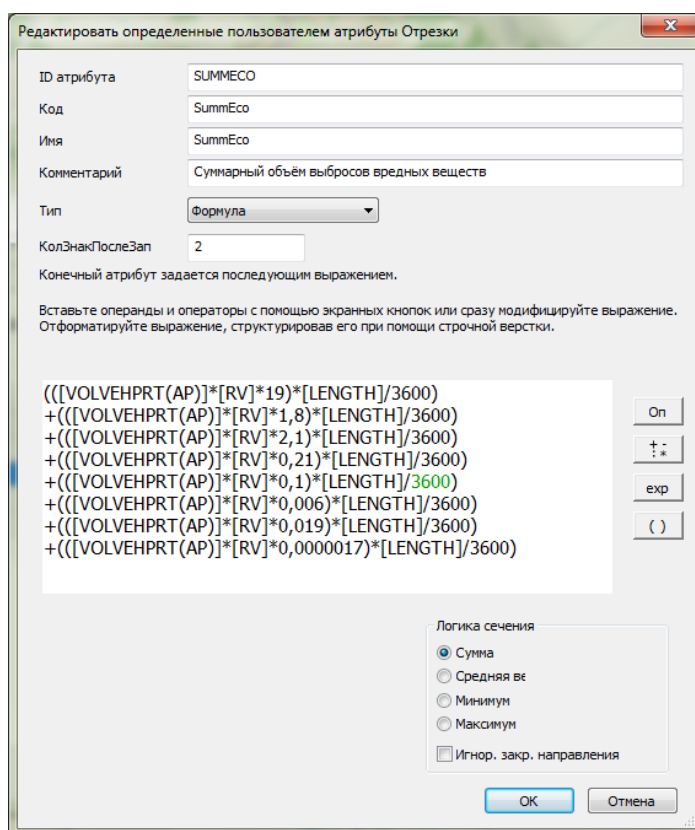


Рисунок 36 – Расчёт суммарного объёма выбросов вредных веществ

Картограмма распределения выбросов вредных веществ по Серебряно-Прудскому муниципальному району представлена на рисунке 37.

Как видно из картограммы, участок федеральной автомобильной дороги Р-22 «Каспий» по пути в Москву является наиболее экологически загрязнённым в сравнении с другими участками УДС.

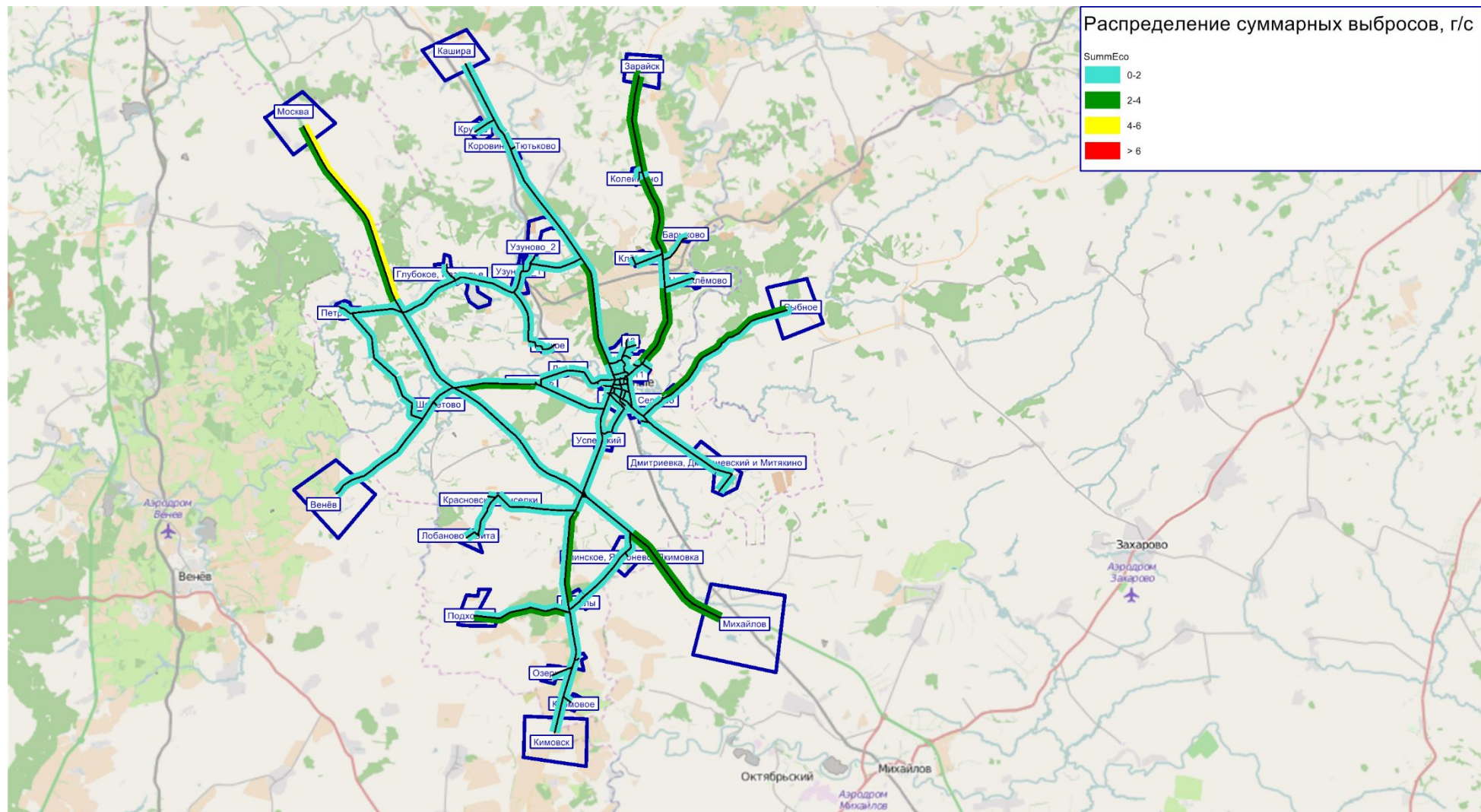


Рисунок 37 – Картограмма распределения выбросов вредных веществ по УДС Серебряно-Прудского муниципального района

1.9 Разработка вариантов транспортной макромоделю прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования

1.9.1 Разработка варианта транспортной модели на среднесрочную перспективу (6-10 лет)

Информация, используемая при создании вариантов транспортных макромоделю прогнозных периодов, была получена из СТП Серебряно-Прудского муниципального района [16], а также благодаря открытым независимым интернет-источникам, базирующимся на сведениях Федеральной службы Государственной статистики Российской Федерации [17]. В качестве прогноза задействован «средний сценарий», связанный с предположением о постепенном улучшении социально-экономической ситуации в России.

Согласно статистическим данным [16], рост численности экономически активного населения в Серебряно-Прудском муниципальном районе с 2015 по 2025 годы составит около 9 процентов, а рост количества рабочих мест около 30. Прогнозная информация была введена в Visum отдельными атрибутами с пометкой 2025 (рисунок 38).

Прогнозируемые значения коэффициентов загрузки транспортным движением на среднесрочную перспективу изображены на рисунках 39 и 40.

Объект	Атрибут	Код	Имя	Тип
1 Районы	ECONOM_ACTIVE	Население экономически ак	Население экономически	Целое число
2 Районы	ECONOM_ACTIVE_2025	ECONOM_ACTIVE_2025	ECONOM_ACTIVE_2025	формула
3 Районы	НАСЕЛЕНИЕ_КОРДОН_2025	Население_кордон_2025	Население_кордон_2025	формула
4 Районы	НАСЕЛЕНИЕ	Население	Население	Целое число
5 Районы	НАСЕЛЕНИЕ_КОРДОН	Население_кордон	Население_кордон	Целое число
6 Районы	RM	RM	RM	Целое число
7 Районы	RM_2025	RM_2025	RM_2025	формула
8 Районы	RM_КОРДОН	RM_кордон	RM_кордон	Целое число
9 Районы	RM_КОРДОН_2025	RM_Кордон_2025	RM_Кордон_2025	формула

Рисунок 38 – Атрибуты, содержащие прогнозную информацию

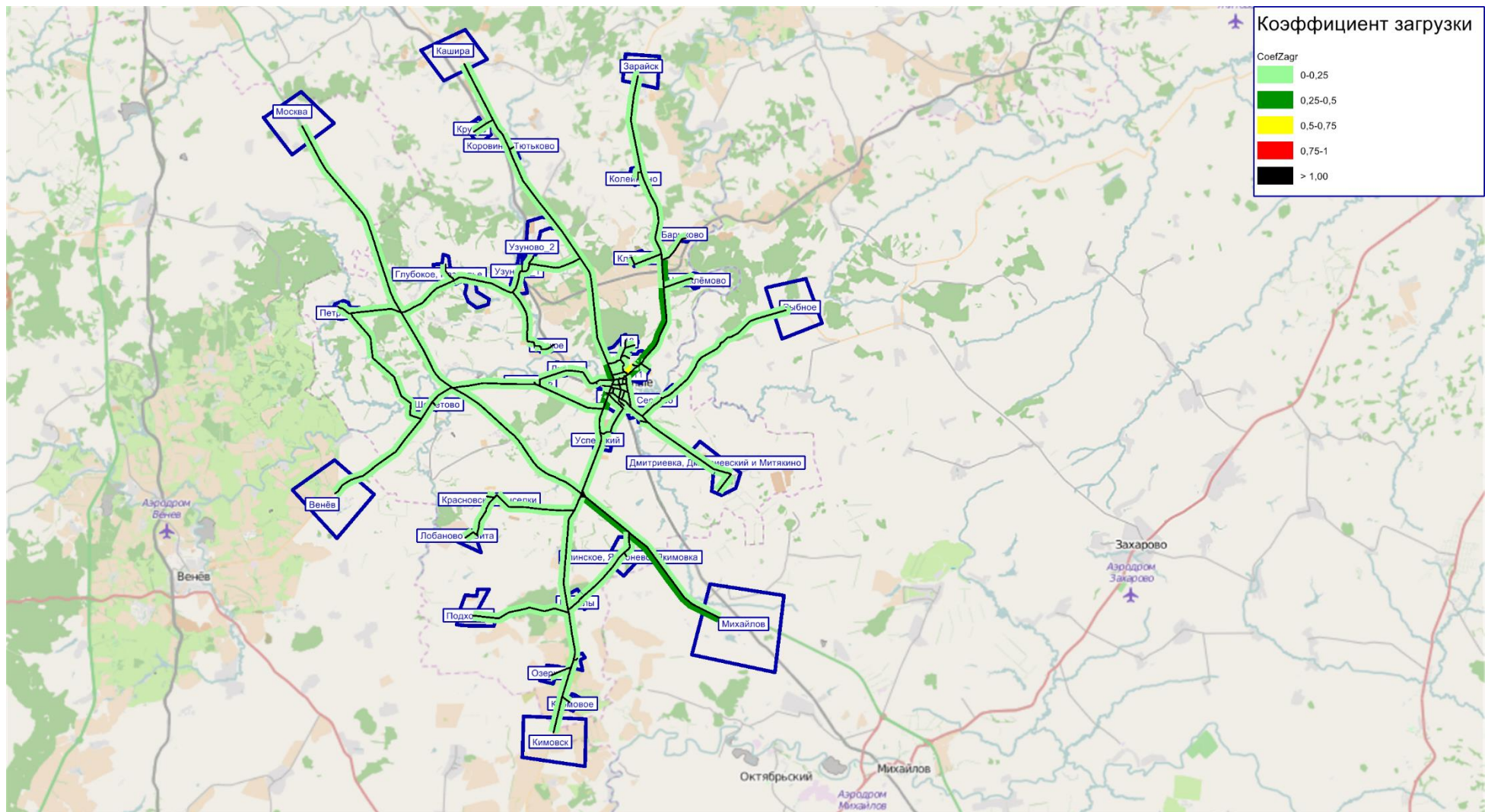


Рисунок 39 – Картограмма значений коэффициентов загрузки на УДС Серебряно-Прудского района на среднесрочную перспективу (6-10 лет)

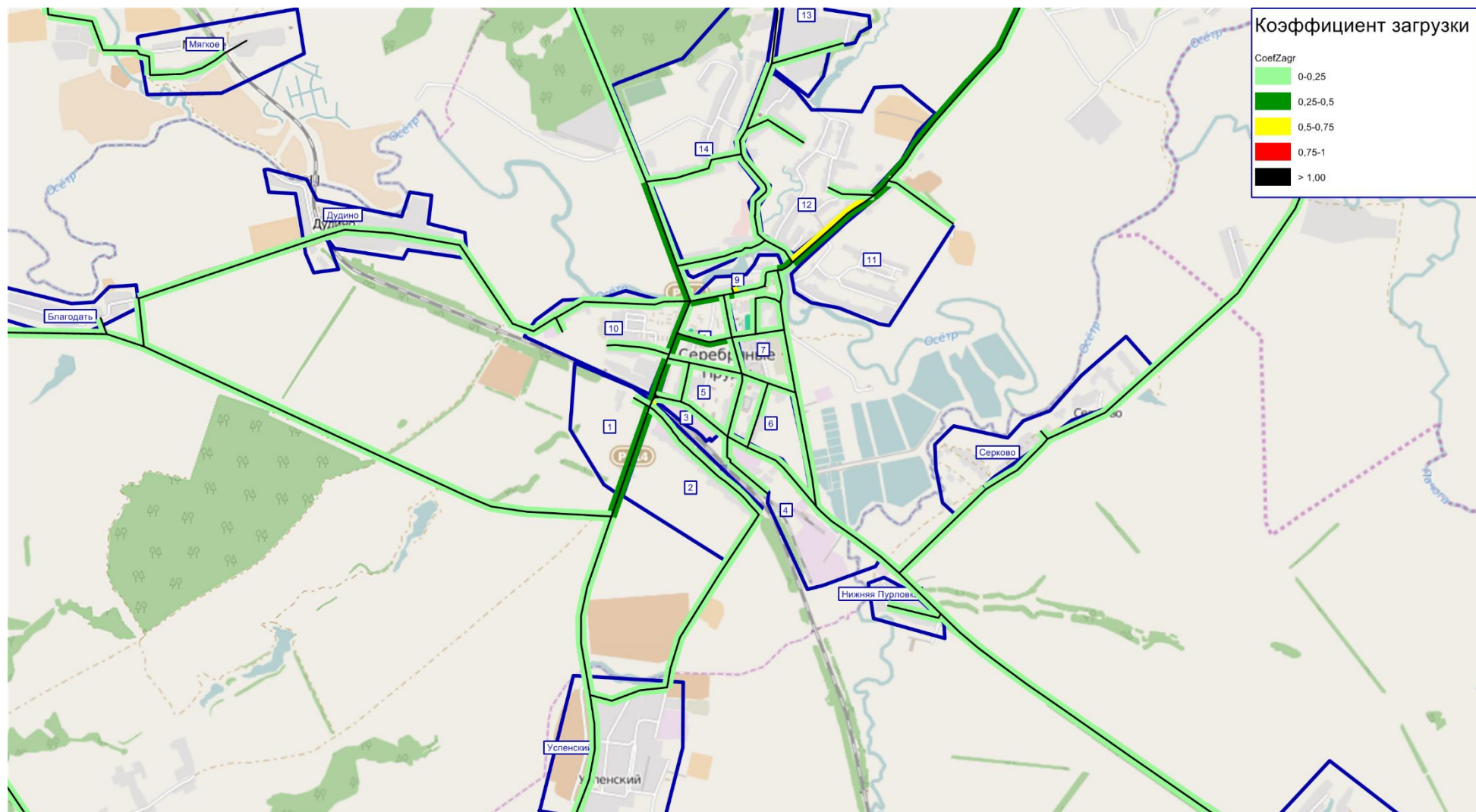


Рисунок 40 – Картограмма значений коэффициентов загрузки на УДС Серебряно-Прудского района (центральная часть) на среднесрочную перспективу (6-10 лет)

По результатам прогнозного моделирования можно сделать следующие выводы: нагрузка на участки улично-дорожной сети возрастает пропорционально увеличению таких статистических показателей, как численность населения и численность рабочих мест на 17%, при этом по району и городу не выявлено существенных проблем, вызванных чрезмерной нагрузкой на УДС района.

2 Разработка модели ключевых транспортных узлов на территории Серебряно-Прудского муниципального района Московской области

2.1 Проведение транспортных обследований с целью установления параметров транспортных потоков в ключевых транспортных узлах

2.1.1 Организация транспортных обследований ключевых узлов Серебряно-Прудского муниципального района

Исследование характеристик движения – это начальный и самый важный этап транспортного моделирования, так как от правильности сбора первичных данных и их обработки зависит адекватность результатов моделирования.

При формировании информации о состоянии дорожного движения в первую очередь необходимы данные, характеризующие транспортный поток.

При проведении работ по определению интенсивности движения в качестве основного способа фиксации всех событий на пересечениях в компании ООО ПФП «Квантэкс» использовалась видеосъемка, которая позволяет воспроизвести неограниченное число раз любой момент записи и просчитать все необходимые параметры движения транспорта по всем разрешенным маршрутам и типам транспорта. Такой способ позволяет собирать необходимые данные о составе и интенсивности дорожного движения в ключевых транспортных узлах и приступить к микромоделированию ключевых участков транспортной системы Серебряно-Прудского муниципального района.

По согласованию с администрацией Серебряно-Прудского муниципального района Московской области в качестве ключевых транспортных узлов были выбраны следующие:

- пересечение ул. Октябрьская и ул. 8 Марта (точка №1);
- пересечение ул. Привокзальная и ул. Ленина (точка №2);
- пересечение ул. Ленина и ул. Советская (точка №3).

В рамках первого этапа разработки Комплексной схемы организации дорожного движения Серебряно-Прудского муниципального района Московской области были собраны все необходимые данные для создания микромоделей.

На рисунке 41 показаны моделируемые участки УДС в плане города. Стрелками обозначены направления движения на пересечениях, для которых были выполнены замеры.



Рисунок 41 – Моделируемые участки УДС в плане города

2.1.2 Транспортное обследование пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

Замеры транспортных потоков на данном пересечении выполнялись полуавтоматическим способом. Съемка производилась видеокамерой, закрепленной на штативе (модель SONY HDR-CX250).

На рисунке 42 представлен кадр видеосъемки пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта.

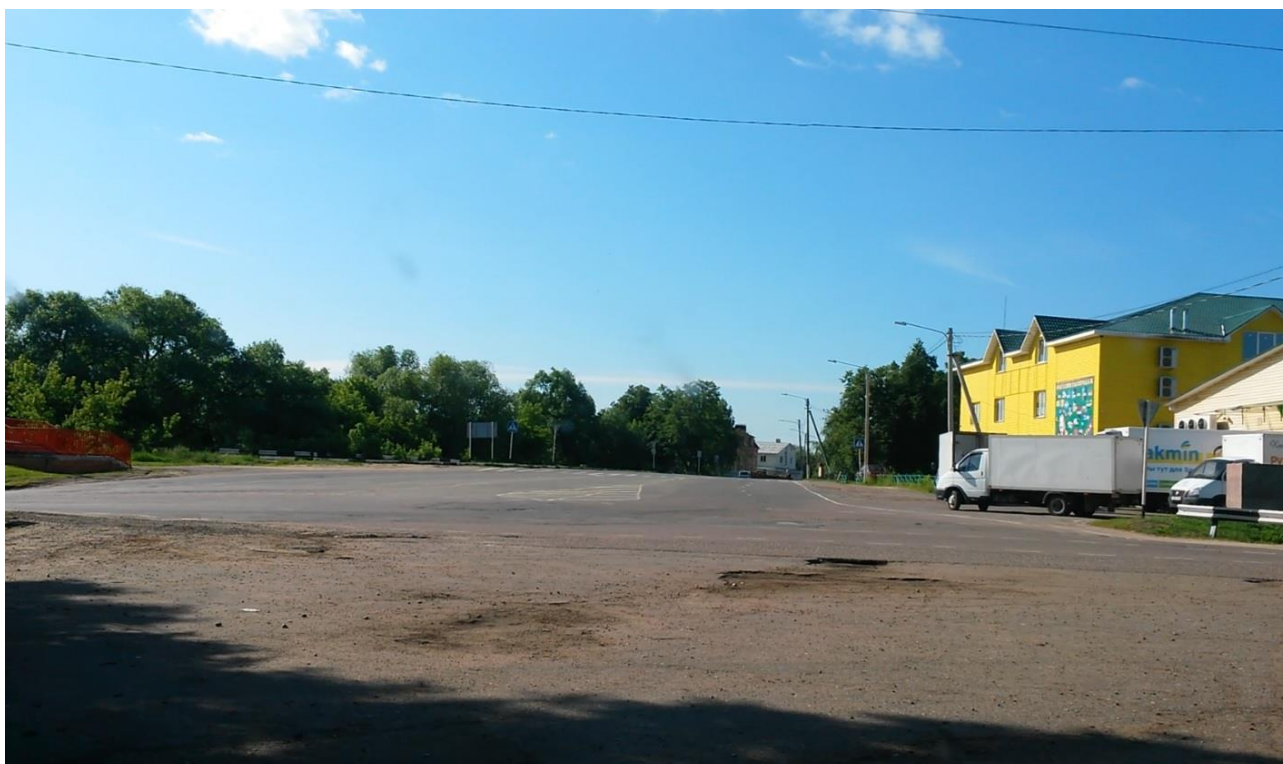


Рисунок 42 – Кадр видеосъемки пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

На рисунке 43 представлена конфигурация пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта, цифрами отмечены точки вход/выход перекрёстка. Вид пересечения – Т-образный перекрёсток, в составе которого 3 входа и 3 выхода. Главное направление движения на пересечении – выходы точек 1 и 3, а второстепенное – выход точки 2.



Рисунок 43 – Конфигурация пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

Данное пересечение содержит в себе 3 участка дороги, соединяющиеся в одном узле: участок улицы Октябрьской (1), участок улицы 8 Марта (2) и участок улицы Советская площадь (3). Дороги, входящие в состав пересечения являются дорогами IV категории. В непосредственной близости от пересечения находится здание, в котором сосредоточено большое количество инфраструктурных объектов посёлка городского типа Серебряные Пруды (художественная школа, салон связи, магазин и т.д.).

В таблице 5 приведены данные по интенсивности транспортных потоков на перекрестке улицы Октябрьской и улицы 8 Марта в период времени с 8-00 до 9-00 часов.

Таблица 5 – Интенсивность транспортных потоков на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

Вход	Маршрут	Вид ТС							Итого	Всего (вх. поток), ТС/час
		1	2	3	4	5	6	7		
1	1-2	2	0	2	105	1	16	17	143	260
	1-3	0	0	0	107	5	1	4	117	
2	2-1	0	0	1	114	1	14	3	133	182
	2_3	2	0	1	37	0	1	8	49	
3	3_1	1	0	2	55	4	0	3	65	98
	3_2	0	0	0	27	1	0	5	33	
Примечание – Типы ТС: 1 – автобус; 2 – троллейбус; 3 – ком. автобус; 4 – легковые а\м; 5 – маршрутное такси; 6 – большие грузовые; 7 – малые грузовые										

На рисунке 44 приведена схема разметки дорожного полотна, а в таблице 6 – результаты замеров ширины дорожного полотна на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта.

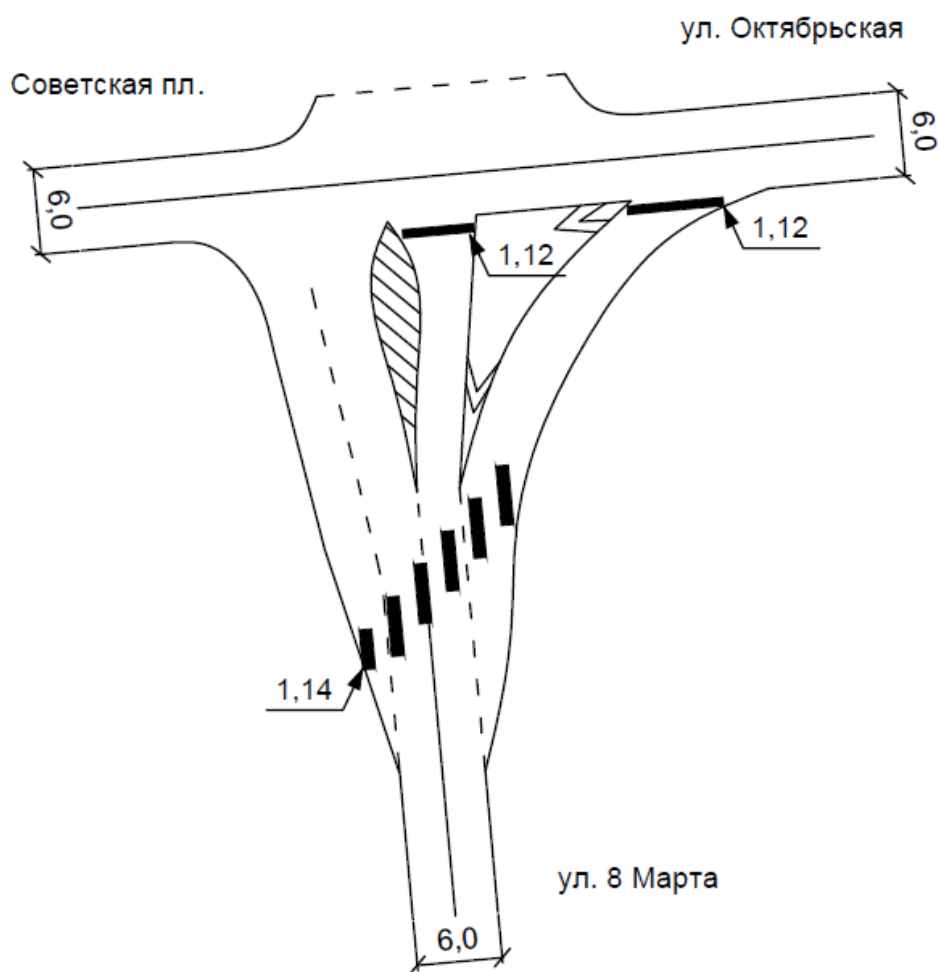


Рисунок 44 – Схема разметки дорожного полотна на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

Таблица 6 – Ширина дорожного полотна на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

Вход	Вперед (от входа), м	Назад, м
1	11,2	6,0
2	14,1	6,0
3	11,5	6,0

По результатам транспортного обследования пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта вероятности возникновения заторовых и повышенной вероятности возникновения аварийных ситуаций не выявлено.

2.1.3 Транспортное обследование пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина

Замеры транспортных потоков на данном пересечении выполнялись полуавтоматическим способом. Съемка производилась видеокамерой, закрепленной на штативе (модель SONY HDR-CX250).

На рисунке 45 представлен кадр видеосъемки пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина.



Рисунок 45 – Кадр видеосъемки пересечения улицы Привокзальной и улицы
Ленина

На рисунке 46 представлена конфигурация пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина, цифрами отмечены входы на перекресток.

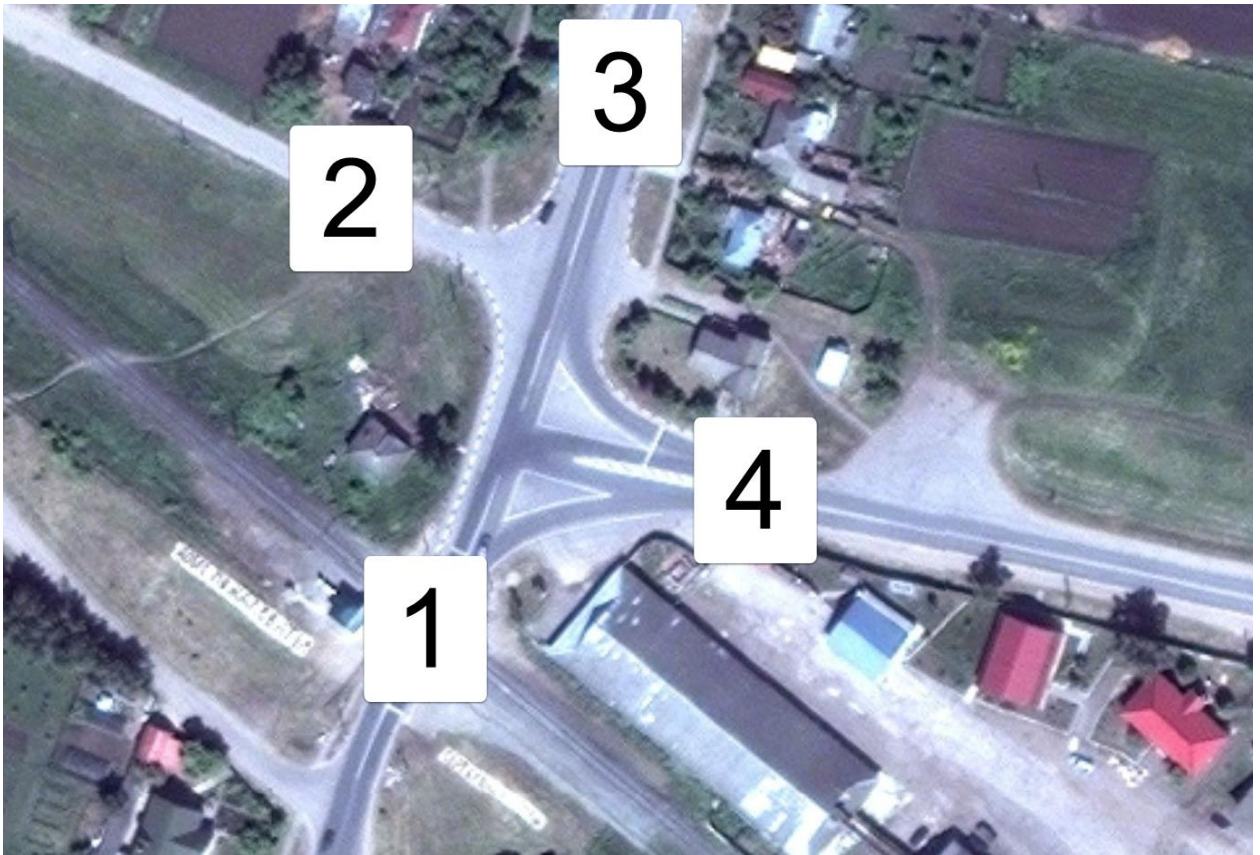


Рисунок 46 – Конфигурация пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина

Данное пересечение содержит в себе 4 участка дороги, соединяющиеся в одном узле: участок улицы Железнодорожной (1) является дорогой IV категории, участок улицы Колхозной (2) является дорогой IV категории, участок улицы Ленина (3) является дорогой IV категории и участок улицы Привокзальной (4) является дорогой III категории. В непосредственной близости от перекрёстка находится пересечение с железнодорожной веткой движения и улицы Железнодорожной. На подъезде к пересечению со стороны улицы Ленина находятся автобусные остановки.

В таблице 7 приведены данные по интенсивности транспортных потоков на перекрестке улицы Привокзальной и улицы Ленина в период времени с 8-00 до 9-00 часов.

Таблица 7 – Интенсивность транспортных потоков на пересечении улицы Привокзальной и улицы Ленина

Вход	Маршрут	Вид ТС							Итого	Всего (вх. поток)	Всего (исх. поток)	Всего (вх. поток вид ТС 4)	Всего (исх. поток вид ТС 4)
		1	2	3	4	5	6	7					
1	1-2	0	0	0	0	0	0	0	0	246	218	209	174
	1-3	1	0	0	94	3	0	8	106				
	1-4	1	0	1	115	1	10	12	140				
2	2-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	2-3	0	0	0	0	0	0	0	0				
	2-4	0	0	0	0	0	0	0	0				
3	3-1	0	0	2	105	3	0	18	128	193	152	156	129
	3-2	0	0	0	1	0	0	0	1				
	3-4	0	0	0	50	4	0	10	64				
4	4-1	0	0	0	69	1	3	17	90	136	204	104	165
	4-2	0	0	0	0	0	0	0	0				
	4-3	2	0	0	35	3	0	6	46				

На рисунке 47 приведены параметры дорог пересечения, а в таблице 8 – результаты замеров ширины дорожного полотна на пересечении улицы Привокзальной и улицы Ленина.

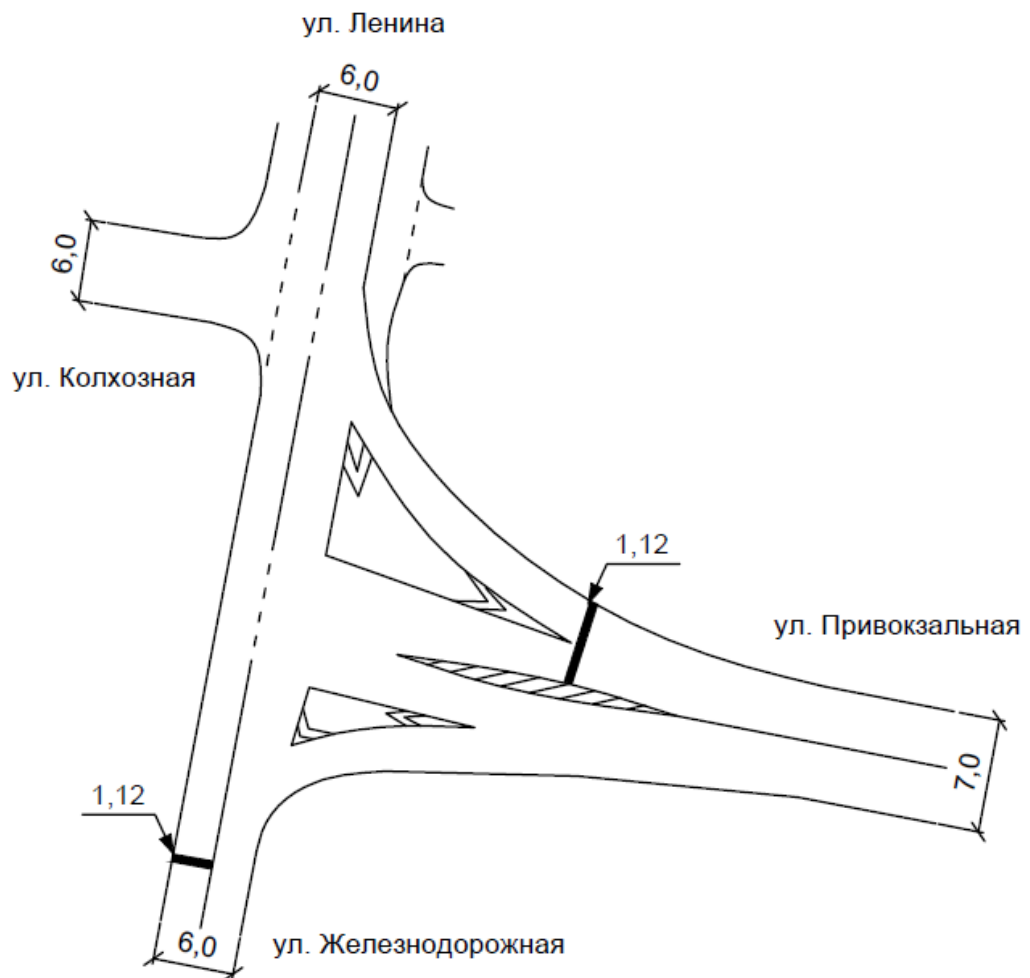


Рисунок 47 – Параметры дорог пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина

Таблица 8 – Ширина дорожного полотна на пересечении улицы Привокзальной и улицы Ленина

Вход	Вперед (от входа), м	Назад, м
1	7,1	6,0
2	11,2	6,0
3	14,1	7,0
4	8,23	7,0

По результатам транспортного обследования пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина вероятности возникновения заторовых и повышенной вероятности возникновения аварийных ситуаций не выявлено.

2.1.4 Транспортное обследование пересечения улицы Советской и улицы Ленина

Замеры транспортных потоков на данном пересечении выполнялись полуавтоматическим способом. Съемка производилась видеокамерой, закрепленной на штативе (модель SONY HDR-CX250).

На рисунке 48 представлен кадр видеосъемки пересечения улицы Советской и улицы Ленина.



Рисунок 48 – Кадр видеосъемки пересечения улицы Советской и улицы
Ленина

На рисунке 49 представлена конфигурация пересечения улицы Советской и улицы Ленина, цифрами отмечены входы на перекресток.

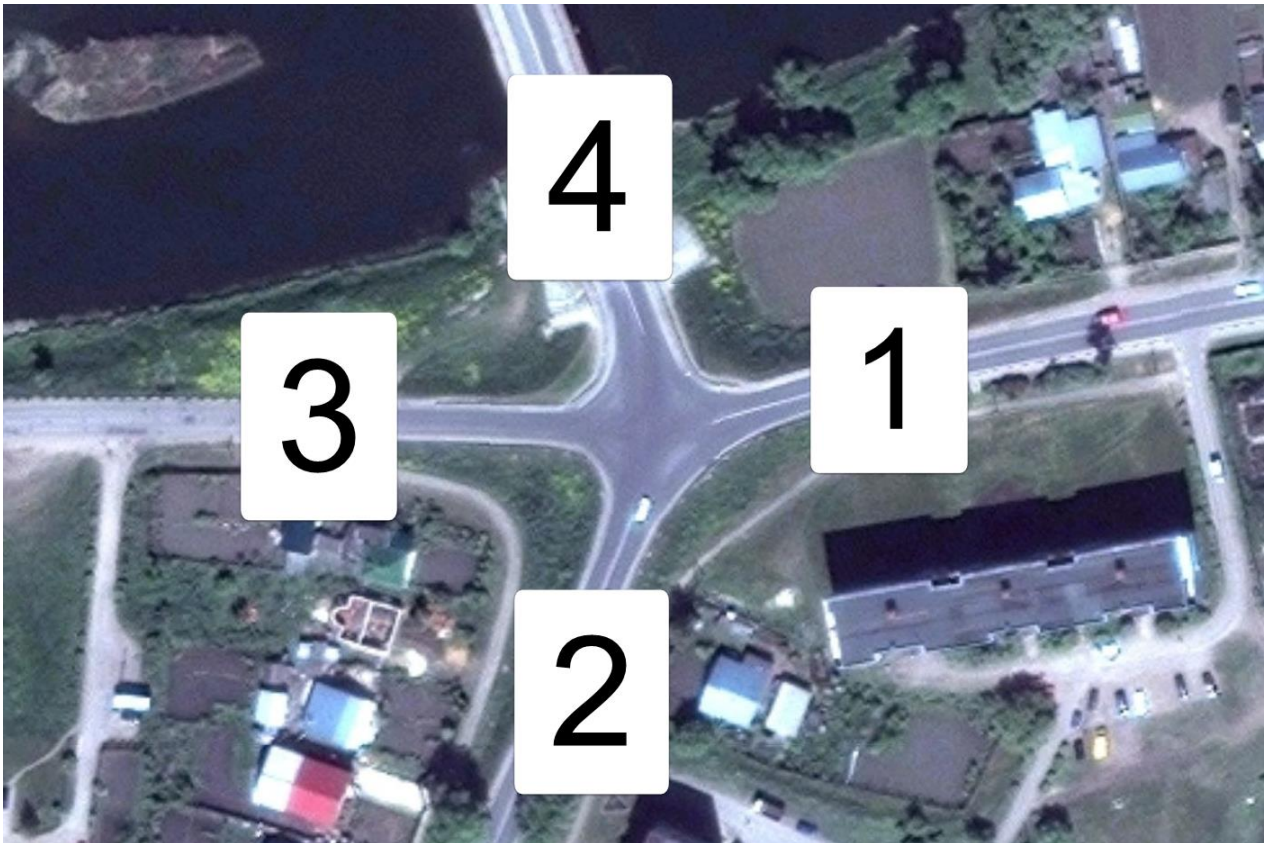


Рисунок 49 – Конфигурация пересечения улицы Советской и улицы Ленина

Данное пересечение содержит в себе 4 участка дороги, соединяющиеся в одном узле: участок улицы Советской (1) является дорогой IV категории, участок улицы Ленина (2) является дорогой IV категории, участок улицы Набережной (3) является дорогой IV категории и участок трассы Р-114 (4) является дорогой III категории. В непосредственной близости от перекрёстка находится мост через реку Осетр. Исследуемое пересечение находится на окраинном жилом районе поселка городского типа Серебряные Пруды.

В таблице 9 приведены данные по интенсивности транспортных и пешеходных потоков на перекрестке улицы Советской и улицы Ленина в период времени с 8-00 до 9-00 часов.

Таблица 9 – Интенсивность транспортных потоков на пересечении улицы Советской и улицы Ленина

Вход	Маршрут	Вид ТС							Итого	Всего (вх. поток)	Всего (исх. поток)	Всего (вх. поток вид ТС 4)	Всего (исх. поток вид ТС 4)
		1	2	3	4	5	6	7					
1	1-2	1			47	8		3	59	125	168	101	153
	1-3				24	1	1	2	28				
	1-4				30	5		3	38				
2	2-1	1			78	2	1	4	86	202	191	164	152
	2-3			1	15		5	2	23				
	2-4	1		1	71	1	11	8	93				
3	3-1				20	1	1		22	54	55	45	41
	3-2			1	21		3		25				
	3-4			1	4		1	1	7				
4	4-1	1		1	55			3	60	171	138	141	105
	4-2	3			84	1	12	7	107				
	4-3				2		1	1	4				

На рисунке 50 приведена схема параметров дорог пересечения улицы Советской и улицы Ленина, а в таблице 10 – результаты замеров ширины дорожного полотна на пересечении улицы Советской и улицы Ленина.

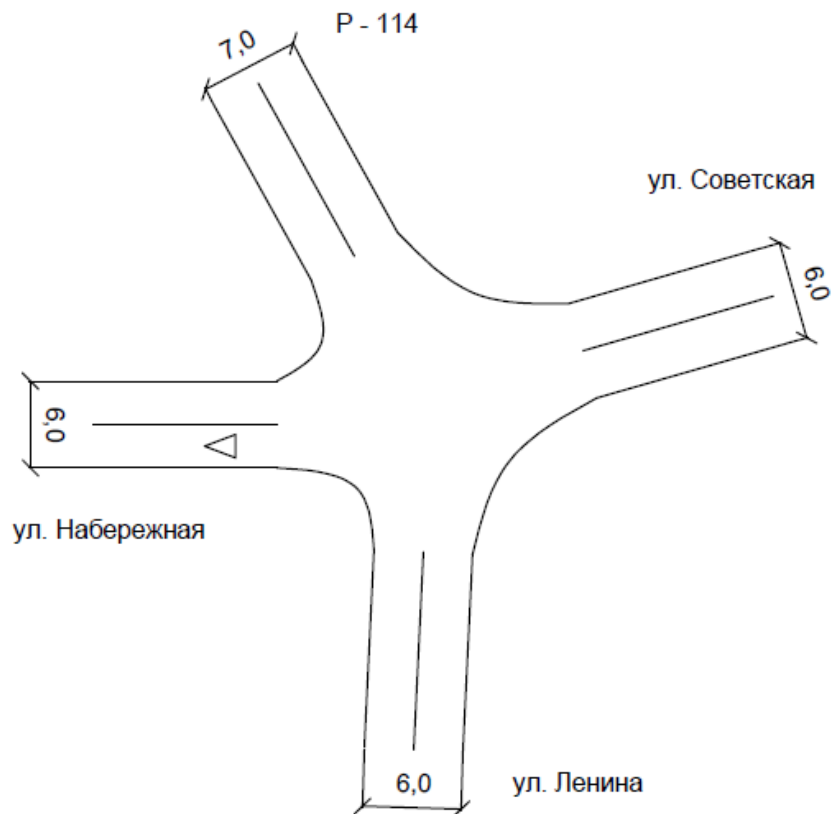


Рисунок 50 – Параметры дорог пересечения улицы Советской и улицы Ленина

Таблица 10 – Ширина дорожного полотна на пересечении улицы Советская и улицы Ленина

Вход	Вперед (от входа), м	Назад, м
1	9,04	6,0
2	9,43	6,0
3	6,61	6,0
4	9,32	6,0

По результатам транспортного обследования пересечения улицы Советской и улицы Ленина вероятности возникновения заторовых и повышенной вероятности возникновения аварийных ситуаций не выявлено.

2.2 Разработка базовых микромоделей ключевых транспортных узлов на основании результатов проведенных транспортных обследований с возможностью компьютерной симуляции транспортных потоков

2.2.1 Методология разработки микромоделей ключевых транспортных узлов

Задачи по определению узких мест транспортной системы и оценке эффективности мероприятий по ее организации позволяет решать транспортное микро моделирование. В рамках такого подхода создается микро модель исследуемого участка, проводится проверка ее адекватности реальной ситуации, определяются критерии оценки различных вариантов организации дорожного движения, проводится модификация исходной модели с учетом каждого варианта и их сравнение по выработанным критериям.

В качестве средства микро моделирования использовалось программное обеспечение PTV Vision® VISSIM [18]. Основными компонентами микро модели являются:

- масштабированная графическая основа, представляющая моделируемый участок;
- конфигурация дорожной сети с разметкой и дорожными знаками;
- расположение и режимы работы светофорных объектов;
- состав и интенсивность транспортных потоков на всех входах дорожной сети;
- маршрутная сеть с распределенной по типу ТС относительной нагрузкой.

ViSSim базируется на моделях транспортного потока и регулировании с помощью светосигнальных установок [18]. Они обмениваются данными измерений детекторов и данными о состоянии светофорного регулирования.

Имитация движения транспортных средств или пешеходов может выполняться в ViSSim в виде анимации. Многие важные транспортно-

технические параметры наглядно отображаются в окнах или выводятся в файлы или базы данных, к примеру, распределение времени в пути и распределение времени задержки, дифференцированные по группам пользователей.

Модель транспортного потока определяет модель поведения за впереди идущим с целью отображения движения в колонне за впереди идущим транспортным средством по одной полосе движения, а также модель смены полосы движения.

Транспортные средства перемещаются в сети с помощью модели транспортного потока. Качество модели транспортного потока оказывает существенное влияние на качество имитации. В отличие от более простых моделей, в которых за основу берутся постоянные скорости и неизменное поведение следования за впереди идущими транспортными средствами, Vissim использует психофизиологическую модель восприятия Видемана (1974 г.) (Виды движения в модели транспортного потока по Видеману) [18]. Основная идея модели базируется на том, что водитель транспортного средства, движущегося с более высокой скоростью, начинает тормозить при достижении своего индивидуального порога восприятия относительно удаленности от впереди идущего транспортного средства. Так как водитель не может точно оценить скорость впереди идущего ТС, то его скорость будет падать ниже скорости впереди идущего транспортного средства, отсюда он опять-таки после достижения своего порога восприятия легко ускоряется. Это ведет к постоянному легкому ускорению и замедлению. Разное поведение водителей учитывается с помощью функций распределения через изменение скорости и дистанции.

Модель следования за впереди идущим была принята эталонной после многочисленных эмпирических исследований, проведенных техническим университетом г. Карлсруэ. Более актуальные измерения доказывают, что изменившаяся за последние годы манера езды и технические возможности транспортных средств корректно отображаются в данной модели.

На многополосных проезжих частях водитель учитывает в Vissim модели не только впереди едущие транспортные средства, но и ТС на обеих соседних полосах. Дополнительно ССУ, например, в 100 м перед стоп-линией ведет к повышенному вниманию водителя.

В Vissim по сети двигаются так называемые единицы *водитель - транспортное средство*. Каждый водитель располагает параметрами поведения, связанными с определенным транспортным средством. Таким образом поведение водителей совпадает с техническими возможностями транспортного средства. Атрибуты, которые характеризуют единицу водитель-транспортное средство, можно подразделить на следующие категории:

- техническая спецификация транспортного средства (длина ТС, максимальная скорость, потенциальное ускорение, актуальная позиция ТС в сети актуальная скорость и ускорение);

- поведение единицы водитель-транспортное средство (психофизическая граница восприятия водителя, память водителя, ускорение в зависимости от актуальной скорости и желаемой скорости водителя);

- зависимость между единицами водитель-транспортное средство (связь с впереди идущими и последующими транспортными средствами на собственной и соседних полосах движения, ссылка на актуально используемый участок сети и следующий узел, ссылка на следующий дорожный знак).

За счет использования поведенческой модели Видемана и учета множества параметров в Vissim достигается максимально реалистичная имитация характера движения ТС.

Последовательность действий по разработке базовой микромодели в Vissim выглядит следующим образом.

На первом этапе микромоделирования решаются такие задачи как изучение и анализ исходной информации и документации, уточнение имеющейся информации (план-схемы, карты и пр.), определение

недостающей информации, разработка плана съемки ключевых элементов моделируемого участка и расчета транспортных потоков, проходящих через район моделирования.

Далее осуществляется построение микромоделей анализируемого участка, ввод всей необходимой информации. После построения микромоделей осуществляется первоначальное моделирование с целью измерения параметров разработанной модели для последующих процедур оценки адекватности и калибровки.

После осуществления процедур калибровки получается микромодель, адекватно отражающая реальную транспортную ситуацию на анализируемом участке УДС. Следующий этап моделирования предполагает внесение изменений в схемы организации дорожного движения и анализ эффективности таких изменений. В результате моделирования можно разработать обоснованные мероприятия по оптимизации организации дорожного движения на анализируемом участке УДС.

Порядок построения микромоделей и оценка её адекватности будет приведен в пункте 1.2.2 на примере построения микромоделей пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта. В последующих пунктах, описывающих построение базовых микромоделей, подробное описание будет опущено и будут приведены основные ключевые этапы.

2.2.2 Построение базовой микромоделей пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

В качестве растровой основы для построения микромоделей в программе PTV Vision VISSIM использовалась спутниковая карта, из открытого источника, имеющая достаточный уровень точности. Фрагмент карты приведен на рисунке 51.

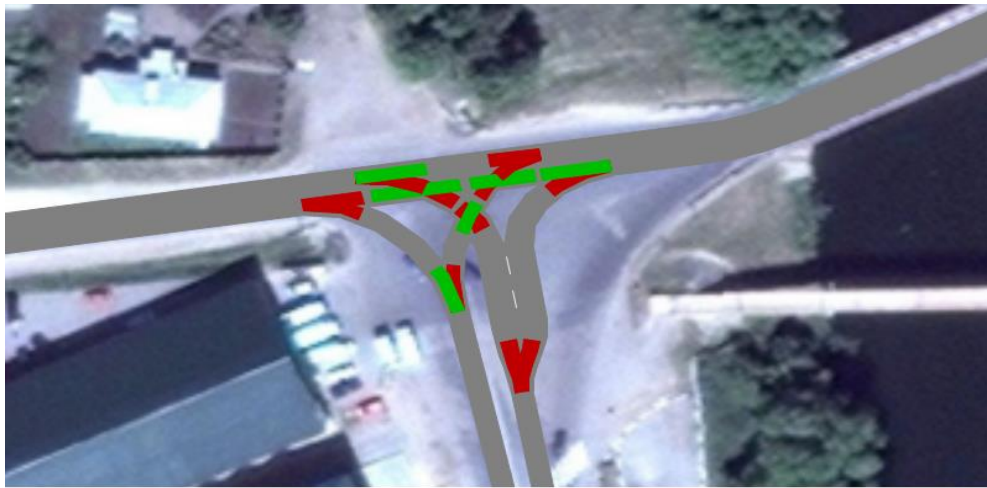


Рисунок 51 — Графическая основа первой микромодел

В программе VISSIM транспортная схема состоит из множества объектов, позволяющих воссоздать реальную ситуацию в модели. Порядок создания микромодел

- моделирование дорожно-транспортной сети
- инициализация транспортных корреспонденций
- организация измерительных пунктов для выполнения анализа дорожно-транспортной ситуации
- запуск симуляции движения ТС, запись данных, полученных на измерительных пунктах

Моделирование дорожно-транспортной сети начинается с создания графической основы модели и её масштабирования. Далее на графическую основу наносятся отрезки УДС, повторяющие конфигурацию реального пересечения, наносится дорожная разметка и определяется поведение ТС в конфликтных точках пересечения (рисунок 52).



 - конфликтные зоны
 - конфликтные зоны
 - отрезки УДС

Рисунок 52 – Графическая основа модели с отрезками УДС, разметкой и конфликтными зонами

Инициализация транспортных корреспонденций включает в себя определение интенсивности входящих потоков по каждому направлению движения и относительной нагрузки в процентном соотношении, определяющей состав дорожно-транспортной сети (легковые автомобили, общественный транспорт, грузовые автомобили, пешеходы и т.д.). Также инициализация транспортных корреспонденций включает в себя создание маршрутов движения индивидуального транспорта (ИТ), создание маршрутов движения общественного транспорта (ОТ) и создание при необходимости маршрутов движения пешеходов (рисунок 53).



Рисунок 53 – Графическая основа с маршрутными отрезками

Организация измерительных пунктов включает в себя установку детекторов по измерению длины затора, установку датчиков скорости, а также времени в пути на пересечении. Полученные данные анализируются и характеризуют транспортную ситуацию на смоделированном пересечении (рисунок 54).






-  - счётчик заторов
-  - детектор скорости
-  - измерительный пункт времени в пути

Рисунок 54 – Организация измерительных пунктов

Последним этапом моделирования является запуск симуляции функционирования транспортной сети и запись данных, полученных на измерительных пунктах для дальнейшего анализа. Кадр симуляции транспортных потоков в 3D режиме представлен на рисунке 55.



Рисунок 55 — Симуляция движения транспортных потоков в модели

Для оценки адекватности построенной транспортной модели нужно проанализировать данные полученные в ходе компьютерной симуляции в программе PTV Vissim. Для достижения данной цели необходимо замерить входящие и выходящие потоки в имитационной модели с помощью программных счетчиков и провести их сопоставление с реальными показателями, полученными в ходе натурных замеров на УДС.

Сопоставление расчетных (модельных) данных и данных замеров на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта представлено в таблице 11.

Таблица 11 – Сопоставление расчётных данных и данных замеров на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

Название измерительного пункта (ИП)	Количество транспортных средств через ИП	
	Базовая модель	Паспортные данные
Вход 1	262	260
Выход 1	210	198
Вход 2	185	182

Выход 2	183	176
Вход 3	98	98
Выход 3	150	166

По данным, полученным в ходе натурных наблюдений и счетчиков транспорта из программы PTV Vissim на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта, коэффициент детерминации, вычисленный с помощью встроенной функции Microsoft Excel, R^2 равен 0.972, а показатель корреляции, также вычисленный с помощью встроенной функции Microsoft Excel, составил 0,985. На рисунке 56 представлены результаты корреляционного анализа базовой микромоделю пересечений улицы Октябрьской и улицы 8 Марта.

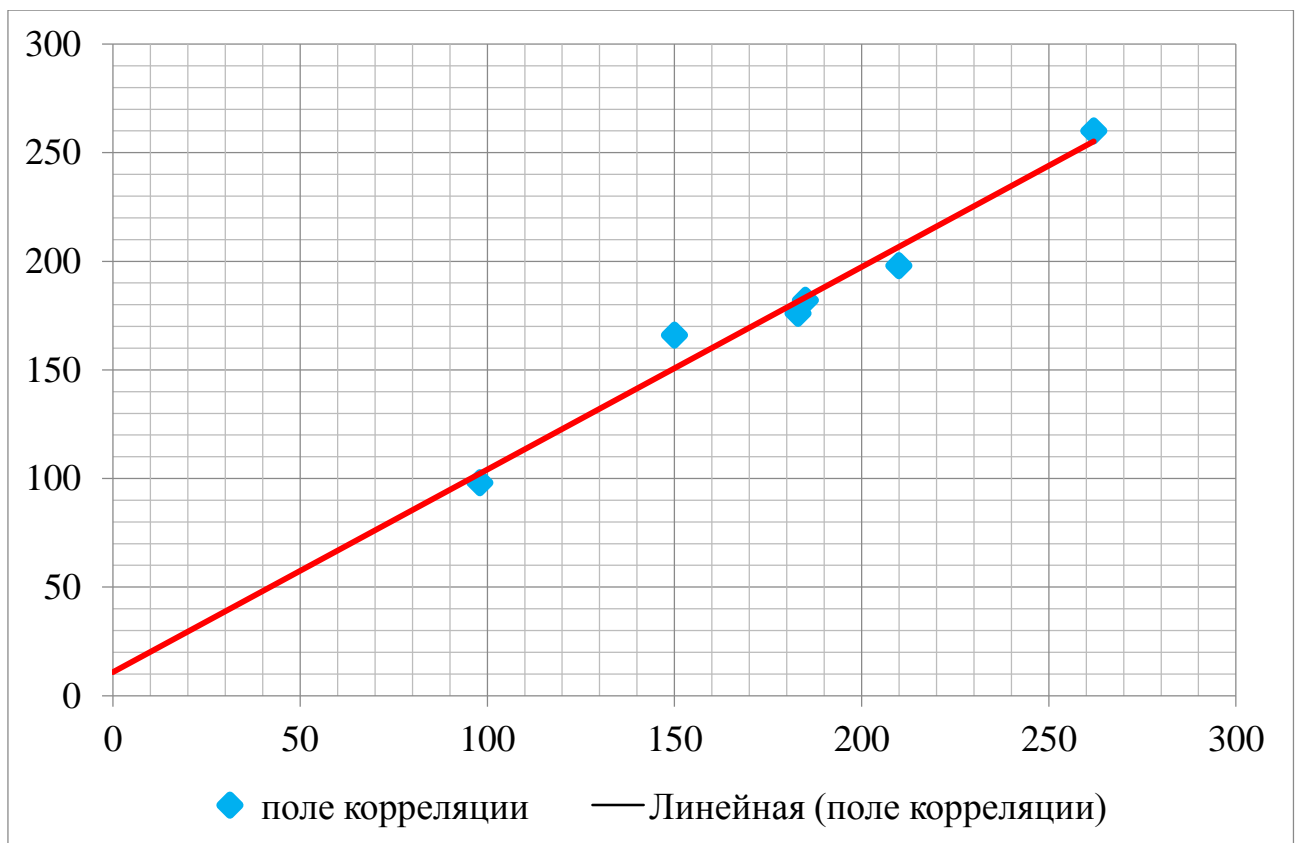


Рисунок 56 — Корреляция измеренных и полученных из модели часовых интенсивностей потоков ТС на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

Рассчитанные показатели корреляции полученных данных в имитационной модели и данных натуральных замеров показали корректность полученной модели и возможность ее использования для анализа мероприятий по оптимизации организации дорожного движения.

2.2.3 Построение базовой микромодели пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина

Для построения базовой микромодели пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина использовалась картографическая основа, полученная из открытого источника (рисунок 57).



Рисунок 57 — Графическая основа микромодели

Симуляция транспортных потоков в 2D режиме выполненная в программном пакете PTV Vissim представлена на рисунке 58.



Рисунок 58 — Симуляция движения транспортных потоков в модели

Сопоставление расчетных (модельных) данных и данных замеров на пересечении улицы Привокзальной и улицы Ленина представлено в таблице 12.

Таблица 12 – Сопоставление расчётных данных и данных замеров на пересечении улицы Привокзальной и улицы Ленина

Название измерительного пункта (ИП)	Количество транспортных средств через ИП	
	Базовая модель	Паспортные данные
Вход 1	248	246
Выход 1	233	218
Вход 2	0	0
Выход 2	0	1
Вход 3	193	193
Выход 3	160	152
Вход 4	138	136
Выход 4	185	204

По данным, полученным в ходе натуральных наблюдений и счетчиков транспорта из программы PTV Vissim на пересечении улицы Привокзальной и улицы Ленина, коэффициент детерминации R^2 равен 0,9945, а показатель корреляции составил 0.9972.

На рисунке 59 представлены результаты корреляционного анализа базовой микромоделю пересечений улицы Привокзальной и улицы Ленина.

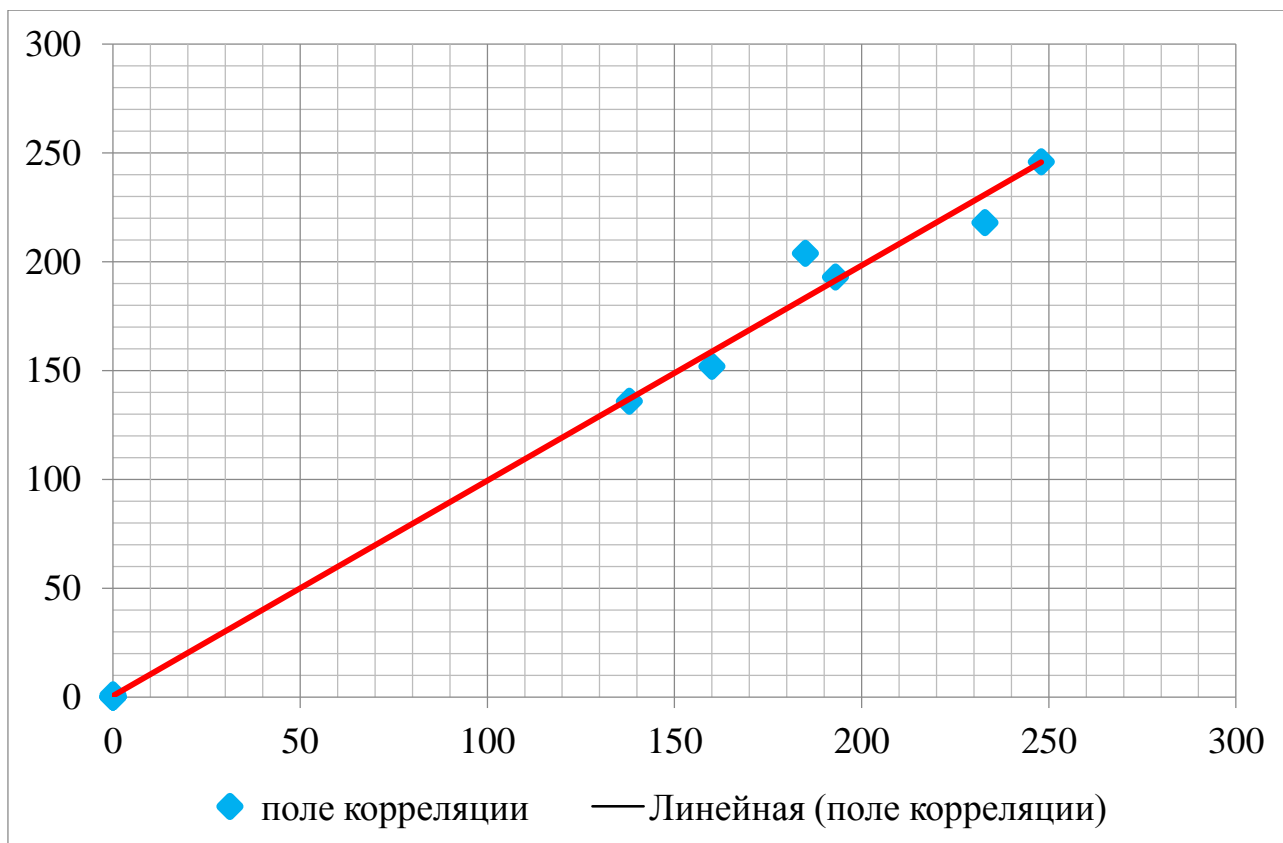


Рисунок 59 — Корреляция измеренных и полученных из модели часовых интенсивностей потоков ТС на пересечении улицы Привокзальной и улицы Ленина

Рассчитанные показатели корреляции полученных данных в имитационной модели и данных натуральных замеров показали корректность полученной модели и возможность ее использования для анализа мероприятий по оптимизации организации дорожного движения.

2.2.4 Построение базовой микромоделю пересечения улицы Советской и улицы Ленина

Для построения базовой микромоделю пересечения улицы Советской и улицы Ленина использовалась картографическая основа, полученная из открытого источника (рисунок 60).



Рисунок 60 — Графическая основа микромоделю

Симуляция транспортных потоков в 2D режиме выполненная в программном пакете PTV Vissim представлена на рисунке 61.



Рисунок 61 — Симуляция движения транспортных потоков в модели

Сопоставление расчетных (модельных) данных и данных замеров на пересечении улицы Советской и улицы Ленина представлено в таблице 13.

Таблица 13 – Сопоставление расчётных данных и данных замеров на пересечении улицы Советской и улицы Ленина

Название измерительного пункта (ИП)	Количество транспортных средств через ИП	
	Базовая модель	Паспортные данные
Вход 1	123	125
Выход 1	179	168
Вход 2	200	202
Выход 2	205	191
Вход 3	53	54
Выход 3	46	55
Вход 4	171	171
Выход 4	117	138

По данным, полученным в ходе натуральных наблюдений и счетчиков транспорта из программы PTV Vissim на пересечении улицы Советской и улицы Ленина, коэффициент детерминации R^2 равен 0,9746, а показатель корреляции составил 0.9872.

На рисунке 62 представлены результаты корреляционного анализа базовой микромоделю пересечений улицы Советской и улицы Ленина.

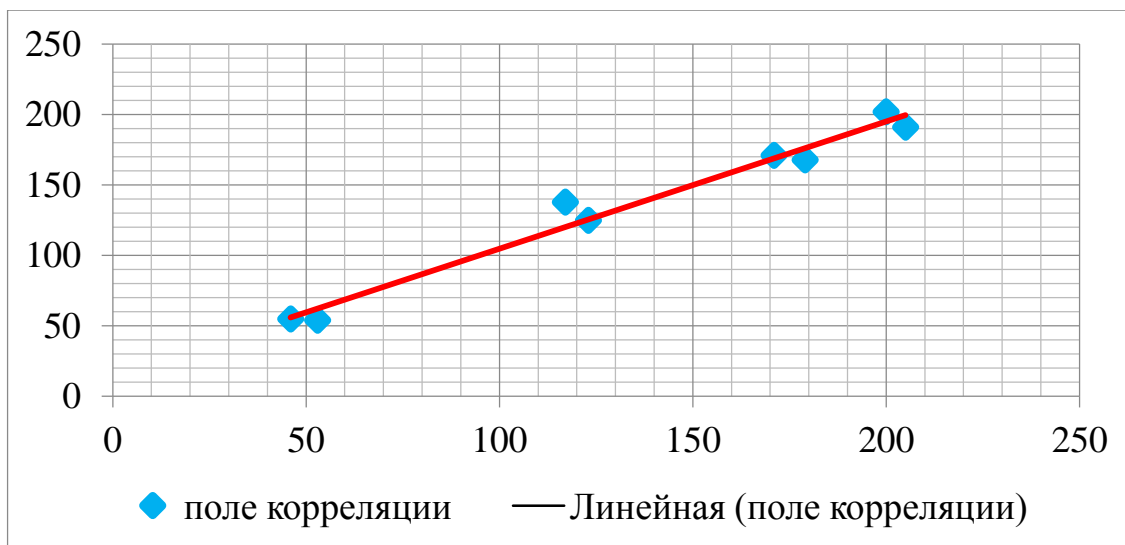


Рисунок 62 — Корреляция измеренных и полученных из модели часовых интенсивностей потоков ТС на пересечении улицы Советской и улицы Ленина

Рассчитанные показатели корреляции полученных данных в имитационной модели и данных натуральных замеров показали корректность полученной модели и возможность ее использования для анализа мероприятий по оптимизации организации дорожного движения.

2.3 Расчет времени в пути, распределения средней скорости транспортного потока и длины заторов в моделируемых ключевых транспортных узлах

Для оценки основных параметров движения ТС в Vissim используются измерительные пункты (ИП). Показатели измерительных пунктов выявляют и характеризуют проблемы, возникающие на анализируемых участках УДС. Измерительные пункты в Vissim имеют возможность записи различных типов параметров движения такие, как средняя скорость, длина затора, количество ТС проехавших ИП, ускорение и т.д. В данной работе основными типами параметров для анализа дорожно-транспортных ситуаций приняты распределение средних скоростей и длина заторов на исследуемых пересечениях. Средняя скорость измеряется в км/ч, а длина заторов измеряется в метрах.

Измерительные пункты устанавливаются на подходах к пересечению для входящих и выходящих потоков. На рисунках, отображенных ниже, входящие и выходящие измерительные пункты обозначены стрелками.

Пересечение улицы Октябрьской и улицы 8 Марта является Т-образным, т.е. имеет 3 входа и 3 выхода (рисунок 63). Пересечение улицы Привокзальной и улицы Ленина является Х-образным и имеет 4 входа и 4 выхода (рисунок 64). Пересечение улицы Советской и улицы Ленина является Х-образным и имеет 4 входа и 4 выхода (рисунок 65).

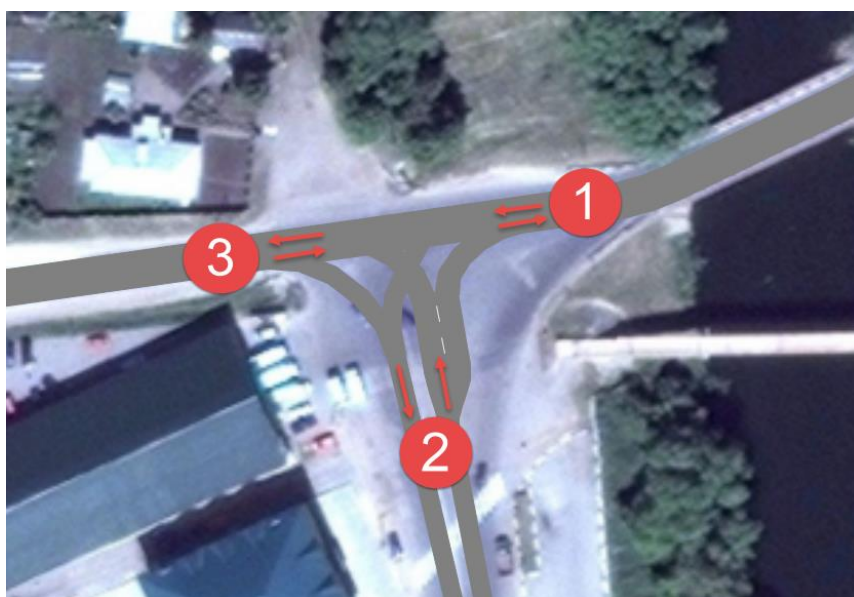


Рисунок 63 — Расположение и маркировка измерительных пунктов в программном обеспечении PTV Vissim на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

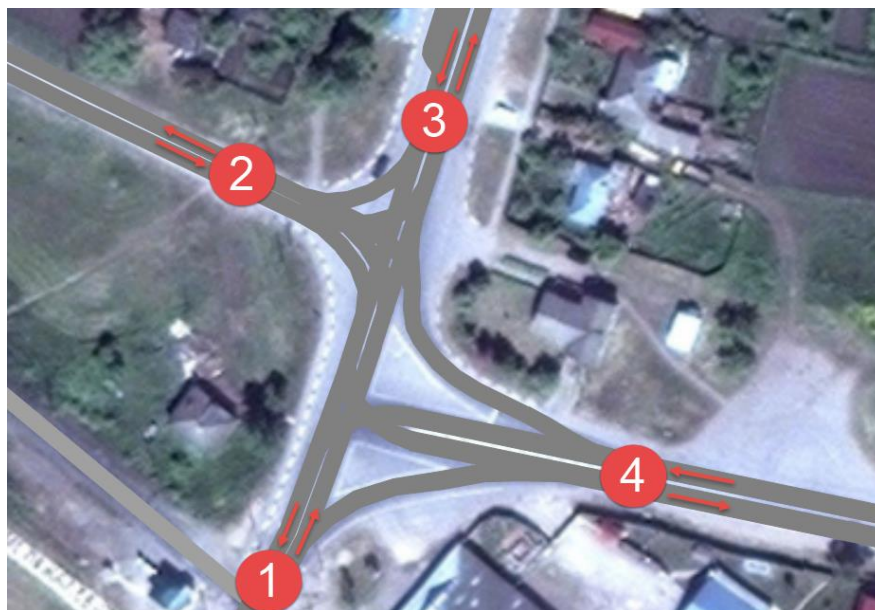


Рисунок 64 — Расположение и маркировка измерительных пунктов в программном обеспечении PTV Vissim на пересечении улицы Привокзальной и улицы Ленина

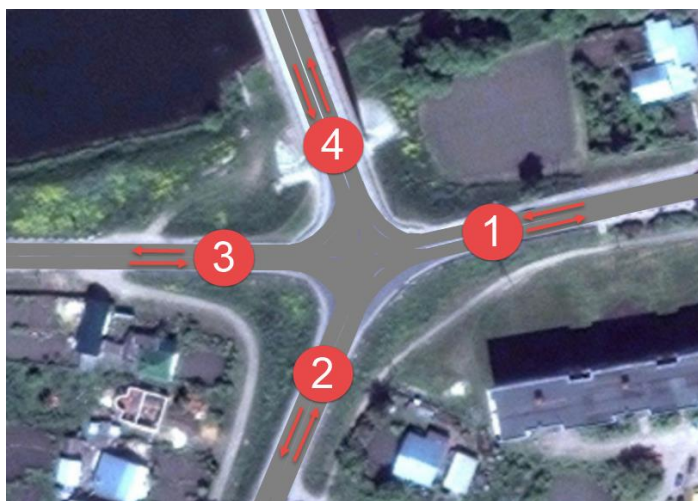


Рисунок 65 — Расположение и маркировка измерительных пунктов в программном обеспечении PTV Vissim на пересечении улицы Советской и улицы Ленина

В таблице 14 приведены измеренные параметры по результатам моделирования.

Таблица 14 – Распределение средней скорости движения ТС и средняя длина заторов в ключевых транспортных узлах

Наименование узла	Номер ИП	Средняя скорость, км/ч		Средняя длина затора, м
		Вход	Выход	
Пересечение улицы Октябрьской и улицы 8 Марта	1	51,27	48,17	0,011
	2	55,23	56,27	0,042
	3	51,19	51,64	0
Пересечение улицы Привокзальной и улицы Ленина	1	16,75	16,20	0
	2	-	-	0
	3	54,22	57,36	0
	4	50,59	56,22	0,08
Пересечение улицы Советской и улицы Ленина	1	45,70	47,59	0
	2	56,20	52,10	0,01
	3	41,76	51,11	0
	4	48,54	55,96	0

В качестве одного из методов оценки пропускной способности транспортного узла использовался расчет времени в пути.

Получить нужные данные в модели позволяет установка детекторов времени проезда, в качестве которых использовались данные программных детекторов о среднем времени проезда ТС в самом загруженном направлении.

Для получения корректных результатов измерений в процессе имитации период моделирования продлевают на 600 с, а сбор данных осуществляется с 10 минуты моделирования. Такой сдвиг необходим, поскольку на начальном этапе имитации транспортные средства вводятся в модель постепенно и

транспортная сеть является недогруженной по сравнению с реальной ситуацией.

Детекторы времени в пути в моделях были установлены на расстоянии 500 метров от пересечения. Они измеряют время, за которое ТС освобождают отрезок пути идущий до пересечения. Для Т-образного пересечения количество измерений времени в пути равно трём, а для Х-образного пересечения количество измерений времени в пути равно четырём. Каждый детектор времени проезда был установлен на соответствующем заезде на пересечение.

По результатам моделирования были получены следующие данные (Таблица 15).

Таблица 15 – Оценка времени в пути и количества ТС в сети

Транспортный узел	Время имитации	Общее время в пути, сек			
		Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4
Пересечение улицы Октябрьской и улицы 8 Марта	600-1200	32,49	32,30	34,42	-
	1200-1800	34,4	32,67	31,77	-
	1800-2400	32,69	32,88	31,61	-
	2400-3000	33,72	31,69	32,84	-
	3000-3600	31,66	31,77	31,73	-
	3600-4200	33,05	35,65	32,83	-
Пересечение улицы Привокзальной и улицы Ленина	600-1200	35,46	-	29,76	29,7
	1200-1800	36,58	-	28,96	28,95
	1800-2400	36,88	-	29,32	30,16
	2400-3000	36,73	-	31,81	29,69
	3000-3600	36,09	-	31,7	28,99
	3600-4200	36,28	-	29,81	29,69
Пересечение улицы Советской и улицы Ленина	600-1200	30,19	28,84	32,63	28,51
	1200-1800	31,54	29,5	30,51	28,3
	1800-2400	30,92	29,56	30,5	28,82
	2400-3000	31,47	29,08	30,96	30,06
	3000-3600	29,91	29,33	29,91	29,34

	3600-4200	31,23	28,59	29,63	30,02
--	-----------	-------	-------	-------	-------

Ниже представлены графики, отражающие изменение времени проезда через анализируемые участки в течение часа (рисунки 66, 67, 68).

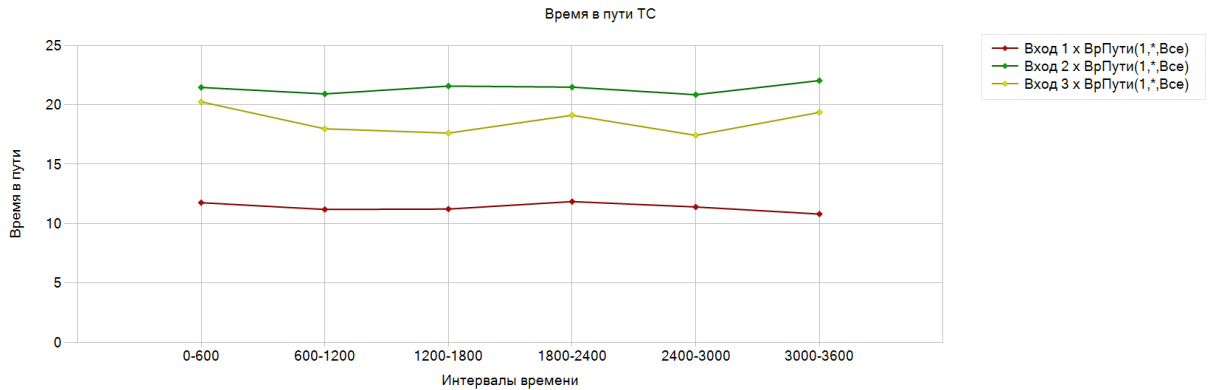


Рисунок 66 – График изменение времени проезда пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

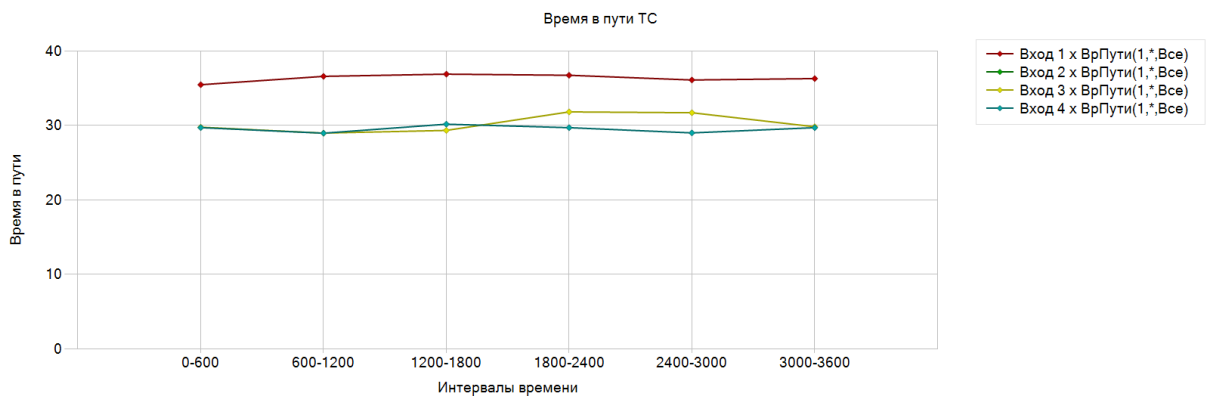


Рисунок 67 – График изменение времени проезда пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина

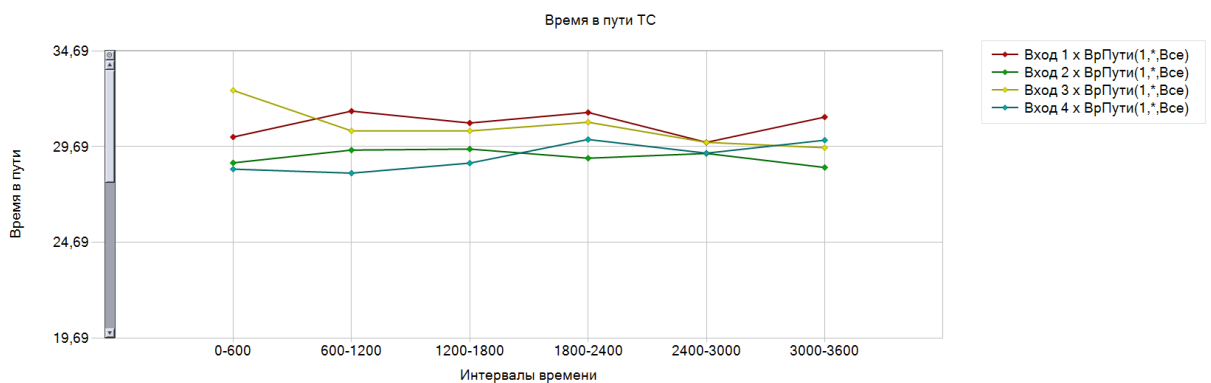


Рисунок 68 – График изменение времени проезда пересечения улицы Советской и улицы Ленина

Также для выявления возникновения заторовых ситуаций проводится анализ времени задержек на пересечении, который выполняется на основании анализа времени в пути на пересечении. Результаты измерения времени задержек на всех входах на перекресток представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты измерения времени задержек

Транспортный узел	Время имитации	Среднее время задержек, сек			
		Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4
Пересечение улицы Октябрьской и улицы 8 Марта	600-1200	2,89	2,95	1,31	-
	1200-1800	1,7	2,37	0,38	-
	1800-2400	2,53	2,88	0,6	-
	2400-3000	2,85	2,25	1,35	-
	3000-3600	2,73	2,13	0,81	-
	3600-4200	1,73	2,58	1,88	-
Пересечение улицы Привокзальной и улицы Ленина	600-1200	1,41	-	0,59	0,83
	1200-1800	2,25	-	0,49	0,59
	1800-2400	2,46	-	0,38	1,25
	2400-3000	2,4	-	2,02	0,73
	3000-3600	2,33	-	1,54	0,54
	3600-4200	1,89	-	0,62	0,54
Пересечение улицы Советской и улицы Ленина	600-1200	1,78	0,54	1,24	0,26
	1200-1800	2,84	0,86	1,14	0,21
	1800-2400	1,84	0,73	1,33	0,20
	2400-3000	1,2	0,62	1,66	0,55
	3000-3600	1,43	0,57	1,36	0,27
	3600-4200	2,02	0,29	1,89	0,73

Были получены картограммы скоростей на моделируемых участках, а также картограммы интенсивности ТП.

На рисунке 69 отображена картограмма средних скоростей для пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта.



Рисунок 69 – Картограмма средней скорости для пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

На рисунке 70 отображена картограмма средних скоростей для пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина.



Рисунок 70 – Картограмма средней скорости для пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина

На рисунке 71 отображена картограмма средних скоростей для пересечения улицы Советской и улицы Ленина



Рисунок 71 – Картограмма средней скорости для пересечения улицы Советской и улицы Ленина

На рисунке 72 отображена картограмма интенсивности ТП для пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта.



Рисунок 72 – Картограмма интенсивности ТП для пересечения улицы Октябрьской и улицы 8 Марта

На рисунке 73 отображена картограмма интенсивности ТП для пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина.



Рисунок 73 – Картограмма интенсивности ТП для пересечения улицы Привокзальной и улицы Ленина

На рисунке 74 отображена картограмма интенсивности ТП для пересечения улицы Советской и улицы Ленина.



Рисунок 74 – Картограмма интенсивности ТП для пересечения улицы Советской и улицы Ленина

Таким образом, были разработаны адекватные транспортные микромодели пересечений в ключевых узлах и определены их основные характеристики.

2.4 Расчет перераспределения транспортных потоков в ключевых транспортных узлах на основании планов развития улично-дорожной сети

На основании данных о повышении уровня автомобилизации в перспективе на 2035 год, полученных из «Схемы территориального планирования Серебряно-Прудского муниципального района Московской области», была смоделирована перспективная ситуация на анализируемых пересечениях. Текущий уровень автомобилизации в районе равен 420 автомобилей на 1000 человек из расчета, что по данным предоставленным ГИБДД зарегистрировано 10500 автомобилей на территории Серебряно-Прудского муниципального района, а численность жителей района составляет 25000 человек. Уровень автомобилизации на 2035 год прогнозируется приблизительно 430 автомобилей на 1000 человек при росте населения до 30000 человек. Количество зарегистрированных автомобилей в результате вычислений будет равно 13200. При сравнении текущего количества автомобилей с прогнозируемым был сделан вывод, что интенсивность входящих потоков в перспективе увеличится на 21% к 2035 году. Для моделирования перспективной ситуации интенсивность входящих потоков в моделях анализируемых пересечений была увеличена на 21%.

В таблице 17 приведены измеренные параметры по результатам моделирования перспективной ситуации на моделируемых узлах.

Таблица 17 – Распределение средней скорости движения ТС и средняя длина заторов в ключевых транспортных узлах с учетом увеличения нагрузки

Наименование узла	Номер ИП	Средняя скорость, км/ч		Средняя длина затора, м
		Вход	Выход	

Пересечение улицы Октябрьской и улицы 8 Марта	1	50,6	48,13	0,01
	2	54,89	56,27	0,11
	3	50,46	51,23	0
Пересечение улицы Привокзальной и улицы Ленина	1	16,74	16,06	0
	2	-	-	0
	3	52,35	56,97	0,01
	4	50,45	56,25	0,02
Пересечение улицы Советской и улицы Ленина	1	42,54	46,98	0,24
	2	55,44	52,47	0
	3	41,97	49,91	0
	4	56,06	55,48	0

На рисунке 75 представлен график сравнения распределения скоростей на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта в текущей и перспективной ситуациях.

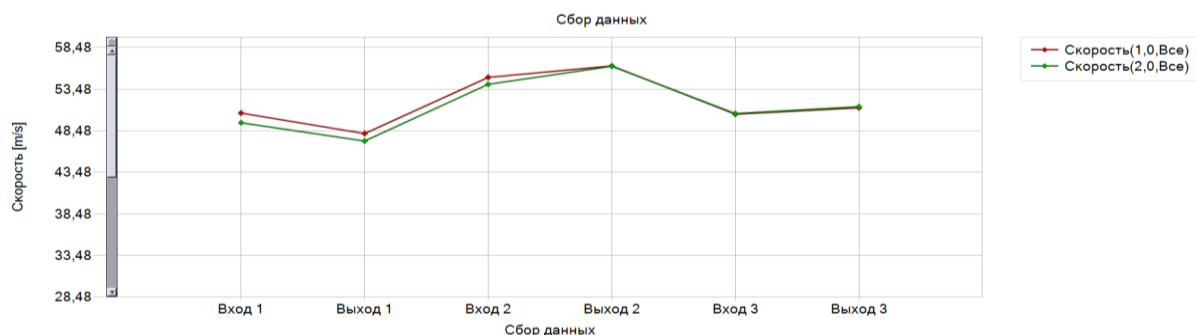


Рисунок 75 – Сравнение распределения скоростей на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта в текущей и перспективной ситуациях

На рисунке 76 представлен график сравнения распределения скоростей на пересечении улицы Железнодорожной и улицы Привокзальной в текущей и перспективной ситуациях.

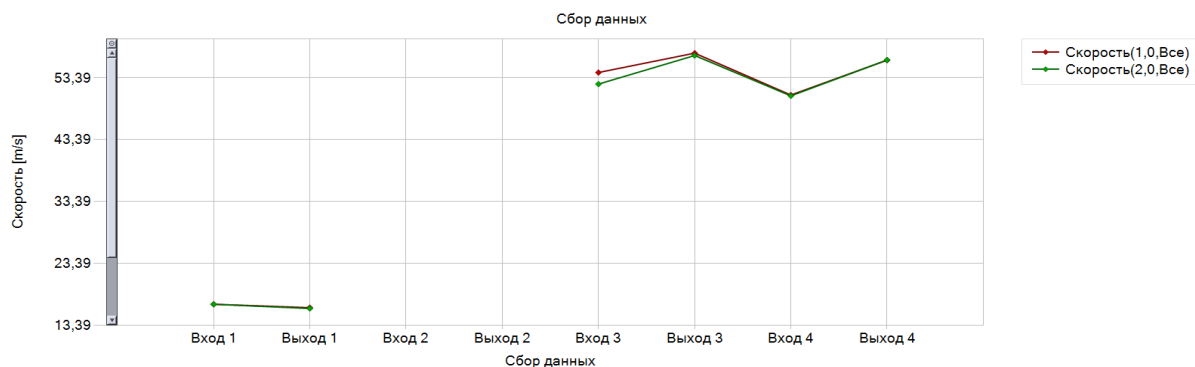


Рисунок 76 – Сравнение распределения скоростей на пересечении улицы Железнодорожной и улицы Привокзальной в текущей и перспективной ситуациях

На рисунке 77 представлен график сравнения распределения скоростей на пересечении улицы Советской и улицы Ленина в текущей и перспективной ситуациях.

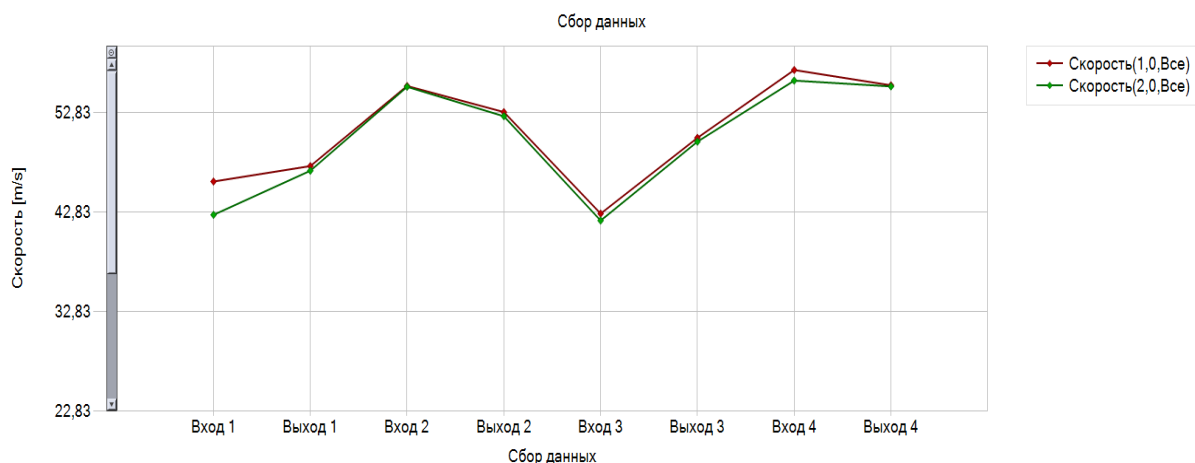


Рисунок 78 – Сравнение распределения скоростей на пересечении улицы

Советской и улицы Ленина в текущей и перспективной ситуациях

По результатам анализа средней длины заторов можно сделать вывод о том, что при увеличении интенсивности входных транспортных потоков на 58% возникновения заторовых ситуаций не наблюдается.

По результатам моделирования были получены следующие данные о перспективном времени в пути на 2035 год (Таблица 18).

Таблица 18 – Оценка времени в пути и количества ТС в сети

Транспортный узел	Время имитации	Общее время в пути, сек
-------------------	----------------	-------------------------

		Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4
Пересечение улицы Октябрьской и улицы 8 Марта	600-1200	32,49	32,3	34,42	-
	1200-1800	34,4	32,66	31,77	-
	1800-2400	32,69	32,88	31,61	-
	2400-3000	33,44	31,67	32,85	-
	3000-3600	31,9	31,94	31,75	-
	3600-4200	32,96	35,65	32,83	-
Пересечение улицы Привокзальной и улицы Ленина	600-1200	36,33	-	29,57	29,69
	1200-1800	36,68	-	29,05	28,45
	1800-2400	38,51	-	29,36	30,26
	2400-3000	36,39	-	31,97	29,54

Продолжение таблицы 18

	3000-3600	36,62	-	31,7	29,5
	3600-4200	36,89	-	29,81	29,88
Пересечение улицы Советской и улицы Ленина	600-1200	30,36	29,04	32,66	28,55
	1200-1800	32,48	29,47	30,58	28,97
	1800-2400	30,47	29,58	30,38	29,14
	2400-3000	31,44	28,81	30,19	30,36
	3000-3600	31,44	28,97	29,93	29,56
	3600-4200	34,57	29,15	30,38	29,04

На рисунке 79 представлен график сравнения времени в пути на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта в текущей и перспективной ситуациях.

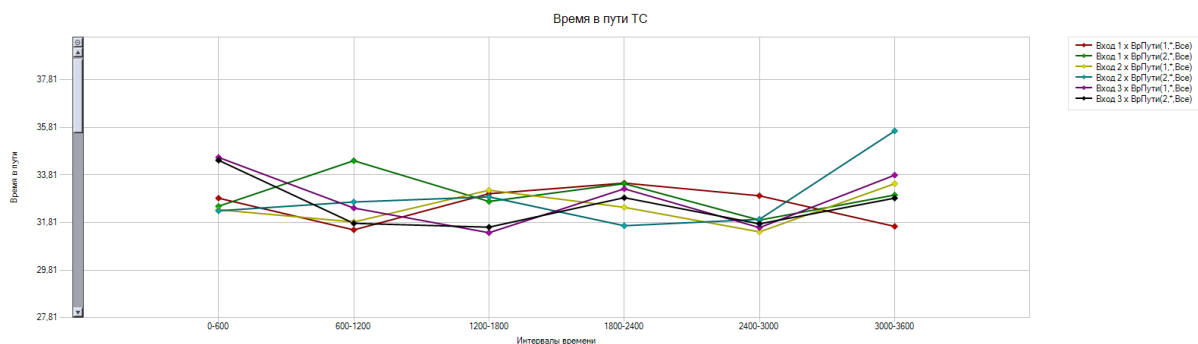


Рисунок 79 – Сравнение времени в пути на пересечении улицы Октябрьской и улицы 8 Марта в текущей и перспективной ситуациях

На рисунке 80 представлен график сравнения времени в пути на пересечении улицы Железнодорожной и улицы Привокзальной в текущей и перспективной ситуациях.

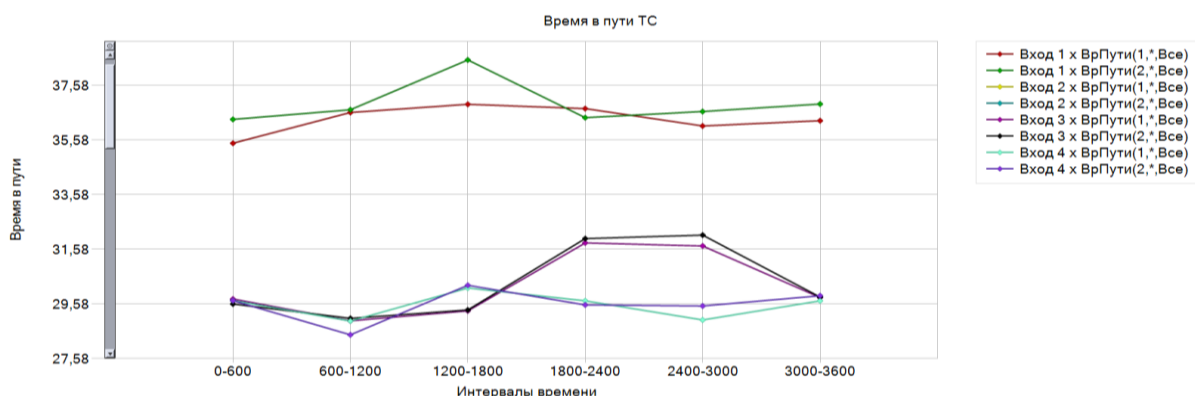


Рисунок 80 – Сравнение времени в пути на пересечении улицы Железнодорожной и улицы Привокзальной в текущей и перспективной ситуациях

На рисунке 81 представлен график сравнения времени в пути на пересечении улицы Советской и улицы Ленина в текущей и перспективной ситуациях.

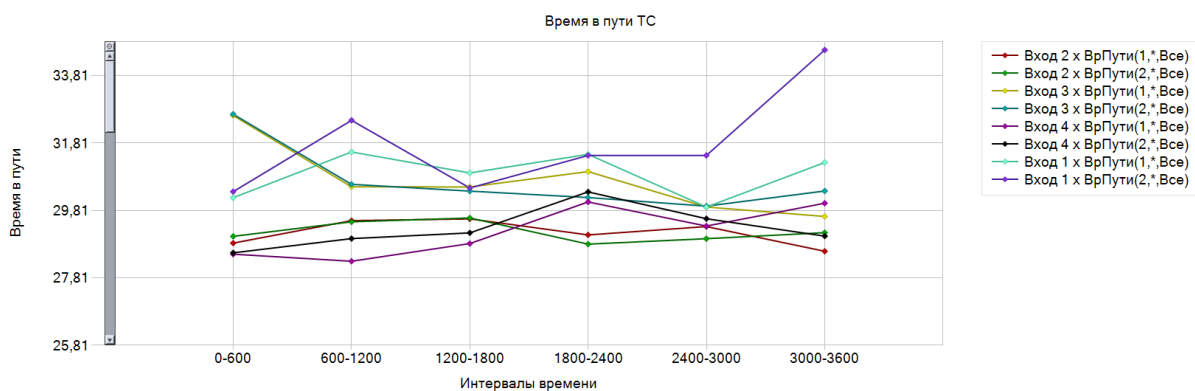


Рисунок 81 – Сравнение времени в пути на пересечении улицы Советской и улицы Ленина в текущей и перспективной ситуациях

Результаты измерения перспективного времени задержек на всех входах на перекресток к 2035 году представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Результаты измерения времени задержек

Транспортный узел	Время имитации	Среднее время задержек, сек			
		Вход 1	Вход 2	Вход 3	Вход 4
Пересечение улицы Октябрьской и улицы 8 Марта	600-1200	2,89	2,95	1,31	-
	1200-1800	1,7	2,37	0,38	-
	1800-2400	2,53	2,88	0,6	-
	2400-3000	2,85	2,25	1,35	-
	3000-3600	2,73	2,13	0,81	-
	3600-4200	1,73	2,58	1,88	-
Пересечение улицы Привокзальной и улицы Ленина	600-1200	1,41	-	0,59	0,83
	1200-1800	2,25	-	0,49	0,59
	1800-2400	2,46	-	0,38	1,25
	2400-3000	2,4	-	2,02	0,73
	3000-3600	2,33	-	1,54	0,54
	3600-4200	1,89	-	0,62	0,54
Пересечение улицы Советской и улицы Ленина	600-1200	1,78	0,54	1,24	0,26
	1200-1800	2,84	0,86	1,14	0,21
	1800-2400	1,84	0,73	1,33	0,20
	2400-3000	1,2	0,62	1,66	0,55
	3000-3600	1,43	0,57	1,36	0,27
	3600-4200	2,02	0,29	1,89	0,73

2.5 Анализ полученных результатов с определением оптимального варианта организации дорожного движения в ключевых транспортных узлах

Анализ результатов моделирования выявил отсутствие потребности вносить какие-либо изменения в организацию дорожного движения на исследуемых участках УДС. Возникновения заторовых ситуаций не выявлено как в текущий момент времени, так и после увеличения нагрузки на УДС имитирующей повышение уровня автомобилизации к 2035 году. Идеальное время в пути на данных пересечениях равно 30 секундам из расчёта, что расстояние, на котором ставится детектор времени в пути от пересечения,

равно 500 метрам, а максимальная скорость движения ТС в пределах населённого пункта равна 60 км/ч – это значит, что 0,5 км разделить на 60 км/ч равно 0,0083 часа – идеальное время в пути для пересечения. Величина 0,0083 часа – это ~30 секунд. Максимальное отклонение от идеальной величины времени в пути на перспективный период равно 8 секундам, что не является признаком возникновения заторовых ситуаций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной работы было смоделировано транспортное районирование на базе социально-экономической статистики, введены параметры улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов.

Разработка транспортных моделей текущего периода и среднесрочной перспективы на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития, а также развития транспортной инфраструктуры муниципального образования продемонстрировали рост интенсивности транспортных потоков на дорогах ввиду увеличения таких естественных статистических показателей, как численность населения и рабочих мест, а также коэффициента автомобилизации. При этом не выявлено существенных проблем, вызванных чрезмерной нагрузкой на УДС района.

Был проведен анализ транспортной ситуации в ключевых узлах. Транспортно-дорожных проблем на исследуемых участках выявлено не было. Были сформированы картограммы скорости и интенсивности ТП для исследуемых участков. Построены графики распределения средней скорости и времени в пути. Таблично представлены данные об отсутствии заторов и задержек на пересечении. Сформулированные на втором этапе задачи проекта были решены в необходимом объеме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отчет о выполнении I этапа НИР по теме «Комплексная схема организации дорожного движения Серебряно-Прудского муниципального района Московской области»
2. Якимов М.Р. Транспортное планирование: Создание транспортных моделей городов: монография / М.Р.Якимов. – М: Логос, 2013. – 188 с.
3. PTV Visum 13 Руководство пользователя: PTV AG, A+S, 2014 – 890 с.
4. Швецов В.И. Проблемы моделирования транспортных потоков в крупном городе // Международная конференция «Современные технологии стратегического и оперативного транспортного планирования PTV Vision®»: тез. докл. 6-ой МК. С-П., 2010.
5. Руководство по прогнозированию интенсивности движения на автомобильных дорогах. – М. Министерство транспорта Российской Федерации, 2003.
6. Лозе Д. Моделирование транспортного предложения и спроса на транспорт для пассажирского и служебного транспорта - обзор теории моделирования // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сборник докладов седьмой международной научнопрактической конференции. СПб гос. архит.-строит. ун-т. СПб, 2006 - 544 с.
7. Якимов М.Р, Попов Ю.А. Транспортное планирование: Практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM. – М: Логос, 2014. – 200 с.
8. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: Учебное пособие / А.В. Гасников и др. Под ред. А.В. Гасникова. – М.: МЦНМО, 2012. 376 с.
9. Основные показатели социально-экономического развития Серебряно-Прудского района. Данные получены от Администрации Серебряно-Прудского муниципального района.

10. Сведения о предприятиях, расположенных в соответствующих муниципальных образованиях. Данные получены от Администрации Серебряно-Прудского муниципального района.

11. Официальный сайт Серебряно-Прудского муниципального района, статистическая информация: <http://www.silverregion.ru>

12. Интернет-энциклопедия: https://ru.wikipedia.org/wiki/Серебряно-Прудский_район

13. Рекомендации по прогнозированию интенсивности дорожного движения на платных участках автомобильных дорог государственной компании «Автодор» и доходов от их эксплуатации

14. Транспортное поведение населения России: краткий отчет об исследовании:
http://www.hse.ru/data/2015/03/10/1093862032/Транспортное%20поведение%20населения%20РФ_2014.pdf

15. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды, Москва, 1999

16. Постановление Правительства Московской области от 11.07.2007 № 517/23 «Об утверждении Схемы территориального планирования Московской области - основных положений градостроительного развития».

17. Федеральная служба Государственной статистики Российской Федерации: <http://knoema.ru/rannbj/регионы-россии-предположительная-численность-населения-2011-2031>

18. PTV VISSIM 6 Руководство пользователя // А+С Консалт, 2014 г – 830 с.