

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ  
«ПРОИЗВОДСТВЕННО-ФИНАНСОВОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «КВАНТЭКС»

Инв. № 33. КСОДД.ОТ.1.1

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор, к.т.н.

/Логинов П.В./



ОТЧЕТ

О РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСНОЙ СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО  
ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ГОРОДА СУЗДАЛЯ  
ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

по теме:

Этап 2. Разработка транспортных макро и микромоделей  
(промежуточный)

Муниципальный контракт № 0128300011316000025

Руководитель проекта:


П.В. Логинов 25.12.2016 П.В. Логинов  
подпись, дата

Рязань 2016

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:


генеральный директор,  
к.т.н.

  
подпись, дата

Логинов П.В. (реферат,  
введение, заключение)


Исполнители темы:

директор по ИТ

  
подпись, дата

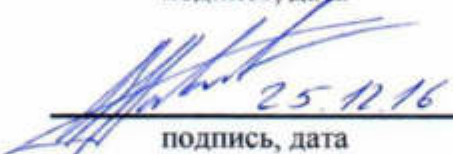
Кузнецов С.Н (раздел 1)

директор по развитию

  
подпись, дата

Зацепин А.Н. (раздел 1)

коммерческий директор,  
к.т.н.

  
подпись, дата

Павлов В.А. (раздел 1)

главный специалист  
отделения ТПМ

  
подпись, дата

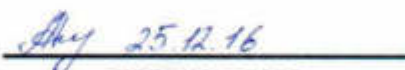
Горин Е.В. (раздел 1)

главный специалист  
отделения ТПМ

  
подпись, дата

Никитин Р.А. (раздел 2)

специалист отделения  
ТПМ

  
подпись, дата

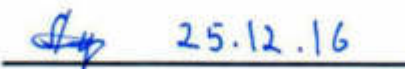
Тимакина А.А. (раздел 2)

специалист отделения  
ТПМ

  
подпись, дата

Степашкина А.С. (разделы 1,  
2)

специалист отделения  
ТПМ

  
подпись, дата

Ларионов С.М. (раздел 1)

## РЕФЕРАТ

Отчет 89 с., 1 ч., 68 рис., 19 табл., 6 источн.

### КОМПЛЕКСНАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ, ТРАНСПОРТНОЕ МИКРОМОДЕЛИРОВАНИЕ, ТРАНСПОРТНАЯ МОДЕЛЬ.

Объектом исследования является транспортная система города Суздаля Суздальского района Владимирской области.

Цель работы – разработка Комплексной схемы организации дорожного движения (КСОДД), в частности, Программы взаимоувязанных мероприятий, направленных на увеличение пропускной способности улично-дорожной сети на территории города Суздаля, 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® VISSIM 8 для разработки микромоделей ключевых узлов и PTV Vision® VISUM 15 для разработки транспортной макромодел. В результате моделирования получены предложения по оптимизации организации дорожного движения УДС образования и на рассматриваемых транспортных узлах.

Выполнен анализ результатов моделирования на макро и микроуровне. Построена транспортная модель города Суздаля.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	6
1 Разработка транспортной модели муниципального образования .....	8
1.1 Проведение транспортного районирования на базе социально-экономической статистики. ....	8
1.2 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов. ....	13
1.3 Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения пассажирского транспорта.....	19
1.4 Разработка методики и создание модели расчёта транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений на основе результатов опроса и других полученных данных. ....	28
1.5 Расчёт перераспределения транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков, создание матрицы корреспонденции. ....	36
1.6 Калибровка мультимодальной макромодели по интенсивности транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков.....	41
1.7 Разработка вариантов транспортной макромодели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования. ....	45
1.7.1 Разработка варианта транспортной модели на краткосрочную перспективу (0-5 лет). ....	45
1.7.2 Разработка варианта транспортной модели на краткосрочную перспективу (6-10 лет). ....	47
1.7.3 Разработка варианта транспортной модели на долгосрочную перспективу (более 10 лет) .....	50
2 Разработка моделей ключевых транспортных узлов .....	56
2.1 Проведение транспортных обследований с целью установления параметров транспортных потоков в ключевых транспортных узлах. ....	56

2.2	Разработка базовых микромоделей ключевых транспортных узлов на основании результатов проведенных транспортных обследований с возможностью компьютерной симуляции транспортных потоков (не более 10 узлов, список согласовывается с Заказчиком).....	63
2.2.1	Подготовка к построению базовых микромоделей.....	63
2.2.2	Разработка микромоделей исследуемых пересечений .....	66
2.3	Расчет времени в пути, а также распределение средней скорости транспортного потока в моделируемых ключевых транспортных узлах. ....	77
2.3.1	Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечения улиц Ленина и Гоголя.....	77
2.3.2	Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечений улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская.	79
2.3.3	Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечения бульвара Всполье и улицы Шаховского .....	81
2.3.1	Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечения улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполье.....	83
2.3.2	Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечения улиц Садовая, Васильевская и Калинина .....	85
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....		88
Список использованных источников .....		89

## 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.

Целью данного проекта является разработка Комплексной схемы организации дорожного движения (КСОДД), в частности, Программы взаимоувязанных мероприятий, направленных на увеличение пропускной способности улично-дорожной сети на территории города Суздаля, 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 улично-дорожной сети, 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.

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 образования в целом.

# 1 Разработка транспортной модели муниципального образования

## 1.1 Проведение транспортного районирования на базе социально-экономической статистики.

1.1.1 *Определение размера и границы области моделирования.* 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 типового муниципального образования понимается область исследования, замкнутая контуром моделирования. Под контуром моделирования понимается географическое пространство, занимаемое моделируемым объектом, имеющим следующие характеристики:

- протяжённость территории;
- границы;
- географическое положение.

Для определения размера и границы области моделирования рассматривается область исследования и все потоки, которые тяготеют к области исследования. В область тяготения входят все территории, транспортный поток из/в которые влияет на интенсивность движения в области исследования. На основе анализа тяготеющих потоков определяются кордонные точки на сети, которые оказывают существенное влияние на состав потока в области исследования. В этих точках определяются кордонные транспортные районы, которые являются границами области моделирования и описывают транспортные потоки, влияющие на область исследования извне.

Исходными данными для определения области моделирования служат границы муниципальных образований, указанные в геоинформационных и картографических службах.



На рисунке 1 показана область моделирования после задания области ограничивающего полигона по границам города Суздаль.

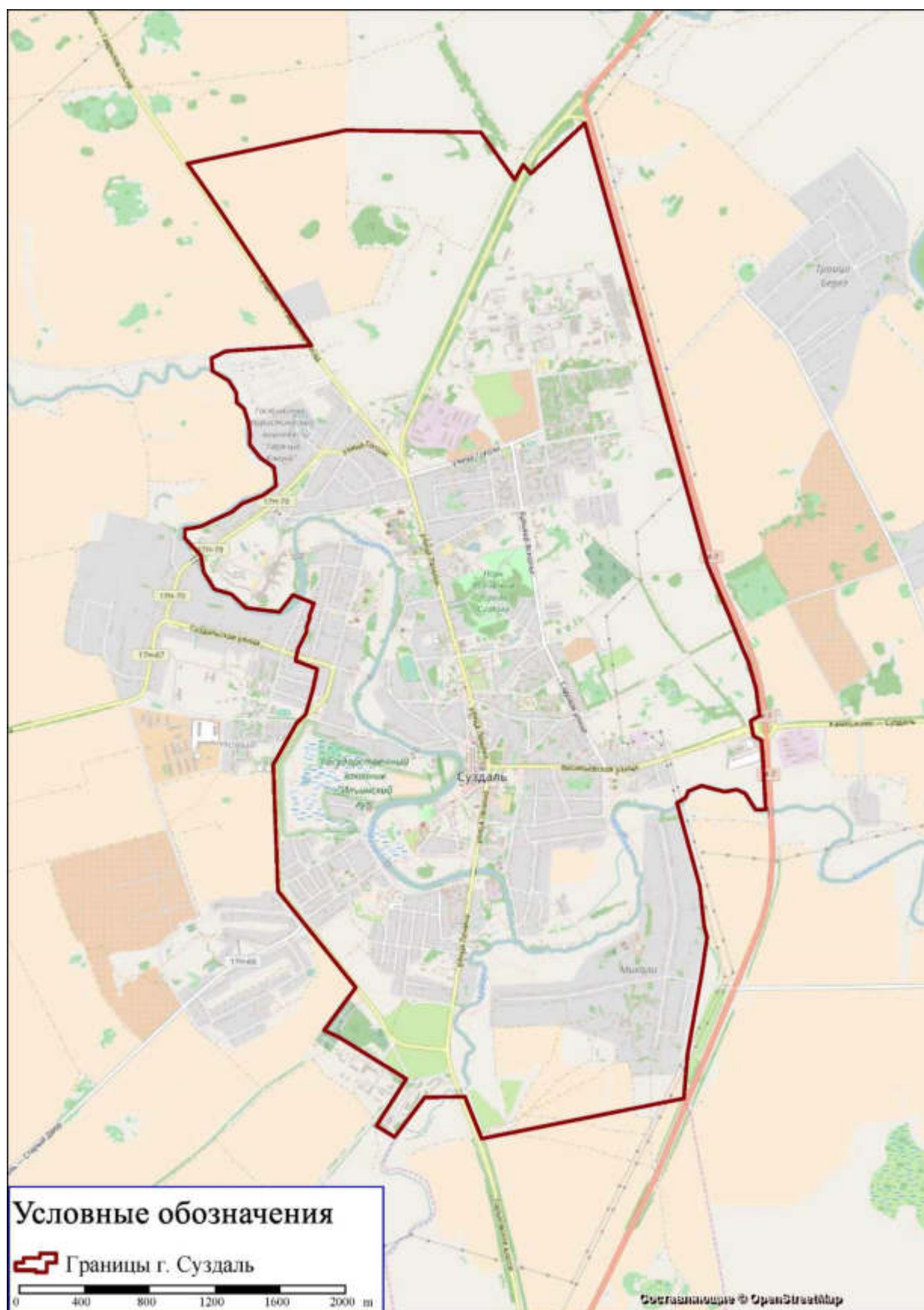


Рисунок 1 – Границы города Суздаль

1.1.2 *Деление на транспортные районы.* После определения области моделирования рассматриваемая территория делится на транспортные районы для соединения с узлами транспортной сети при помощи специальных отрезков, называемых примыканиями. В основу выделения транспортных районов положены следующие принципы:

- использование линий естественных и искусственных преград (реки, железнодорожные магистрали, лесные полосы);
- соблюдение административного районирования территории;
- возможность чётко охарактеризовать функциональное назначение каждого района в социально-экономической структуре региона;
- низкая дисперсия площади районов;
- доступность данных социальной статистики по всем районам [1].

При районировании территории были учтены и обозначены кордонные районы на транзитных автомобильных дорогах. Схема транспортного районирования в модели PTV Visum показана на рисунке 2. Нумерация, тип и наименование районов представлены в таблице 1.

В результате был выделен 31 район, из них:

- 19 жилых;
- 2 промышленных
- 4 деловых;
- 6 кордонных.

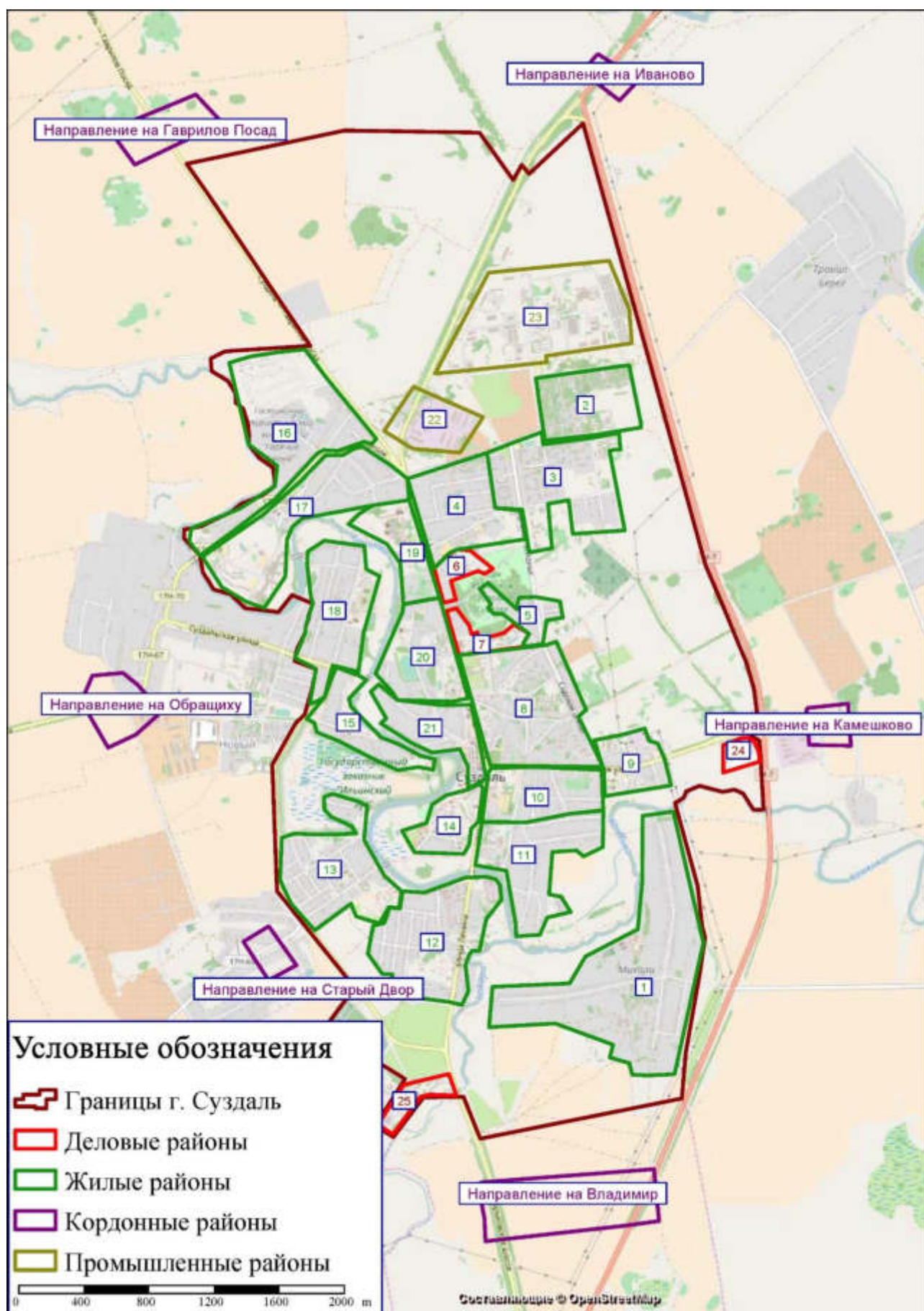


Рисунок 2 – Схема транспортного районирования

Таблица 1 – Транспортные районы

№	Тип района	Наименование района
1	Жилые районы	Михайловская ул. – Колхозная ул.
2	Жилые районы	Советская ул.
3	Жилые районы	Район Всполье
4	Жилые районы	Гоголя ул. – Пожарского ул.
5	Жилые районы	Садовый переулок
6	Деловые районы	ул. Ленина,138, Николаевский посад
7	Деловые районы	Учебное заведение ул. Ленина д.106
8	Жилые районы	Красная площадь
9	Жилые районы	Васильевский монастырь
10	Жилые районы	Гостиница Сокол
11	Жилые районы	Индустриально-гуманитарный колледж
12	Жилые районы	Пушкарская слобода
13	Жилые районы	Пушкарская ул. – Толстого ул.
14	Жилые районы	Кремль
15	Жилые районы	Шмидта ул.
16	Жилые районы	ООО ГК «Гелиопарк Суздаль»
17	Жилые районы	Гончарная ул.
18	Жилые районы	Красноармейская ул.
19	Жилые районы	Спасо-Евфимиев монастырь
20	Жилые районы	Крупской ул.
21	Жилые районы	Слободская ул.
22	Промышленные районы	Промзона юг
23	Промышленные районы	Промзона север
24	Деловые районы	Автовокзал Суздаль
25	Деловые районы	АТП
26	Кордонные районы	Направление на Обращиху
27	Кордонные районы	Направление на Гаврилов Посад
28	Кордонные районы	Направление на Иваново
29	Кордонные районы	Направление на Камешково
30	Кордонные районы	Направление на Владимир
31	Кордонные районы	Направление на Старый Двор



## 1.2 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов.

1.2.1 *Ввод данных о видах транспортных средств.* Для модельного описания состава и структуры транспортных потоков, формирующих нагрузку на транспортную сеть, а также допустимых видов транспорта для движения на отрезках транспортной сети и поворотах в модель были введены данные обо всех видах транспортных средств, посредством которых осуществляются перевозки на территории моделируемой области. Различные виды транспорта представляются в модели с помощью систем транспорта, как показано на рисунке 3.

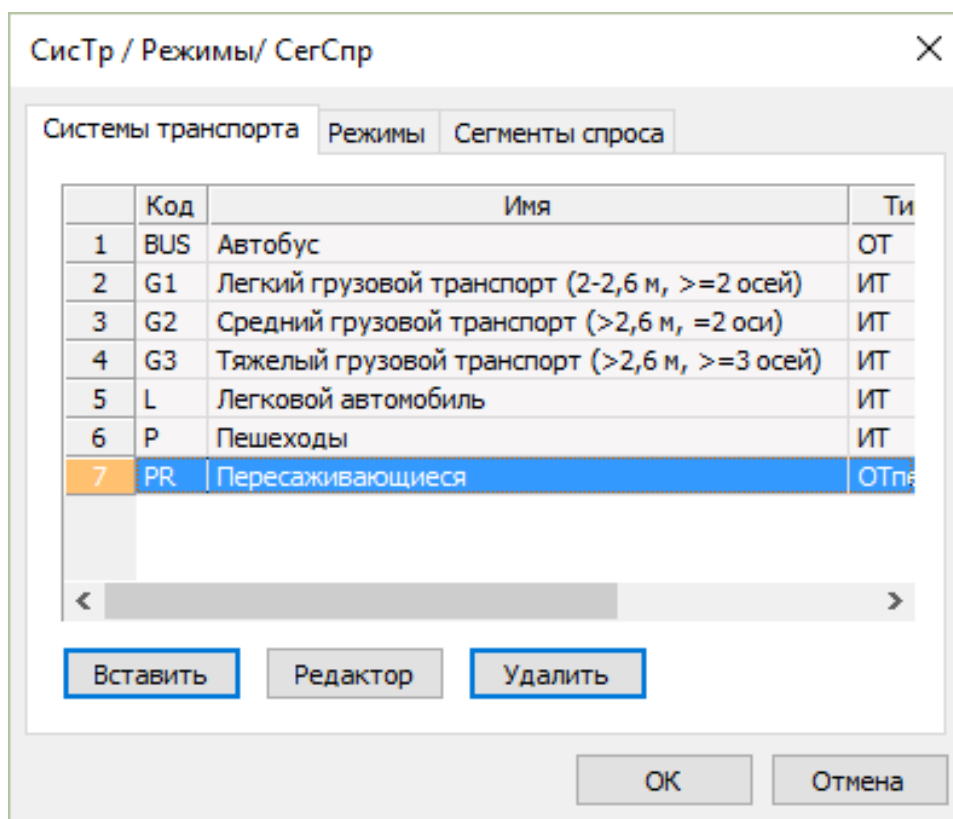


Рисунок 3 – Системы транспорта

Каждая система транспорта относится к одному или нескольким сегментам спроса. Сегменты спроса описывают поездки с использованием одной или нескольких систем транспорта различных групп людей и связаны с матрицами корреспонденций. Участники движения одного сегмента спроса общественного транспорта имеют возможность сменить систему транспорта в рамках одной

поездки, например, в результате пересадки. Каждому сегменту спроса соответствует ровно одна матрица корреспонденций [2]. Иллюстрация сегментов спроса показана на рисунке 4.

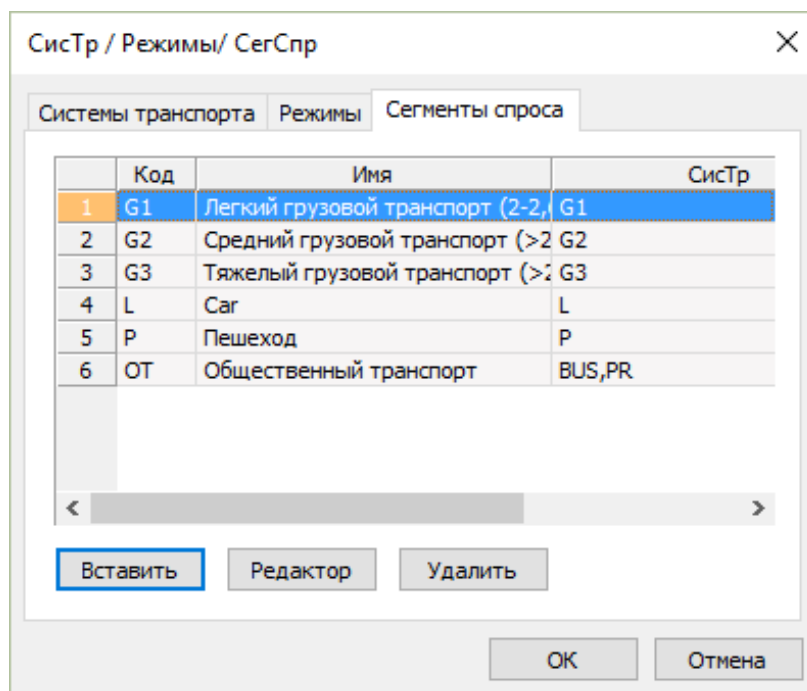


Рисунок 4 – Сегменты спроса

1.2.2 *Ввод узлов транспортного графа.* Для определения положения перекрёстков и пересечений в транспортной модели используются узлы транспортного графа. В редакторе узлов, изображенном на рисунке 5, были заданы приоритеты движения и способ регулирования перекрёстков.

В редакторе поворотов, изображенном на рисунке 6, были заданы параметры для всех возможных манёвров на каждом из перекрёстков.

При создании узлов транспортного графа в модели было учтено наличие светофорного регулирования на перекрёстках, как показано на рисунке 7.

Исходной информацией для создания узлов и имитации в модели организации дорожного движения послужили данные, импортированные из OpenStreetMap с дополнительной самостоятельной отрисовкой при помощи съёмок передвижной лаборатории и спутниковых карт (панорам) улиц. Данный подход рекомендован ведущими специалистами в области транспортного планирования и моделирования [3]. Количество узлов в модели – 1151.







1.2.3 *Ввод отрезков транспортного графа.* Для описания улично-дорожной сети и соединения узлов используются отрезки транспортного графа. Для них в редакторе отрезков, изображенном на рисунке 8, были заданы следующие характеристики: длина, допустимая скорость различных видов транспорта при свободном транспортном потоке, пропускная способность, количество полос.

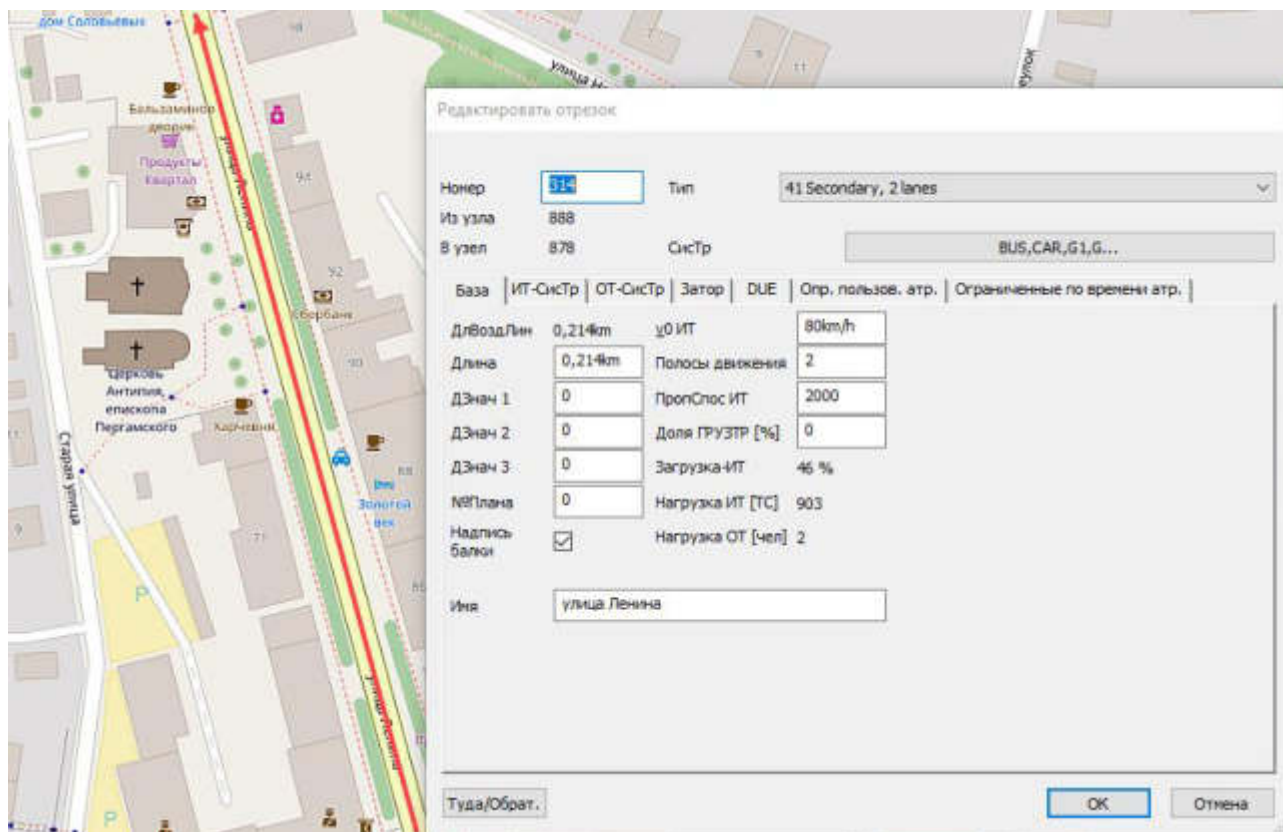


Рисунок 8 – Редактирование отрезка

Как и в случае с узлами, геометрия и расположение отрезков были получены из OpenStreetMap. Произведена дополнительная обработка по слиянию несвязанных участков улично-дорожной сети.

Количество отрезков в модели – 2864.

Результатом создания и редактирования отрезков, соединяющих узлы, является граф улично-дорожной сети, изображенный на рисунке 9. При этом было учтено несколько улиц и дорог, прилегающих к Суздалью и аккумулирующих транзитные потоки транспорта.

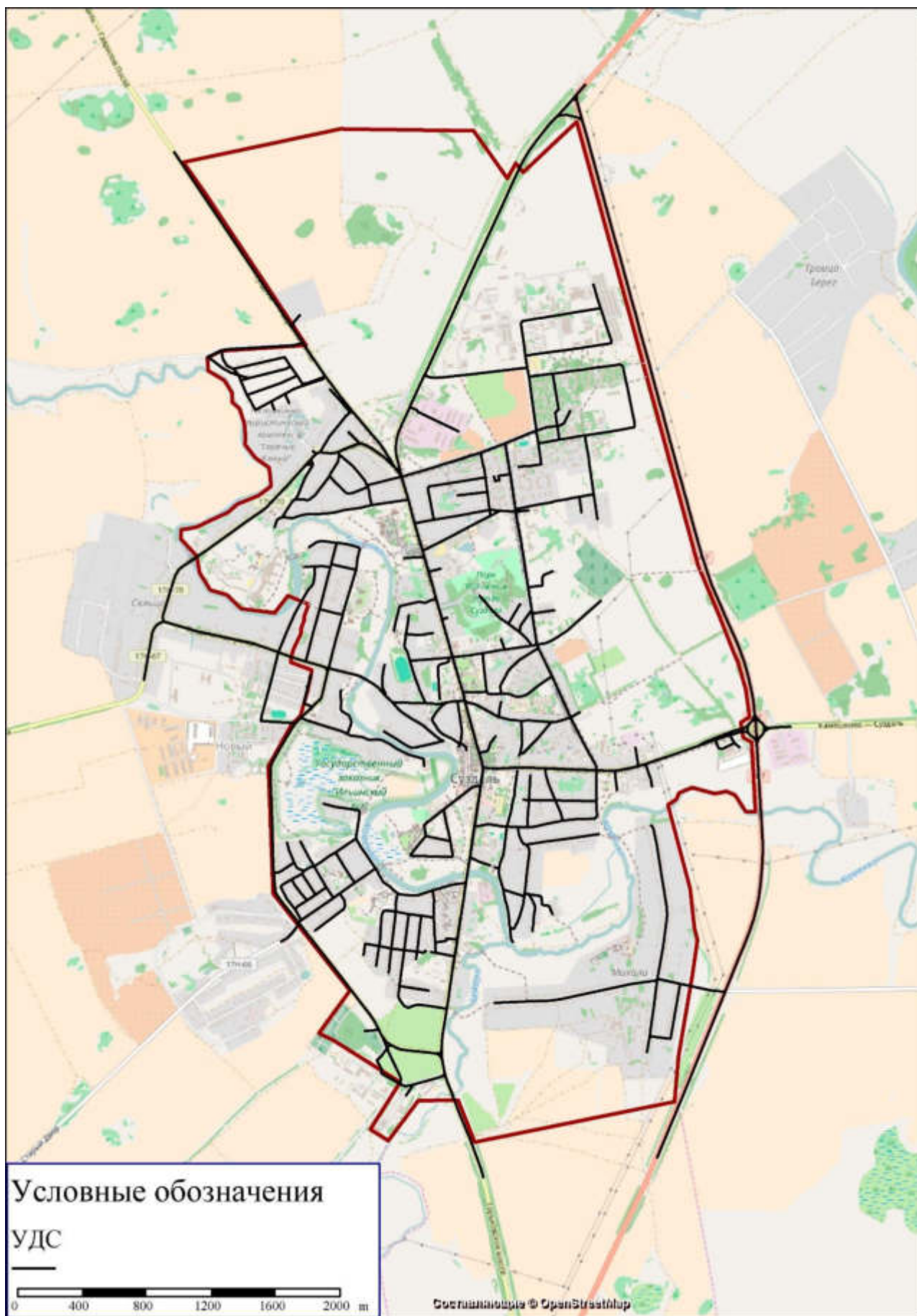


Рисунок 9 – Граф улично-дорожной сети Суздаля



1.2.4 *Ввод примыканий.* Для связи центров транспортных районов с УДС используются примыкания, содержащие информацию о затратах (временных или обобщенных) на доступ от центра тяжести транспортного района к системам транспорта, допущенных на примыкании. Для расстановки примыканий индивидуального транспорта использовалась информация о существующих дворовых выездах, для расстановки примыканий общественного транспорта данные о расположении начальных и конечных пешеходных переходов к узлу доступа с остановками общественного транспорта. Расстановка примыканий в центральной части Суздаля показана на рисунке 10. Количество примыканий в модели – 148.

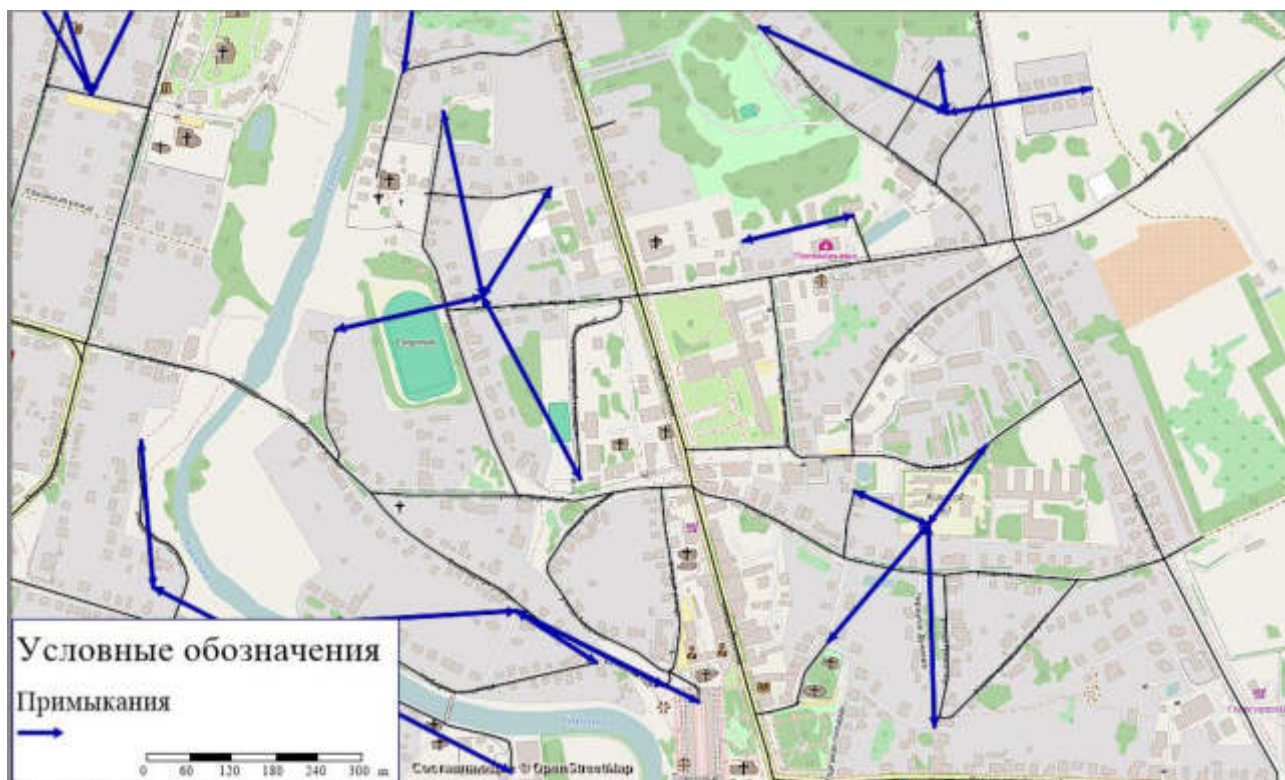


Рисунок 10 – Расстановка примыканий в центральной части города

1.3 Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения пассажирского транспорта.

1.3.1 *Ввод информации об единицах подвижного состава.* Для оценки провозной способности маршрутов городского пассажирского транспорта необходима информация об единицах подвижного состава, их общей

вместимости и количестве сидячих мест. Ввод в модель данных сведений показан на рисунках 11 и 12.

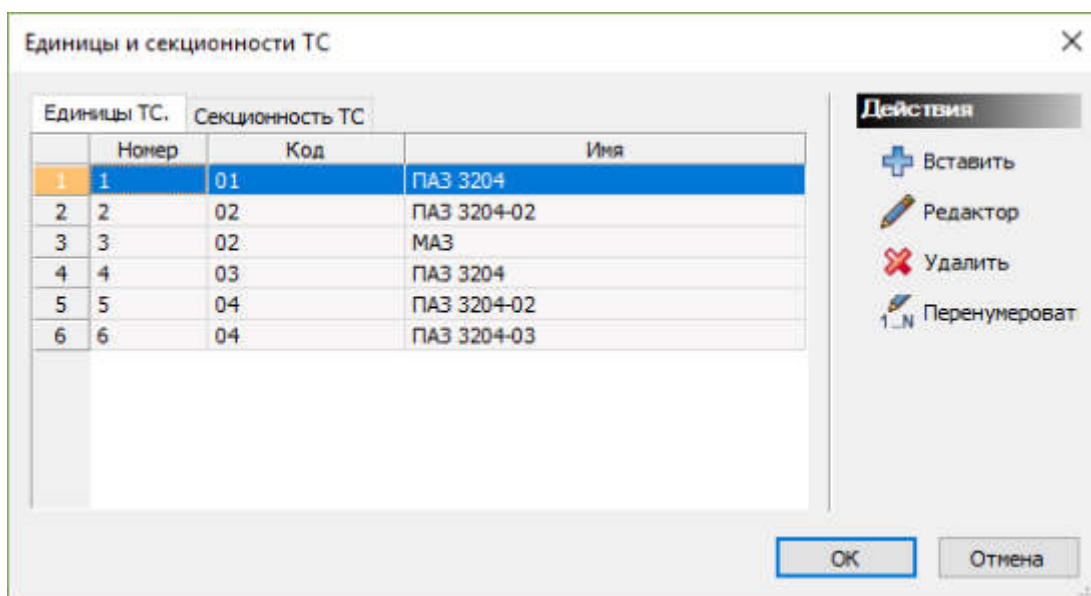


Рисунок 11 – Ввод единиц подвижного состава

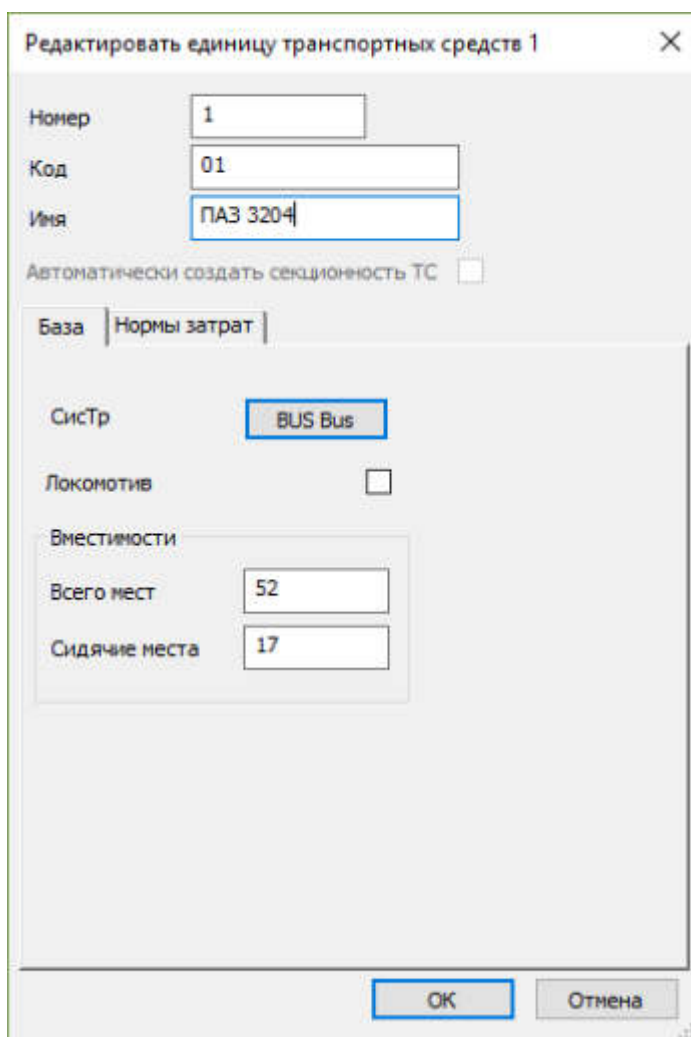


Рисунок 12 – Ввод параметров вместимости для единицы подвижного состава

1.3.2 *Ввод информации о расположении остановочных пунктов.* Для моделирования общественного транспорта использовалась информация о расположении остановочных пунктов с данными о видах городского пассажирского транспорта, которые используют остановочный пункт, и среднее время остановки. Схема остановочных пунктов представлена на рисунке 13.

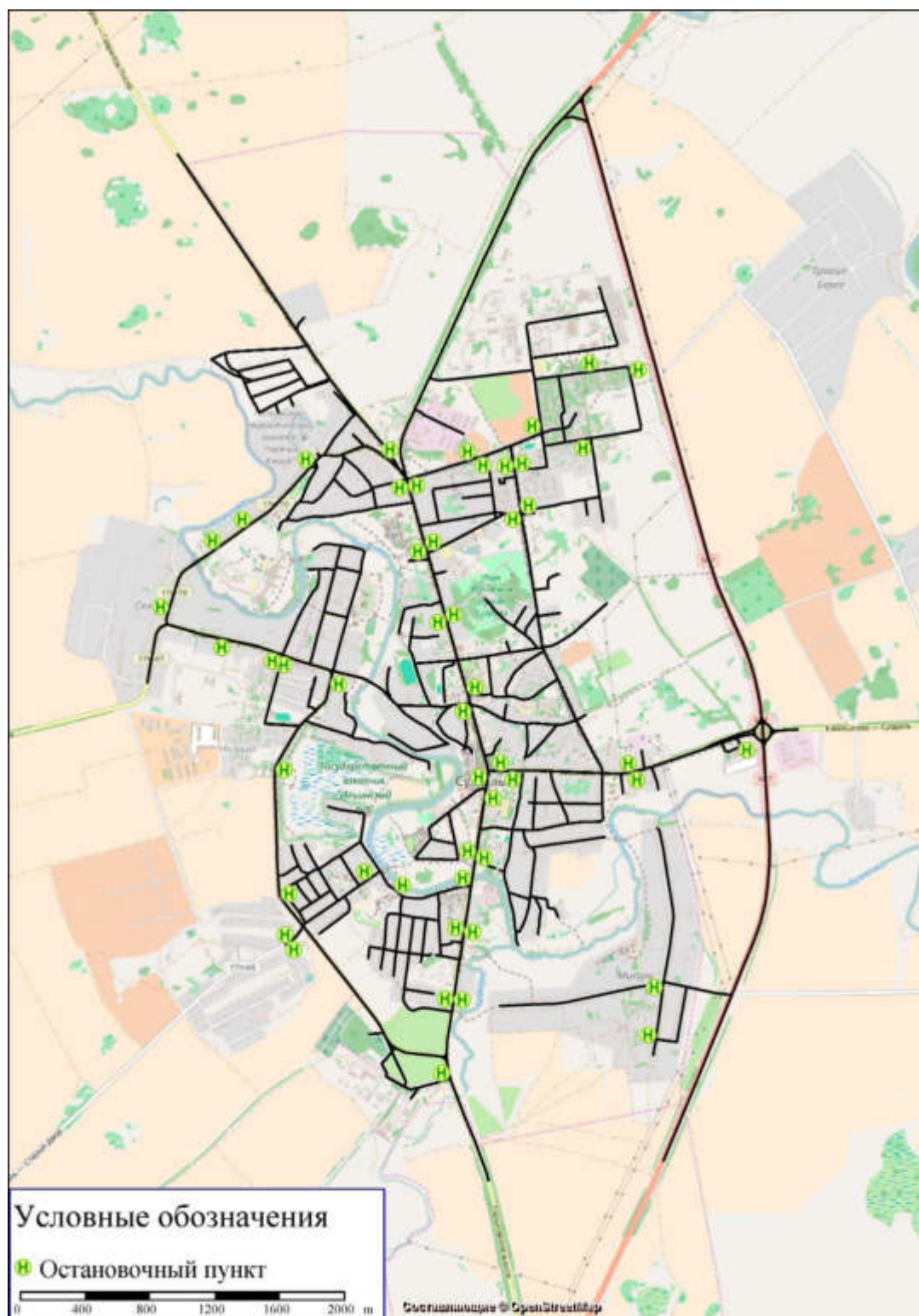


Рисунок 13 – Схема расположения остановочных пунктов



### 1.3.3 Ввод маршрутов движения городского пассажирского транспорта.

Для отображения в модели пассажирских перемещений, выполненных при помощи общественного транспорта, также требуются актуальные маршруты движения городского пассажирского транспорта всех видов (социальные, несоциальные, легальные, нелегальные). В качестве исходной информации использовались схемы движения общественного транспорта. Схемы прохождения маршрутов автобусов по УДС, а также общая схема общей маршрутной сети представлены на рисунках 14-18.

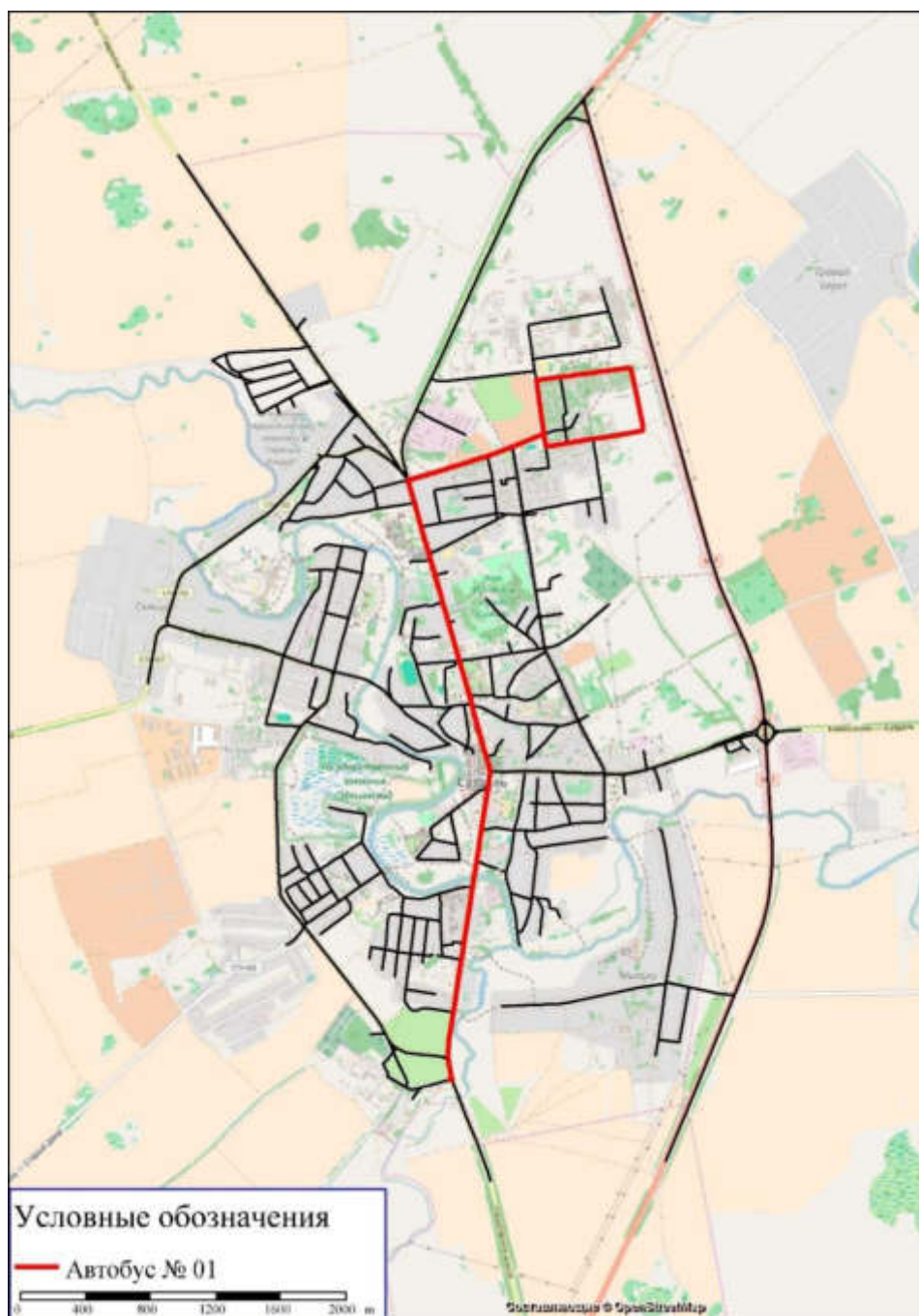


Рисунок 14 – Схема прохождения маршрута № 1





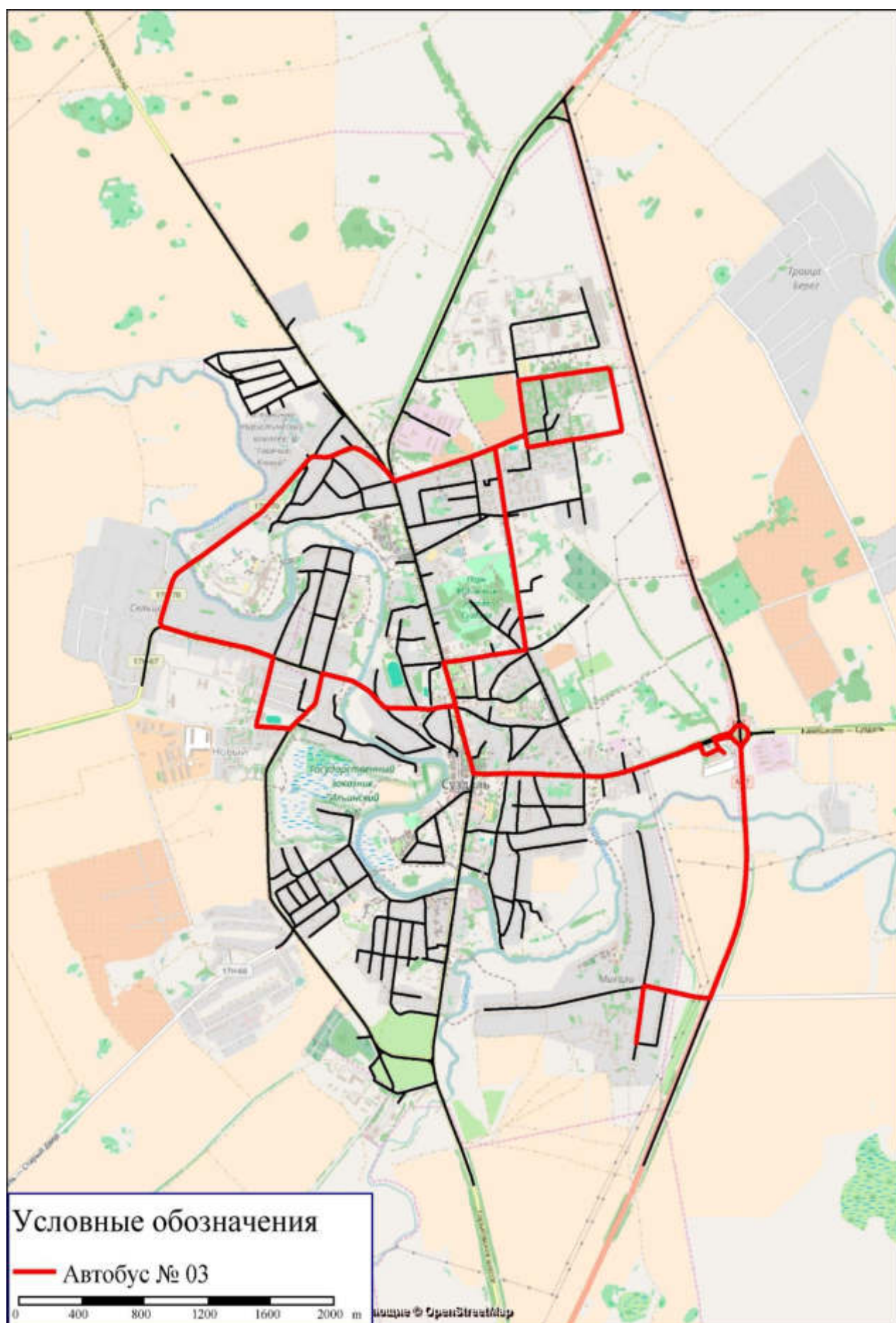


Рисунок 16 – Схема прохождения маршрута № 3



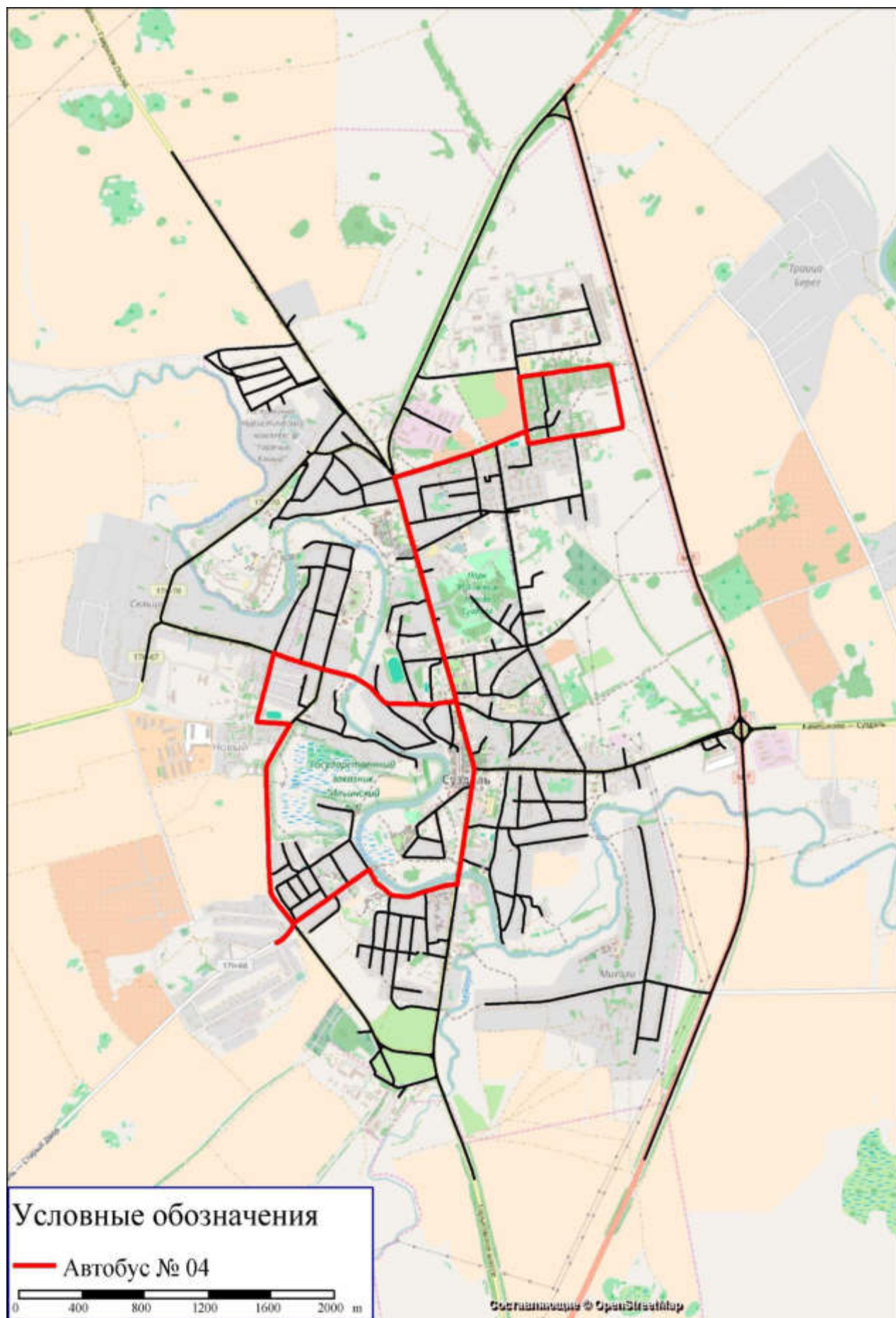


Рисунок 17 – Схема прохождения маршрута № 4

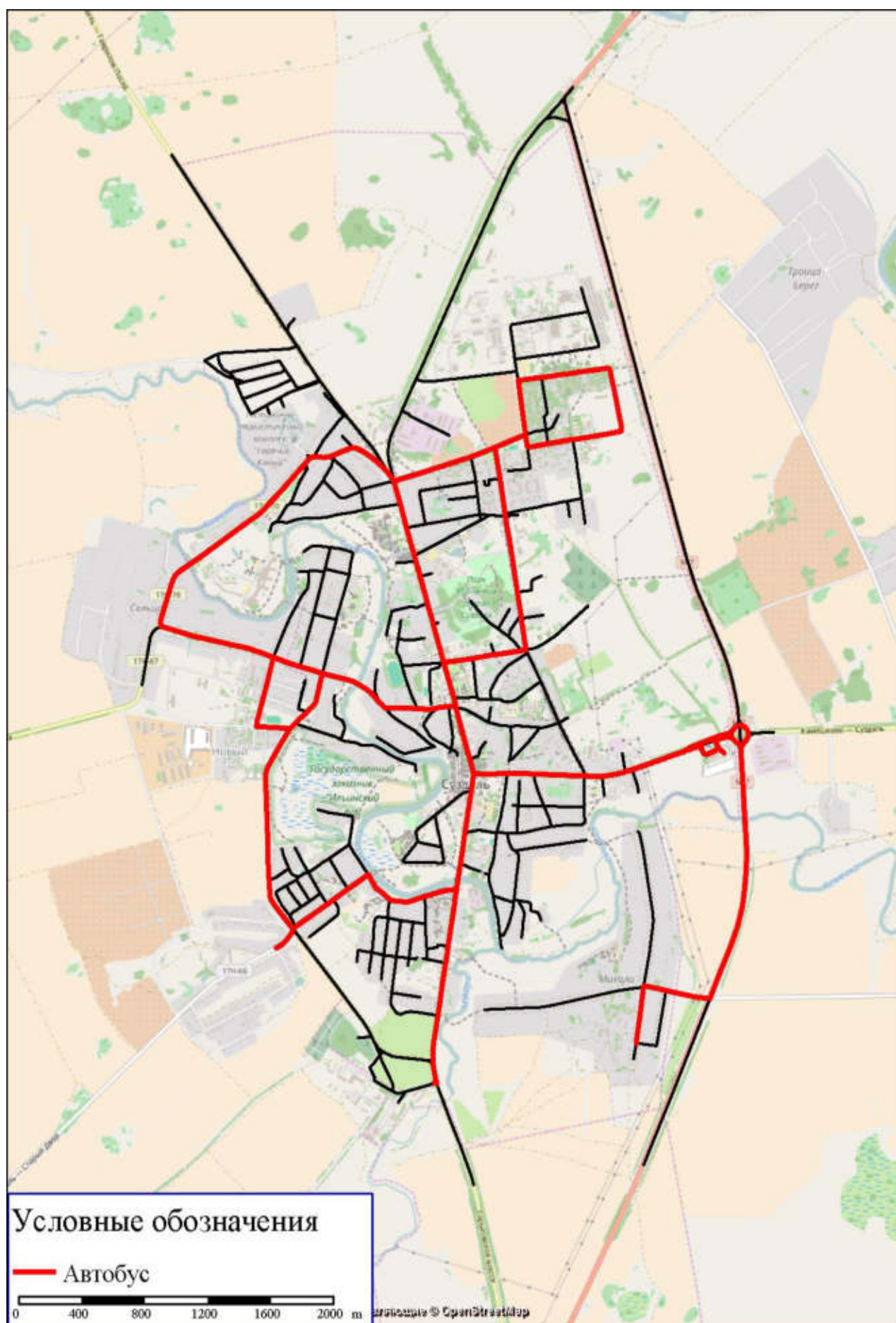
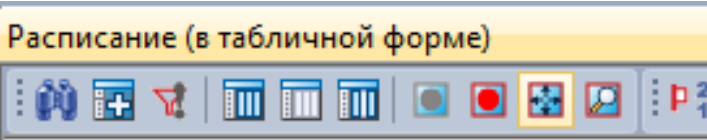


Рисунок 18 – Схема общей маршрутной сети



1.3.4 Ввод информации о расписании движения городского пассажирского транспорта. Для наиболее точного отображения пассажирских перемещений, выполненных при помощи общественного транспорта, требуется информация о расписании движения. Оно было введено в модель на основе данных, полученных в ходе проведения натурного обследования пассажиропотоков. На рисунке 19 представлен пример отображения расписания движения маршрута автобуса № 2.



№Ост	ИмяОст	Приб / Отпр
1213	Автовокзал	00:00:00
1199	Ямской двор	00:01:18
315	Торговая площадь	00:02:41
102	Администрация	00:03:50
920	Парк 950-летия	00:05:15
6679	Сквер Пожарского	00:06:32
1194	Ивановская застава	00:07:27
6680	ул. Гоголя	00:08:32
901	Больница	00:09:35
658	Объездная	00:10:36
669	Пром.зона	00:11:46
1198	ул. Советская	00:12:51
1197	ул. Гоголя	00:14:02
664	Ивановская застава	00:15:10
350	Сквер Пожарского	00:16:09
6681	Парк 950-летия	00:17:14
878	Красная площадь	00:18:24
546	Торговая площадь	00:19:54
1200	Ямской двор	00:20:54
1213	Автовокзал	00:21:29

Рисунок 19 – Отображение расписания движения маршрута автобуса № 2

Также в ходе обследования для каждого маршрута определён средний интервал движения, характерный для рассматриваемого утреннего часа «пик» (таблица 2).

Таблица 2 – Интервалы движения общественного транспорта

№ маршрута	Интервал, мин
1	27
2	31
3	50
4	42

1.4 Разработка методики и создание модели расчёта транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений на основе результатов опроса и других полученных данных.

1.4.1 *Ввод данных социально-экономической статистики.* Качество итоговой транспортной модели напрямую зависит от детализации данных структуры пространственного развития. В ходе проведения исследования был получен набор следующих статистических данных:

- общая численность населения;
- численность населения в возрасте до 18 лет;
- численность населения в возрасте старше 18 лет;
- дошкольники;
- школьники;
- студенты;
- пенсионеры;
- трудоспособное население;
- места в детских садах;
- учебные места в школах;

- учебные места в средне профессиональных и высших учебных заведениях.

- рабочие места;
- рабочие места в сфере услуг.

Рабочие места были распределены по кодам ОКВЭД посредством определения количества мест приложения труда в каждой сфере деятельности:

- раздел D. Обеспечение электрической энергией, газом и паром; кондиционирование воздуха
- раздел F. Строительство;
- раздел G. Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования;
- раздел H. Гостиницы и рестораны;
- раздел I. Транспорт и связь;
- раздел J. Финансовая деятельность;
- раздел K. Деятельность финансовая и страховая;
- раздел O. Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение;
- раздел P. Образование;
- раздел Q. Деятельность в области здравоохранения и социальных услуг;
- раздел S. Предоставление прочих видов услуг.

Согласно проведённому анализу, рабочие места по кодам А, В, С, Е, L, М, N, R, T, U в городе Суздале отсутствуют.

Вся статистическая информация привязывается к транспортным районам. Так, для каждого транспортного района в модели можно проверять и править введённые данные, как показано на рисунке 20.

В таблице 3 представлены социально-экономические данные по каждому транспортному району муниципального образования.

Таблица 3 – Данные социально-экономической статистики по транспортным районам на 2016 год

№ ТР	Название ТР	Население, чел.	Население до 18 лет, чел.	Население старше 18 лет, чел.	Пенсионеры, чел.	Трудоспособное население, чел.	Количество рабочих мест	Количество рабочих мест в сфере услуг	Количество мест в дет. садах	Дошкольники, чел.	Количество учебных мест в школах	Школьники, чел.	Количество учебных мест в ВУЗах	Студенты, чел.	Число работников – Раздел С	Число работников – Раздел D	Число работников – Раздел F	Число работников – Раздел G	Число работников – Раздел H	Число работников – Раздел I	Число работников – Раздел J	Число работников – Раздел K	Число работников – Раздел O	Число работников – Раздел P	Число работников – Раздел Q	Число работников – Раздел S
1	Михайловская ул. – Колхозная ул.	642	122	520	173	347	27	13	0	42	55	67	0	13	0	0	0	13	0	0	0	0	14	0	0	
2	Советская ул.	2240	413	1827	602	1226	154	100	236	143	0	226	0	43	0	0	0	50	0	0	24	26	0	54	0	0
3	Район Всполье	2476	458	2018	666	1354	187	41	0	157	0	251	0	48	0	0	0	22	0	12	0	7	0	20	126	0
4	Гоголя ул. – Пожарского ул.	952	176	776	255	521	35	11	49	61	0	97	0	18	0	0	12	7	0	4	0	0	0	12	0	0
5	Садовый переулок	118	22	96	30	65	14	14	0	8	0	12	0	3	0	0	0	8	0	6	0	0	0	0	0	0
6	ул. Ленина,138, Николаевский посад	0	0	0	0	0	71	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	0	0	0	0
7	Учебное заведение ул. Ленина д.106	0	0	0	0	0	232	30	79	0	627	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	8	84	118	0	
8	Красная площадь	386	71	315	103	212	983	718	220	25	562	39	0	7	0	68	23	98	31	89	53	124	323	76	0	98
9	Васильевский монастырь	54	10	44	15	29	219	60	0	3	0	6	0	1	100	59	0	37	0	13	0	10	0	0	0	0
10	Гостиница Сокол	99	18	81	27	54	184	148	46	6	0	10	0	2	0	0	0	27	0	103	0	0	18	11	17	8
11	Индустриально-гуманитарный колледж	219	41	178	59	119	52	12	0	14	0	23	376	4	0	0	0	0	0	12	0	0	0	40	0	0
12	Пушкарская слобода	425	78	347	109	236	344	212	0	27	0	43	0	8	100	0	0	15	15	169	0	0	13	20	0	12
13	Пушкарская ул. – Толстого ул.	382	71	311	102	209	111	100	0	25	0	39	0	7	0	0	11	12	0	88	0	0	0	0	0	0
14	Кремль	75	14	61	20	41	292	177	0	5	0	8	0	3	0	0	0	18	18	124	0	0	17	115	0	0
15	Шмидта ул.	157	29	128	41	86	16	6	0	10	0	16	107	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0	10	0	0
16	ООО ГК «Гелиопарк Суздаль»	220	41	179	59	120	66	66	0	14	0	23	0	4	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0
17	Гончарная ул.	400	74	326	106	220	139	139	0	26	0	41	0	8	0	0	0	8	0	131	0	0	0	0	0	0
18	Красноармейская ул.	456	84	372	121	252	150	150	0	29	0	46	0	9	0	0	0	6	0	144	0	0	0	0	0	0
19	Спасо-Евфимиев монастырь	72	12	60	20	40	72	72	0	4	0	7	0	1	0	0	0	20	0	52	0	0	0	0	0	0
20	Крупской ул.	180	33	147	48	99	123	47	0	11	0	18	142	3	0	0	0	7	0	40	0	0	0	76	0	0
21	Слободская ул.	312	58	254	83	171	307	296	0	20	0	32	0	6	0	0	0	116	17	88	0	29	46	0	0	11
22	Промзона юг	0	0	0	0	0	17	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	10
23	Промзона север	0	0	0	0	0	621	79	0	0	0	0	0	0	315	146	70	54	25	0	0	0	0	0	0	11
24	Автовокзал Суздаль	0	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
25	АТП	0	0	0	0	0	80	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0

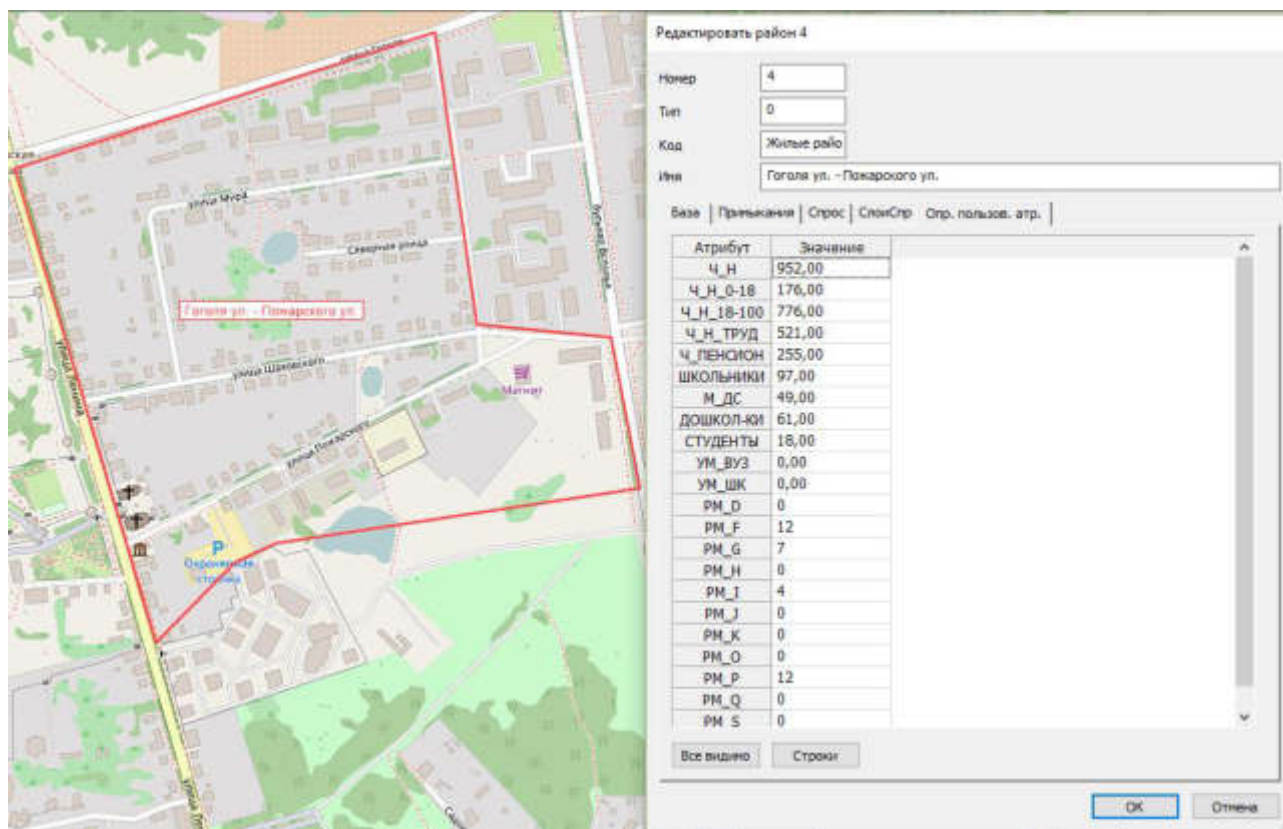


Рисунок 20 – Данные социально-экономической статистики по транспортному району

1.4.2 *Выбор модели расчёта транспортного спроса.* При разработке транспортной модели используется стандартная четырехшаговая модель расчета транспортного спроса. Преимущества использования именно этой модели связаны с тем, что она достаточно точно описывает все этапы формирования спроса на транспорт, при этом позволяя работать с агрегированными данными без потери в качестве результатов моделирования, что в свою очередь сокращает время расчета и позволяет оценивать большее количество прогнозных сценариев в единицу времени. Расчет обычно проводится по отдельным слоям спроса. Результатом работы вычислительного алгоритма модели являются расчетные (модельные) значения интенсивности движения [1].

1.4.3 *Создание модели расчёта спроса.* Создание модели расчёта спроса (4 - х ступенчатая модель) основано на создании последовательного набора процедур, с назначением определённых параметров каждой из них, рассчитанных по результатам социологического опроса подвижности населения [4].

В модели определены следующие слои спроса, описывающие транспортное поведение населения:

- Дом-Работа;
- Работа-Дом;
- Дом-Учеба;
- Учеба-Дом;
- Дом-Прочее;
- Прочее-Дом;
- Работа-Прочее;
- Прочее-Работа;
- Работа-Работа;
- Прочее-Прочее;
- Дом-ВУЗ;
- ВУЗ-Дом;
- Работа-ВУЗ;
- ВУЗ-Работа;
- ВУЗ-Прочее.

Данный набор является наиболее детализированным и актуальным, так как включает в себя все виды корреспонденций, в том числе досуговые и культурно-бытовые. [2]

Перечисленные слои, введенные в программу, отражены на рисунке 21.

Для расчёта объёмов генерации и поглощения в расчётные процедуры добавлена процедура «Создание транспортного движения» (рисунок 22), в параметрах которой для каждого слоя спроса были заданы коэффициенты генерации для расчёта объёмов создания и притяжения и параметры нормирования в соответствии с проведённым социологическим опросом и исследованиями, проводимыми в других городах.

Распределение сгенерированных на предыдущем шаге транспортных потоков по корреспонденциям осуществляется на основе гравитационной модели с использованием матриц затрат и оценочных функций. Используется процедура «Распределение транспортного движения». В её параметрах указаны



матрицы затрат и параметры функции предпочтения, находящиеся в допустимых пределах. График функции Logit для слоя спроса «Дом-Работа» изображён на рисунке 23.

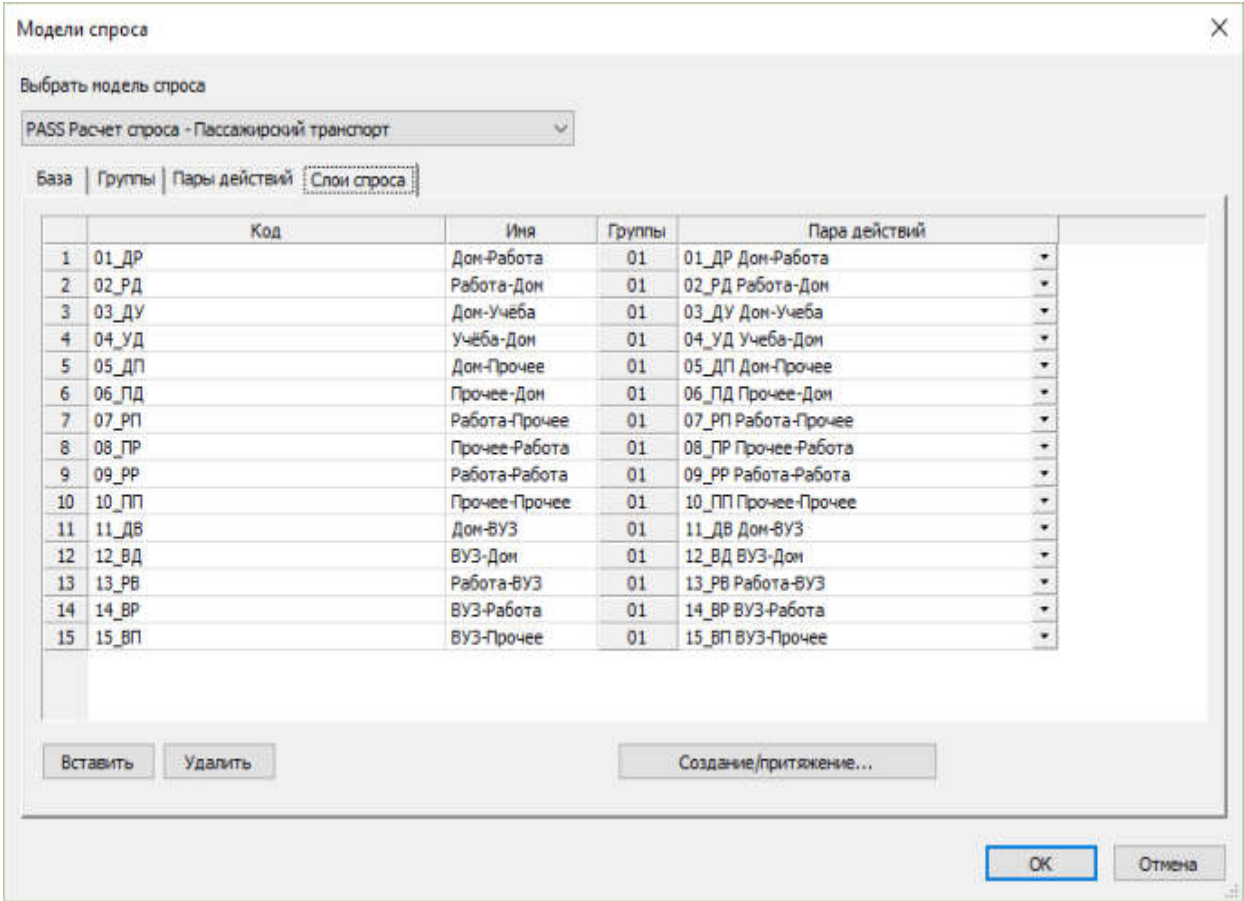


Рисунок 21 – Слой спроса

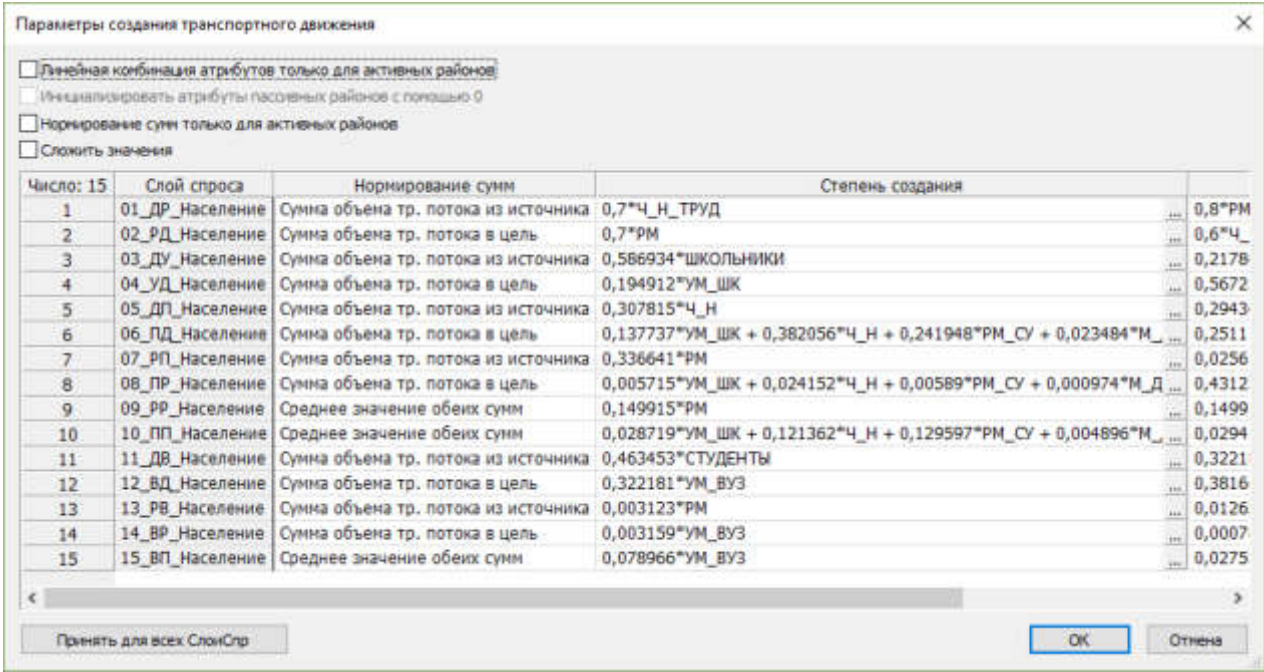


Рисунок 22 – Процедура создания транспортного движения

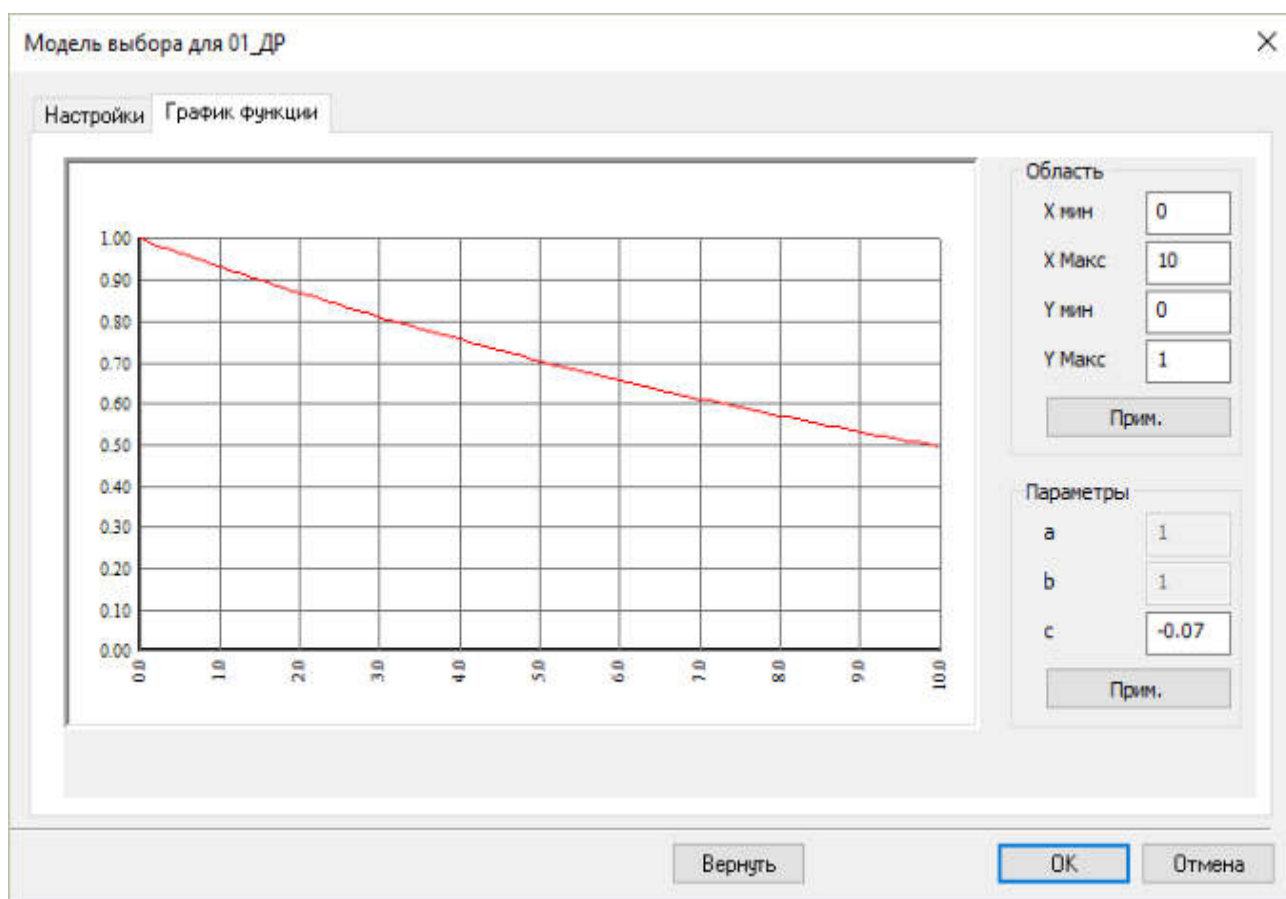


Рисунок 23 – График функции предпочтения

Распределение спроса на поездки по видам транспорта осуществляется в процедуре «Выбор режима». Корреспонденции между транспортными районами по сегментам спроса распределяются на разные виды транспорта с помощью матрицы затрат и оценочных функций.

Перед распределением поездок по сети были просуммированы полученные на предыдущем шаге матрицы по слоям спроса для получения единой матрицы корреспонденций на определённом виде транспорта с помощью процедуры «Комбинация матриц и векторов», предварительно создав итоговые матрицы корреспонденций и привязав их к сегментам спроса, как показано на рисунке 24.

На рисунке 25 представлен набор параметров процедур в разрабатываемой транспортной модели, используемый при расчёте модели спроса.

Данные спроса

Стандартные кривые спроса | Кривые спроса | Сегменты спроса

	КодСегСпр	ИмяСегСпр	Кривая спроса	Матрица	Матрица	Привязка ко времени
1	C	Car	1 По умолчанию	Matrix(1)	1 ИТ	
2	G1	Легкий грузовой транспорт (2-2,6 м, >=2 осей)	1 По умолчанию	Matrix(2)	2 G1	
3	G2	Средний грузовой транспорт (>2,6 м, =2 оси)	1 По умолчанию	Matrix(3)	3 G2	
4	G3	Тяжелый грузовой транспорт (>2,6 м, >=3 осей)	1 По умолчанию	Matrix(4)	4 G3	
5	PED	Pedestrians	1 По умолчанию	Matrix(5)	6 Pedestrians	
6	OT	OT	1 По умолчанию	Matrix(5)	5 OT	Время отправления

OK Отмена

Рисунок 24 – Привязка сегментов спроса к матрицам корреспонденций

Последовательность процедур

Число: 72	Исполнение	Активно	Процедура	Базовый(е) объект(ы)	Вариант/файл
1		<input checked="" type="checkbox"/>	Группа "Инициализация"	2 - 4	
2		<input type="checkbox"/>	Calculate Matrix		
3		<input checked="" type="checkbox"/>	Иниц. перераспределение		Все
4		<input checked="" type="checkbox"/>	Иниц. производственные показатели OT		
5		<input checked="" type="checkbox"/>	Группа "Создание транспортного движения"	6 - 7	
6		<input checked="" type="checkbox"/>	Создание транспортного движения	Все Пасс-СлонСпр	
7		<input checked="" type="checkbox"/>	Создание транспортного движения	Все Груз-СлонСпр	
8		<input checked="" type="checkbox"/>	Группа "Расчет матриц затрат"	9 - 14	
9		<input checked="" type="checkbox"/>	Расчитать матрицу затрат ИТ	C Car	
10		<input checked="" type="checkbox"/>	Расчитать матрицу затрат ИТ	G1 Легкий грузовой транспорт (2-2,6 м, >=2 осей)	
11		<input checked="" type="checkbox"/>	Расчитать матрицу затрат ИТ	G2 Средний грузовой транспорт (>2,6 м, =2 оси)	
12		<input checked="" type="checkbox"/>	Расчитать матрицу затрат ИТ	G3 Тяжелый грузовой транспорт (>2,6 м, >=3 осей)	
13		<input checked="" type="checkbox"/>	Расчитать матрицу затрат ИТ	PED Pedestrians	
14		<input checked="" type="checkbox"/>	Расчитать матрицу затрат OT	OT OT	По расписанию
15		<input checked="" type="checkbox"/>	Группа "Оценка матриц затрат - EVA"	16 - 45	
16		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
17		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
18		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
19		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
20		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
21		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
22		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
23		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
24		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
25		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
26		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
27		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
28		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
29		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		
30		<input checked="" type="checkbox"/>	Оценка матриц затрат на основе функций EVA		

Рисунок 25 – Набор параметров последовательности процедур

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

После создания модели расчёта спроса производятся предварительные расчеты перераспределения пассажирских потоков на общественном и легковом транспорте, а также грузопотоков. На рисунках 26–29 представлены результаты данных вычислений. Рисунок 26 – картограмма расчётной интенсивности движения легковых автомобилей, рисунок 27 – картограмма расчётной интенсивности пассажиропотоков по маршрутам общественного транспорта, рисунок 28 – картограмма расчётной интенсивности движения грузового транспорта, рисунок 29 – картограмма расчётной загрузки улично-дорожной сети.

По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что имеющаяся пропускная способность улиц города Суздаля далека от исчерпания.



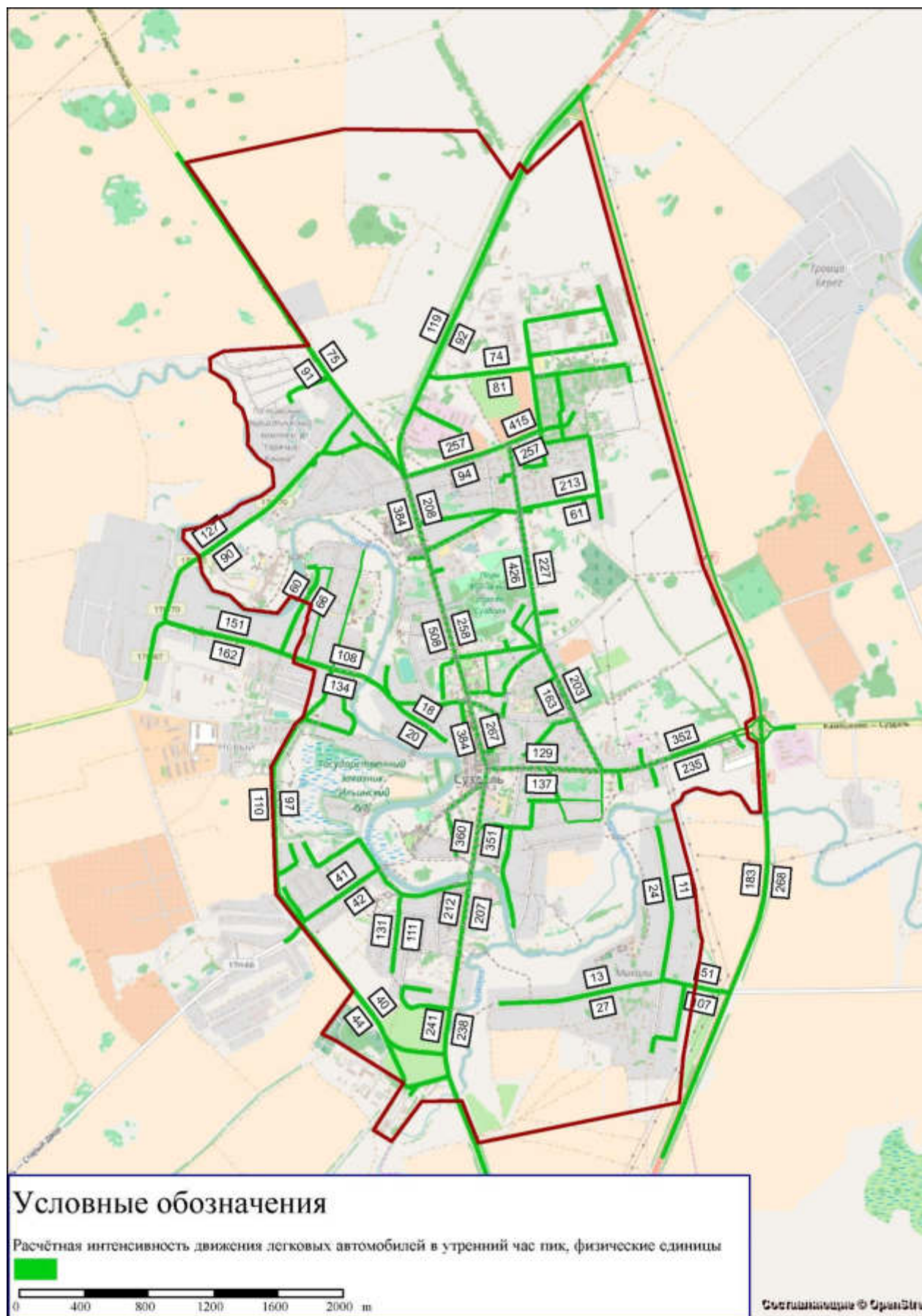


Рисунок 26 – Картограмма расчётной интенсивности движения легковых автомобилей в утренний час пик





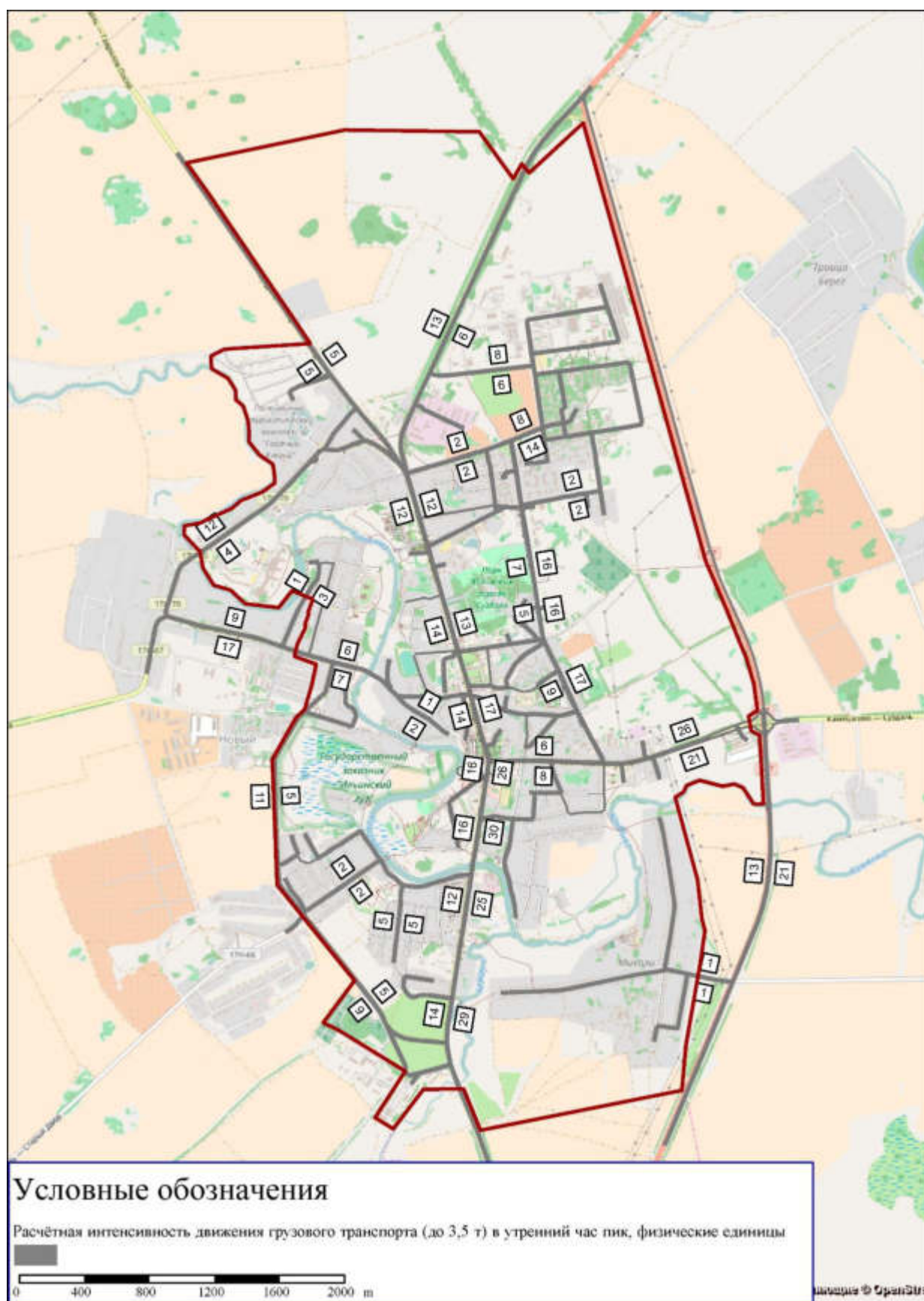


Рисунок 28 – Картограмма расчётной интенсивности движения грузового транспорта (до 3,5 т)

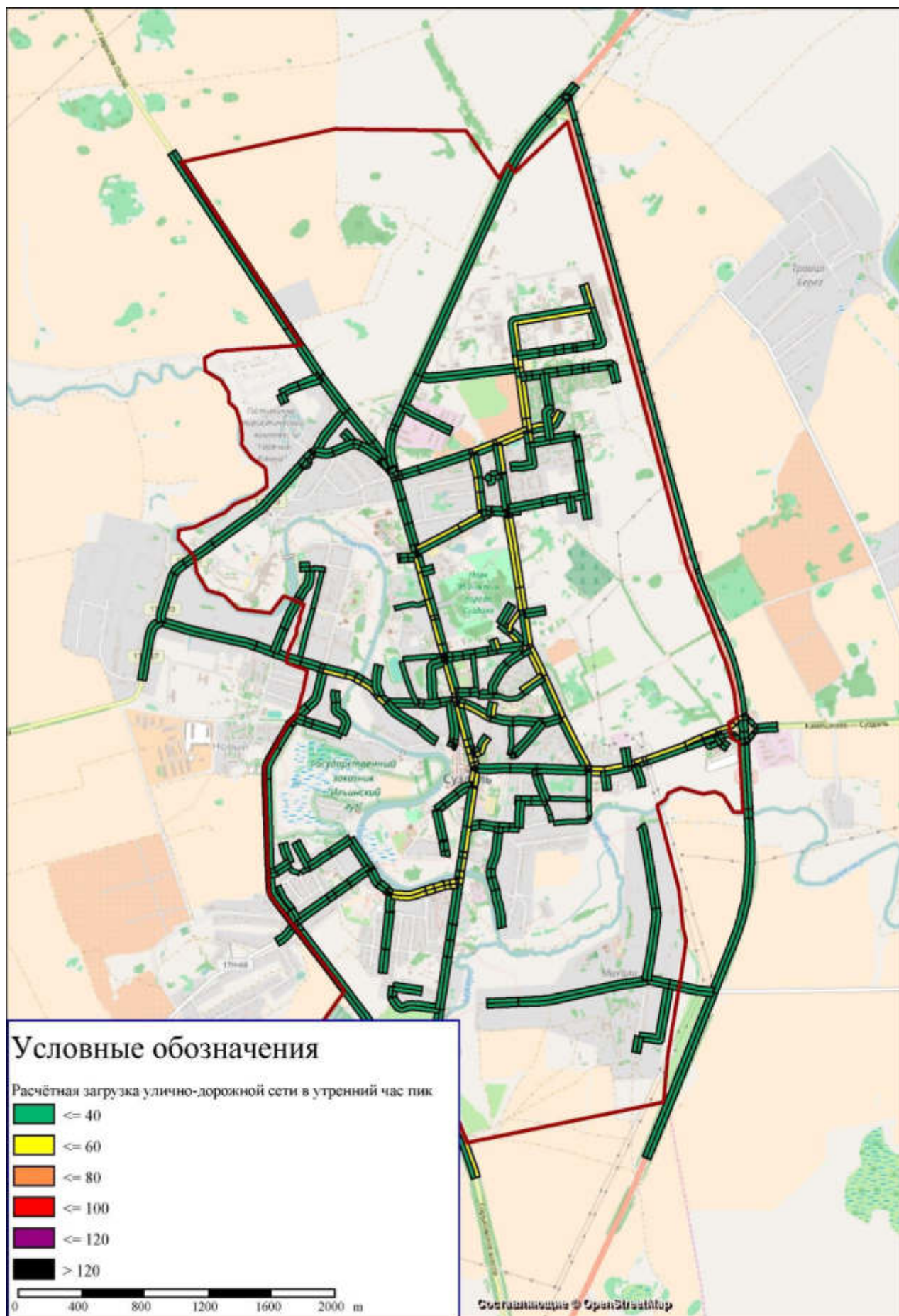


Рисунок 29 – Картограмма расчётной загрузки улично-дорожной сети



1.6 Калибровка мультимодальной макромодели по интенсивности транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков.

1.6.1 Ввод данных об интенсивности движения транспорта и объёме пассажиропотоков. Данные обследований интенсивности движения транспорта необходимы для проверки соответствия модельного расчета реальной ситуации на этапе калибровки модели. В модель были введены значения интенсивности движения легкового и грузового транспорта на местах подсчета, отображённых на рисунке 30.

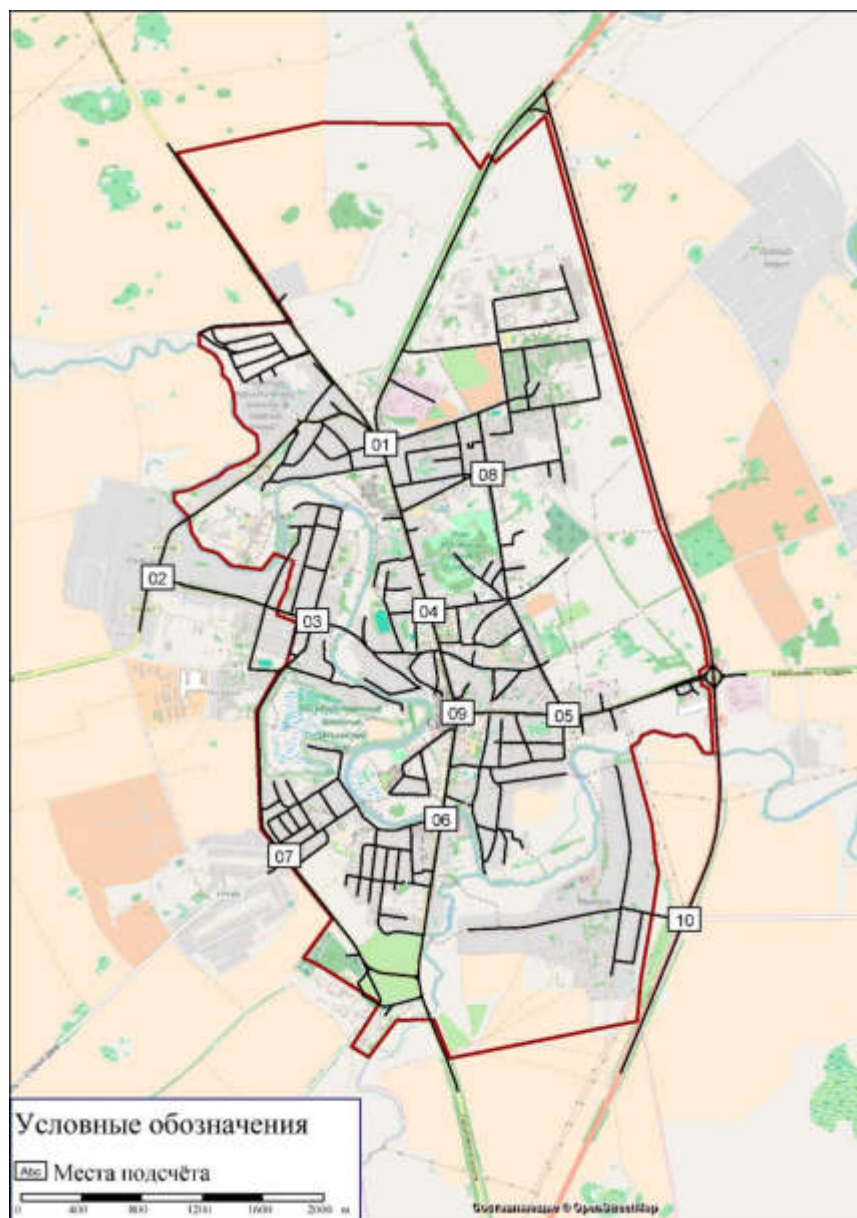


Рисунок 30 – Места подсчёта

На рисунке 31 отображено место подсчёта на пересечении улиц Ленина и Пушкинская с направлениями движения, по которым были осуществлены замеры интенсивности движения транспорта.



Рисунок 31 – Место подсчёта с направлениями движения

Данные объёмов пассажиропотока по сети в утренний «час пик» по каждому из маршрутов общественного транспорта получены в результате проведения натурных обследований.

Таблица 4 – Данные объёма пассажиропотоков по сети в утренний «час пик», (чел/час)

№ п/п	Маршрут	Пассажиропоток в пиковый период
1	Автобус №1	67
2	Автобус №2	145
3	Автобус №3	73
4	Автобус №4	118

1.6.2 *Выбор статистических показателей для проверки адекватности модели.* После завершения первого цикла расчёта спроса на транспорт и ввода результатов замеров интенсивности потоков проводится проверка модели и определяется, насколько она совпадает с реальной ситуацией. Для проверки адекватности модели заранее определяется ряд статистических показателей и их величин для сравнения расчётных значений интенсивностей из модели и данных натурных обследований.

При отклонении заранее определённых показателей от допустимой нормы проводится ряд изменений в модели с последующим перерасчётом – калибровка.

Основные показатели, которые используются для оценки качества модели:

- средняя относительная ошибка – среднее отклонение абсолютных значений (разница между наблюдаемыми на местах подсчета и рассчитанными в модели значениями) в процентах;
- коэффициент корреляции – мера связи между фактическими данными об интенсивностях потоков на местах подсчета и рассчитанной на основе модели нагрузкой.

Коэффициент корреляции принимает значения в диапазоне от -1 до 1. Чем ближе значение коэффициента корреляции к 1, тем точнее ряд расчетных значений нагрузки аппроксимирует ряд фактических данных интенсивностей потоков, то есть модель точнее показывает поведение транспортного потока.

1.6.3 *Выбор объектов для калибровки транспортной модели.* После завершения первого цикла расчёта спроса на транспорт и ввода результатов замеров интенсивности потоков проводится калибровка транспортной модели. В процессе калибровки проводилась серия вычислительных экспериментов с моделью, при этом менялись определенные характеристики или параметры модели с целью достижения максимально-возможного уровня соответствия данных их натурных обследований расчетным значениям интенсивности. Общие параметры, используемые при калибровке транспортной модели, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Объекты калибровки транспортной модели

Объект калибровки	Изменение
Данные структуры пространственного развития (степени создания и притяжения)	Количество перемещений по слоям и сегментам спроса
Функции оценки – параметры и вид функций, оценивающих вероятность совершения поездки в зависимости от длины и/или времени в пути в моделях распределения транспортного движения и выбора транспорта	Распределение длительности и/или дальности поездок и пропорции между легковым и общественным транспортом
Элементы главных диагоналей матриц затрат	Изменение количеств перемещений внутри района
Скорость и пропускная способность на отрезках	Выбор пути при перераспределении
Функции ограничения пропускной способности: параметры и вид функций, показывающих зависимость задержек в пути от загрузки дороги (отношение интенсивности движения к пропускной способности)	Выбор пути при перераспределении
Местоположение привязки примыканий к сети	Выбор пути при перераспределении
Доли входящих/выходящих потоков, приходящихся на каждое примыкание, в общем потоке транспортного района-источника/района-цели	Изменение пропорций распределения выходящего и входящего потоков района по примыканиям, изменение путей при перераспределении

1.6.4 *Оценка точности модели.* После проведения калибровки произведена окончательная оценка точности модели по заранее определённым показателям. Полученные значения показателей качества модели отражают существующую ситуацию с точностью, достаточной для использования построенной модели в целях долгосрочного прогнозирования (10–20 лет). Значения параметров качества расчёта транспортной модели приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Значения параметров качества транспортной модели

Параметр качества расчёта модели	Значение
Коэффициент корреляции	0,73
Средняя относительная ошибка	37,0 %

1.7 Разработка вариантов транспортной макромодели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования.

1.7.1 Разработка варианта транспортной модели на краткосрочную перспективу (0-5 лет).

Для учета перспективного перераспределения пассажирского и грузового потока по сети учитываются мероприятия по строительству и реконструкции объектов транспортной инфраструктуры на расчетные сроки. Обработка информации осуществляется посредством создания в модели дополнительных сценариев с вводом вариантов развития перспективной сети.

В транспортной модели на расчётный 2021 года учитывается следующее развитие улично-дорожной сети:

- реконструкция ул. Восточная;
- реконструкция ул. Нетёка;
- реконструкция ул. Калинина;

- реконструкция ул. Виноградова;
- строительство дороги, соединяющей ул. Ленина и ул. Михайловская.

По каждому транспортному району необходимо определить прогнозные данные социально-экономической статистики на рассматриваемые прогнозные сроки. На рисунках 32 и 33 представлены диаграммы с примерами изменения численности трудоспособного населения и рабочих мест на прогнозные года.



Рисунок 32 – Динамика изменения численности трудоспособного населения



Рисунок 33 – Динамика изменения количества рабочих мест

В связи с развитием туристического комплекса в муниципальном образовании планируется создание новых рабочих мест в сфере туризма. Новые рабочие места планируется создать за счет строительства крупных гостиничных, спортивных и культурно-развлекательных комплексов. Планируемое количество занятых в сфере туризма к 2021 году составит 4000 человек.



Увеличение жилого фонда планируется за счет строительства малоэтажных (многоквартирных) домов и объектов индивидуального жилищного строительства в разных районах города.

Новое жилищное строительство на период первой очереди, в основном, намечается на территориях, на которые разработаны проекты планировки жилых кварталов в районе улицы Пожарского, в районе бульвара Всполье, в районе ул. Колхозной.

По аналогии с вводом данных социально-экономической статистики на этапе проведения транспортного районирования, в прогнозную модель вносится та же информация только на прогнозный период.

В таблице 7 представлены социально-экономические данные по каждому транспортному району муниципального образования на расчётный 2021 год.

На рисунке 34 представлена картограмма расчётной интенсивности движения с классификацией по уровню загрузки в утренний час пик на расчётный 2021 год. Проблем с исчерпанием пропускной способности улиц и дорог не обнаружено.

1.7.2 Разработка варианта транспортной модели на краткосрочную перспективу (6-10 лет).

В соответствии с методикой, описанной в пункте 1.1.7.1 разрабатывается вариант транспортной модели на среднесрочную перспективу (6-10 лет).

В транспортной модели на расчётный 2026 год учитывается следующее развитие улично-дорожной сети:

- строительство ул. Златоустовская;
- строительство ул. Лесная;
- строительство проектируемой улицы 1.

Согласно прогнозу развития туристического комплекса города Суздаля к 2026 году количество занятых в сфере туризма установится на уровне 4500 человек, а общая численность населения составит порядка 11867 человек.

Таблица 7 – Данные социально-экономической статистики по транспортным районам на расчётный 2021 год

№ ТР	Название ТР	Население, чел.	Население до 18 лет, чел.	Население старше 18 лет, чел.	Пенсионеры, чел.	Трудоспособное население, чел.	Количество рабочих мест	Количество рабочих мест в сфере услуг	Количество мест в дет. садах	Дошкольники, чел.	Количество учебных мест в школах	Школьники, чел.	Количество учебных мест в ВУЗах	Студенты, чел.	Число работников – Раздел С	Число работников – Раздел D	Число работников – Раздел F	Число работников – Раздел G	Число работников – Раздел H	Число работников – Раздел I	Число работников – Раздел J	Число работников – Раздел K	Число работников – Раздел O	Число работников – Раздел P	Число работников – Раздел Q	Число работников – Раздел S
1	Михайловская ул. – Колхозная ул.	892	168	724	240	484	34	20	0	58	55	92	0	18	0	0	0	20	0	0	0	0	14	0	0	
2	Советская ул.	2240	413	1827	602	1226	205	151	236	143	0	226	0	43	0	0	0	76	0	0	36	39	0	54	0	0
3	Район Всполье	2976	549	2427	799	1628	207	61	0	189	0	301	0	59	0	0	0	33	0	18	0	10	0	20	126	0
4	Гоголя ул. – Пожарского ул.	1202	222	980	322	658	41	17	49	76	0	122	0	24	0	0	12	11	0	6	0	0	12	0	0	
5	Садовый переулок	118	22	96	30	65	21	21	0	8	0	12	0	3	0	0	0	12	0	9	0	0	0	0	0	
6	ул. Ленина,138, Николаевский посад	0	0	0	0	0	106	106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	106	0	0	0	0	0	
7	Учебное заведение ул. Ленина д.106	0	0	0	0	0	247	45	79	0	627	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	12	84	118	0	
8	Красная площадь	386	71	315	103	212	1344	1079	220	25	562	39	0	7	0	68	23	148	48	132	81	185	485	76	0	98
9	Васильевский монастырь	54	10	44	15	29	249	90	0	3	0	6	0	1	100	59	0	56	0	19	0	15	0	0	0	
10	Гостиница Сокол	99	18	81	27	54	258	222	46	6	0	10	0	2	0	0	0	41	0	154	0	0	27	11	17	8
11	Индустриально-гуманитарный колледж	219	41	178	59	119	58	18	0	14	0	23	376	4	0	0	0	0	0	18	0	0	0	40	0	0
12	Пушкарская слобода	425	78	347	109	236	451	319	0	27	0	43	0	8	100	0	0	23	23	253	0	0	20	20	0	12
13	Пушкарская ул. – Толстого ул.	382	71	311	102	209	161	150	0	25	0	39	0	7	0	0	11	18	0	132	0	0	0	0	0	0
14	Кремль	75	14	61	20	41	381	266	0	5	0	8	0	3	0	0	0	27	28	185	0	0	26	115	0	0
15	Шмидта ул.	157	29	128	41	86	19	9	0	10	0	16	107	3	0	0	0	0	0	9	0	0	0	10	0	0
16	ООО ГК «Гелиопарк Суздаль»	220	41	179	59	120	99	99	0	14	0	23	0	4	0	0	0	0	0	99	0	0	0	0	0	0
17	Гончарная ул.	400	74	326	106	220	208	208	0	26	0	41	0	8	0	0	0	12	0	196	0	0	0	0	0	0
18	Красноармейская ул.	456	84	372	121	252	224	224	0	29	0	46	0	9	0	0	0	9	0	215	0	0	0	0	0	0
19	Спасо-Евфимиев монастырь	72	12	60	20	40	108	108	0	4	0	7	0	1	0	0	0	30	0	78	0	0	0	0	0	0
20	Крупской ул.	180	33	147	48	99	147	71	0	11	0	18	142	3	0	0	0	11	0	60	0	0	0	76	0	0
21	Слободская ул.	312	58	254	83	171	456	445	0	20	0	32	0	6	0	0	0	175	26	132	0	43	69	0	0	11
22	Промзона юг	0	0	0	0	0	21	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	10	
23	Промзона север	0	0	0	0	0	663	121	0	0	0	0	0	0	315	146	70	82	39	0	0	0	0	0	11	
24	Автовокзал Суздаль	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	
25	АТП	0	0	0	0	0	124	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124	0	0	0	0	0	0	

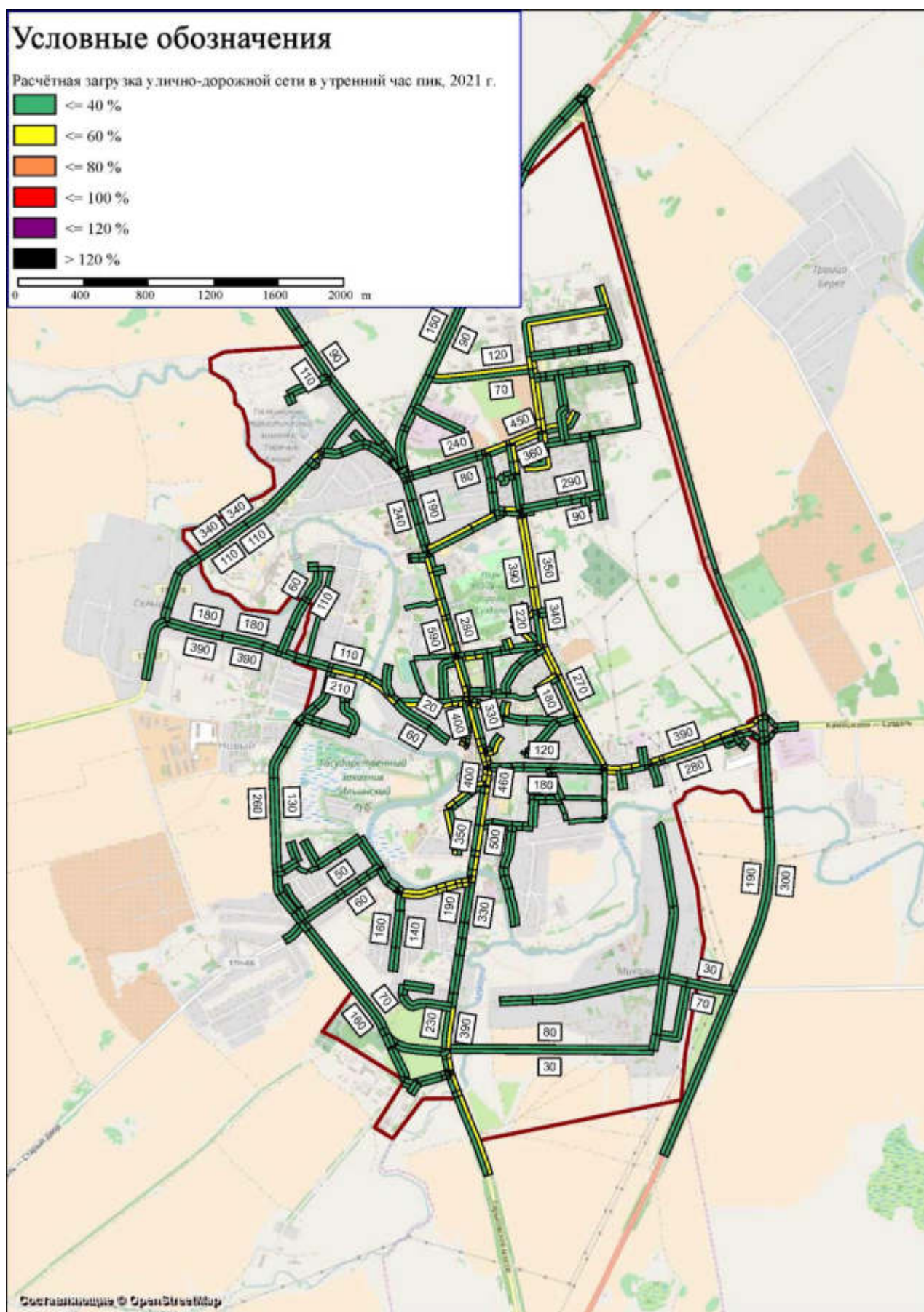


Рисунок 34 – Картограмма расчётной интенсивности движения с классификацией по уровню загрузки в утренний час пик, 2021 г.

Новое жилищное строительство намечается в районе «Всполье-Север», где планируется 2-3 этажная многоквартирная застройка, в районе индивидуальной малоэтажной застройки «Всполье-Восток», квартал жилой застройки вдоль дороги на Иваново к северо-западу от промзоны – район индивидуальной малоэтажной застройки, а также в районе ул. Колхозная – ул. Михайловская.

Развитие туристической отрасли планируется за счет строительства таких крупных объектов притяжения как, Гостиничный комплекс «Конгресс-парк-отель Великокняжеский», спортивный комплекс «Всполье» с автостоянкой, Туристско-деловой, информационный и культурно-развлекательный комплекс на территории Посада, универсальный спортивный зал с плавательным бассейном в районе Всполье.

В таблице 8 представлены социально-экономические данные по каждому транспортному району муниципального образования на расчётный 2026 год.

На рисунке 35 представлена картограмма расчётной интенсивности движения с классификацией по уровню загрузки в утренний час пик на расчётный 2026 год. Проблем с исчерпанием пропускной способности улиц и дорог не обнаружено.

#### 1.7.3 Разработка варианта транспортной модели на долгосрочную перспективу (более 10 лет)

В соответствии с методикой, описанной в пункте 2.1.7.1 разрабатывается вариант транспортной модели на долгосрочную перспективу (более 10 лет).

Согласно Генеральному плану численность населения муниципального образования на расчетный срок установится в районе 13-15 тыс. чел. Число занятых в сфере туризма на 2035 год составит около 5 тыс. чел.

Развитие жилого фонда планируется в уже застраиваемых районах объектами ИЖС и многоквартирными домами.



Таблица 8 – Данные социально-экономической статистики по транспортным районам на расчётный 2026 год

№ ТР	Название ТР	Население, чел.	Население до 18 лет, чел.	Население старше 18 лет, чел.	Пенсионеры, чел.	Трудоспособное население, чел.	Количество рабочих мест	Количество рабочих мест в сфере услуг	Количество мест в дет. садах	Дошкольники, чел.	Количество учебных мест в школах	Школьники, чел.	Количество учебных мест в ВУЗах	Студенты, чел.	Число работников – Раздел С	Число работников – Раздел D	Число работников – Раздел F	Число работников – Раздел G	Число работников – Раздел H	Число работников – Раздел I	Число работников – Раздел J	Число работников – Раздел K	Число работников – Раздел O	Число работников – Раздел P	Число работников – Раздел Q	Число работников – Раздел S	Число работников – Раздел R
1	Михайловская ул. – Колхозная ул.	992	188	804	265	539	52	25	0	70	55	100	0	18	0	0	0	25	0	0	0	0	0	22	5	0	0
2	Советская ул.	2240	413	1827	602	1226	205	151	236	143	0	226	0	43	0	0	0	76	0	0	36	39	0	54	0	0	0
3	Район Всполье	2976	549	2427	799	1628	207	61	0	189	0	301	0	59	0	0	0	33	0	18	0	10	0	20	126	0	0
4	Гоголя ул. – Пожарского ул.	1202	222	980	322	658	41	17	49	76	0	122	0	24	0	0	12	11	0	6	0	0	0	12	0	0	0
5	Садовый переулок	118	22	96	30	65	21	21	0	8	0	12	0	3	0	0	0	12	0	9	0	0	0	0	0	0	0
6	ул. Ленина,138, Николаевский посад	0	0	0	0	0	107	107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107	0	0	0	0	0	0	0
7	Учебное заведение ул. Ленина д.106	0	0	0	0	0	247	45	79	0	627	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	12	84	118	0	0	0
8	Красная площадь	386	71	315	103	212	1344	1079	220	25	562	39	0	7	0	68	23	148	48	132	81	185	485	76	0	98	0
9	Васильевский монастырь	54	10	44	15	29	249	90	0	3	0	6	0	1	100	59	0	56	0	19	0	15	0	0	0	0	0
10	Гостиница Сокол	99	18	81	27	54	259	223	46	6	0	10	0	2	0	0	0	42	0	154	0	0	27	11	17	8	0
11	Индустриально-гуманитарный колледж	219	41	178	59	119	58	18	0	14	0	23	376	4	0	0	0	0	0	18	0	0	0	40	0	0	0
12	Пушкарская слобода	425	78	347	109	236	450	318	0	27	0	43	0	8	100	0	0	23	23	252	0	0	20	20	0	12	0
13	Пушкарская ул. – Толстого ул.	382	71	311	102	209	161	150	0	25	0	39	0	7	0	0	11	18	0	132	0	0	0	0	0	0	0
14	Кремль	75	14	61	20	41	382	267	0	5	0	8	0	3	0	0	0	27	28	186	0	0	26	115	0	0	0
15	Шмидта ул.	157	29	128	41	86	19	9	0	10	0	16	107	3	0	0	0	0	0	9	0	0	0	10	0	0	0
16	ООО ГК «Гелиопарк Суздаль»	220	41	179	59	120	99	99	0	14	0	23	0	4	0	0	0	0	0	99	0	0	0	0	0	0	0
17	Гончарная ул.	400	74	326	106	220	208	208	0	26	0	41	0	8	0	0	0	12	0	196	0	0	0	0	0	0	0
18	Красноармейская ул.	456	84	372	121	252	225	225	0	29	0	46	0	9	0	0	0	9	0	216	0	0	0	0	0	0	0
19	Спасо-Евфимиев монастырь	72	12	60	20	40	109	109	0	4	0	7	0	1	0	0	0	30	0	79	0	0	0	0	0	0	0
20	Крупской ул.	180	33	147	48	99	147	71	0	11	0	18	142	3	0	0	0	11	0	60	0	0	0	76	0	0	0
21	Слободская ул.	312	58	254	83	171	457	446	0	20	0	32	0	6	0	0	0	175	27	132	0	43	69	0	0	11	0
22	Промзона юг	0	0	0	0	0	71	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	50	0	0	0	0	0	10	0
23	Промзона север	0	0	0	0	0	663	121	0	0	0	0	0	0	315	146	70	82	39	0	0	0	0	0	0	11	0
24	Автовокзал Суздаль	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
25	АТП	0	0	0	0	0	125	125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	0	0	0	0	0	0	0	0
26	П.Р. Всполье Север	500	100	400	160	240	85	85	0	35	0	55	0	10	0	0	0	20	0	0	0	0	15	0	0	0	50
27	П.Р. Всполье Восток	202	40	162	50	112	8	8	0	14	0	22	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
28	П.Р. Вдоль дороги на Иваново	200	40	160	50	110	60	60	0	14	0	22	0	4	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	50
29	П.Р. Спорткомплекс	0	0	0	0	0	130	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	10	0	0	0	90
30	П.Р. Великокняжеский	0	0	0	0	0	158	158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	92	0	0	0	0	0	0	12

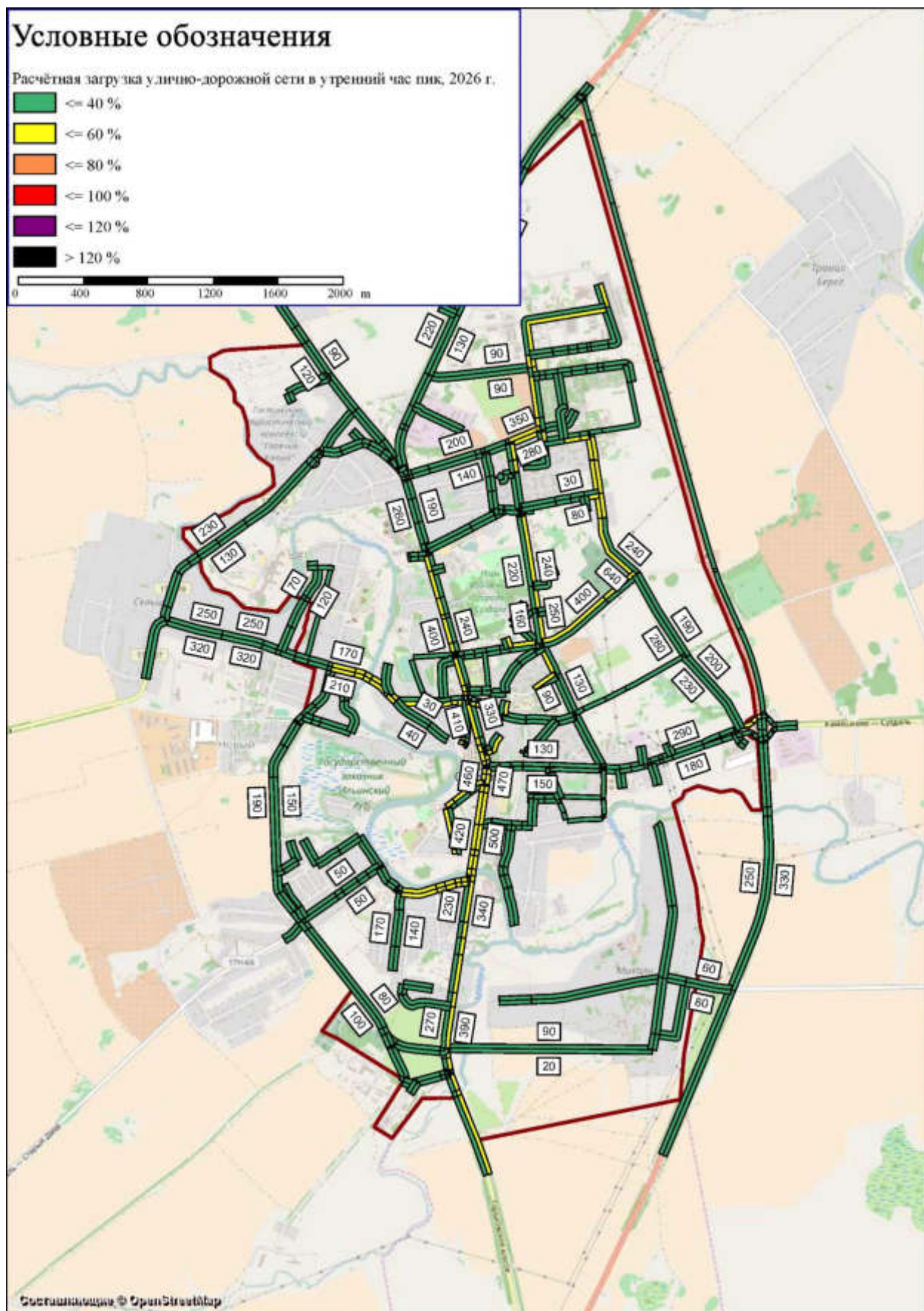


Рисунок 35 – Картограмма расчётной интенсивности движения с классификацией по уровню загрузки в утренний час пик, 2026 г.

Развитие туристического кластера планируется за счет строительства крупных гостинично-туристических комплексов, таких как Гостиничный комплекс «Липецкое поле» на въезде со стороны Иванова, а также Гостинично-молодежный комплекс с паркового экстремального спорта на въезде со стороны Кидекши.

В таблице 9 представлены социально-экономические данные по каждому транспортному району муниципального образования на расчётный 2031 год.

На рисунке 36 представлена картограмма расчётной интенсивности движения с классификацией по уровню загрузки в утренний час пик на расчётный 2031 год. Проблем с исчерпанием пропускной способности улиц и дорог не обнаружено.

Таблица 9 – Данные социально-экономической статистики по транспортным районам на расчётный 2031 год

№ ТР	Название ТР	Население, чел.	Население до 18 лет, чел.	Население старше 18 лет, чел.	Пенсионеры, чел.	Трудоспособное население, чел.	Количество рабочих мест	Количество рабочих мест в сфере услуг	Количество мест в дет. садах	Дошкольники, чел.	Количество учебных мест в школах	Школьники, чел.	Количество учебных мест в ВУЗах	Студенты, чел.	Число работников – Раздел С	Число работников – Раздел D	Число работников – Раздел F	Число работников – Раздел G	Число работников – Раздел H	Число работников – Раздел I	Число работников – Раздел J	Число работников – Раздел K	Число работников – Раздел O	Число работников – Раздел P	Число работников – Раздел Q	Число работников – Раздел S	Число работников – Раздел R
1	Михайловская ул. – Колхозная ул.	1150	230	920	287,5	632,5	52	25	0	80,5	55	126,5	0	23	0	0	0	25	0	0	0	0	0	22	5	0	0
2	Советская ул.	2540	508	2032	635	1397	220	166	236	177,8	0	279,4	0	50,8	0	0	0	76	0	0	36	39	0	54	0	0	15
3	Район Всполье	3200	640	2560	800	1760	247	101	0	224	0	352	0	64	0	0	0	33	0	18	0	10	40	20	126	0	0
4	Гоголя ул. – Пожарского ул.	1202	222	980	322	658	41	17	49	76	0	122	0	24	0	0	12	11	0	6	0	0	0	12	0	0	0
5	Садовый переулок	118	22	96	30	65	41	41	0	8	0	12	0	3	0	0	0	12	0	9	0	0	0	0	0	0	20
6	ул. Ленина,138, Николаевский посад	0	0	0	0	0	107	107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	107	0	0	0	0	0	0	0
7	Учебное заведение ул. Ленина д.106	0	0	0	0	0	247	45	79	0	627	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	12	84	118	0	0	0
8	Красная площадь	420	84	336	105	231	1446	1181	220	29,4	562	46,2	0	8,4	0	68	23	200	48	132	81	185	485	76	0	98	50
9	Васильевский монастырь	54	10	44	15	29	249	90	0	3	0	6	0	1	100	59	0	56	0	19	0	15	0	0	0	0	0
10	Гостиница Сокол	99	18	81	27	54	267	231	46	6	0	10	0	2	0	0	0	42	0	154	0	0	35	11	17	8	0
11	Индустриально-гуманитарный колледж	219	41	178	59	119	88	48	0	14	0	23	376	4	0	0	0	0	30	18	0	0	0	40	0	0	0
12	Пушкарская слобода	425	78	347	109	236	450	318	0	27	0	43	0	8	100	0	0	23	23	252	0	0	20	20	0	12	0
13	Пушкарская ул. – Толстого ул.	382	71	311	102	209	161	150	0	25	0	39	0	7	0	0	11	18	0	132	0	0	0	0	0	0	0
14	Кремль	75	14	61	20	41	382	267	0	5	0	8	0	3	0	0	0	27	28	186	0	0	26	115	0	0	0
15	Шмидта ул.	157	29	128	41	86	19	9	0	10	0	16	107	3	0	0	0	0	0	9	0	0	0	10	0	0	0
16	ООО ГК «Гелиопарк Суздаль»	220	41	179	59	120	99	99	0	14	0	23	0	4	0	0	0	0	0	99	0	0	0	0	0	0	0
17	Гончарная ул.	400	74	326	106	220	248	248	0	26	0	41	0	8	0	0	0	12	0	196	0	0	0	0	0	0	40
18	Красноармейская ул.	456	84	372	121	252	225	225	0	29	0	46	0	9	0	0	0	9	0	216	0	0	0	0	0	0	0
19	Спасо-Евфимиев монастырь	72	12	60	20	40	109	109	0	4	0	7	0	1	0	0	0	30	0	79	0	0	0	0	0	0	0
20	Крупской ул.	180	33	147	48	99	177	101	0	11	0	18	142	3	0	0	0	11	0	60	0	0	0	76	0	0	30
21	Слободская ул.	312	58	254	83	171	457	446	0	20	0	32	0	6	0	0	0	175	27	132	0	43	69	0	0	11	0
22	Промзона юг	0	0	0	0	0	221	211	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	150	0	0	0	0	0	10	50
23	Промзона север	0	0	0	0	0	663	121	0	0	0	0	0	0	315	146	70	82	39	0	0	0	0	0	0	11	0
24	Автовокзал Суздаль	0	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0
25	АТП	0	0	0	0	0	150	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0
26	П.Р. Всполье Север	800	160	640	200	440	85	85	0	56	0	88	0	16	0	0	0	20	0	0	0	0	15	0	0	0	50
27	П.Р. Всполье Восток	670	134	536	167,5	368,5	20	20	0	46,9	0	73,7	0	13,4	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
28	П.Р. Вдоль дороги на Иваново	400	80	320	100	220	60	60	0	28	0	44	0	8	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	50
29	П.Р. Спорткомплекс	500	0	0	0	0	150	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	10	0	0	0	110
30	П.Р. Великокняжеский	0	0	0	0	0	214	214	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	140	0	0	0	0	0	0	20



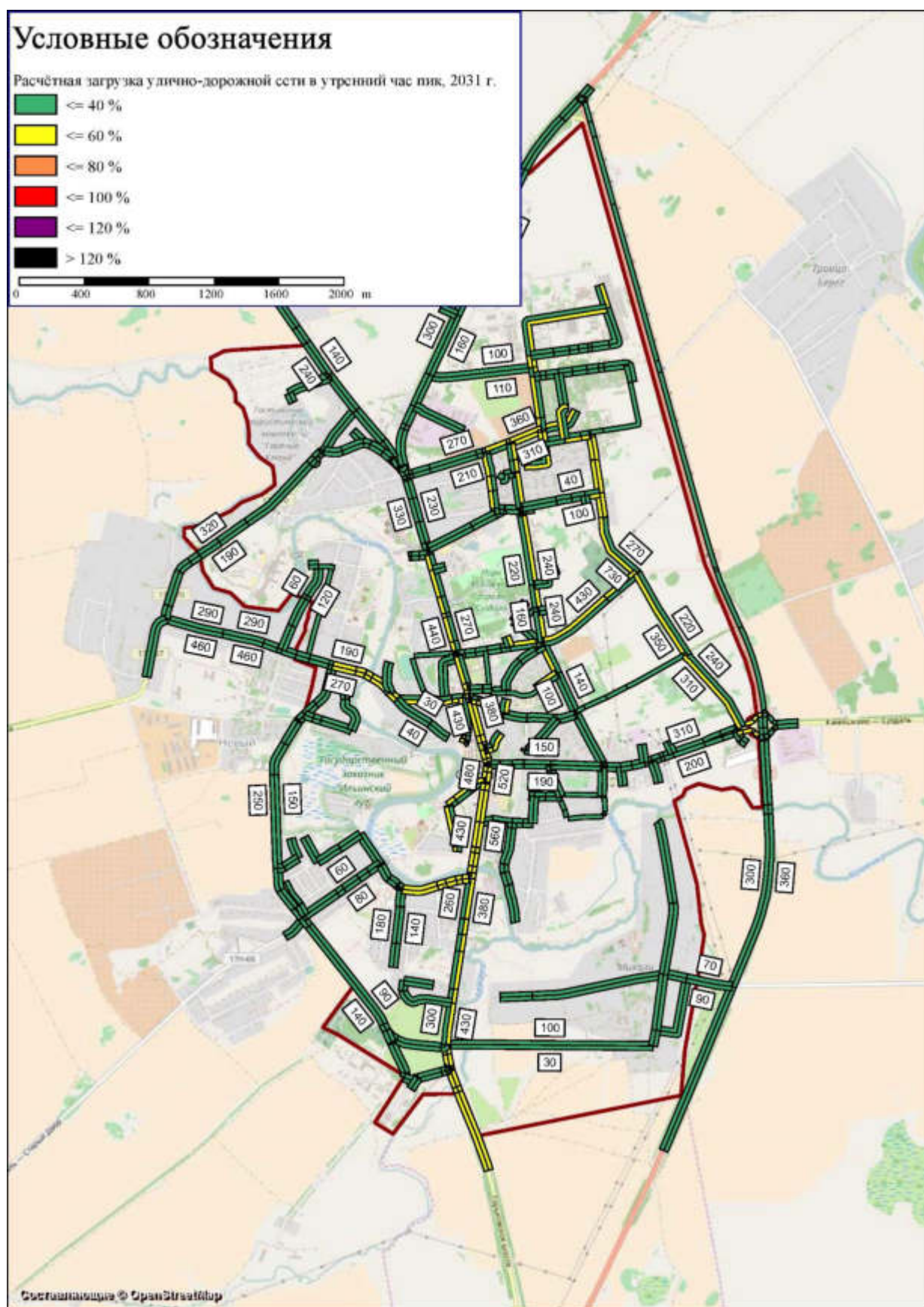


Рисунок 35 – Картограмма расчётной интенсивности движения с классификацией по уровню загрузки в утренний час пик, 2031 г.

## 2 Разработка моделей ключевых транспортных узлов

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

По согласованию с администрацией г. Суздаль Владимирской области в качестве ключевых транспортных узлов для моделирования были выбраны следующие пересечения:

- пересечение улиц Ленина и Гоголя;
- пересечение улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская;
- пересечение бульвара Всполье и улицы Шаховского;
- пересечение улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполье;
- пересечение улиц Садовая, Васильевская и Калинина.

В рамках первого этапа разработки Комплексной схемы организации дорожного движения г. Суздаль Владимирской области были собраны все необходимые данные для создания микромоделей: геометрия пересечений, картографические основы для моделирования, параметры транспортных потоков для каждого пересечения, параметры работы светофорных объектов.

Анализ результатов натурного обследования транспортных потоков города Суздаля, проведенного в рамках первого этапа разработки КСОДД выявил период пиковой загрузки улично-дорожной сети в утренние часы с 8:00 до 9:00. Данные по интенсивности транспортных потоков и направлениям движения всех видов транспортных средств представлены в форме паспортов замеров интенсивности движения транспортных средств для пересечения улиц Ленина и Гоголя, пересечения бульвара Всполье и улицы Шаховского и пересечения улиц Садовая, Васильевская и Калинина, приведенных в Приложении А первого этапа разработки КСОДД. Данные по интенсивности движения транспортных средств для пересечения улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская и

пересечения улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполье получены из макромодели, созданной в программном комплексе PTV Vision® VISUM.

На рисунках 37-41 представлены существующие схемы организации дорожного движения на моделируемых пересечениях.

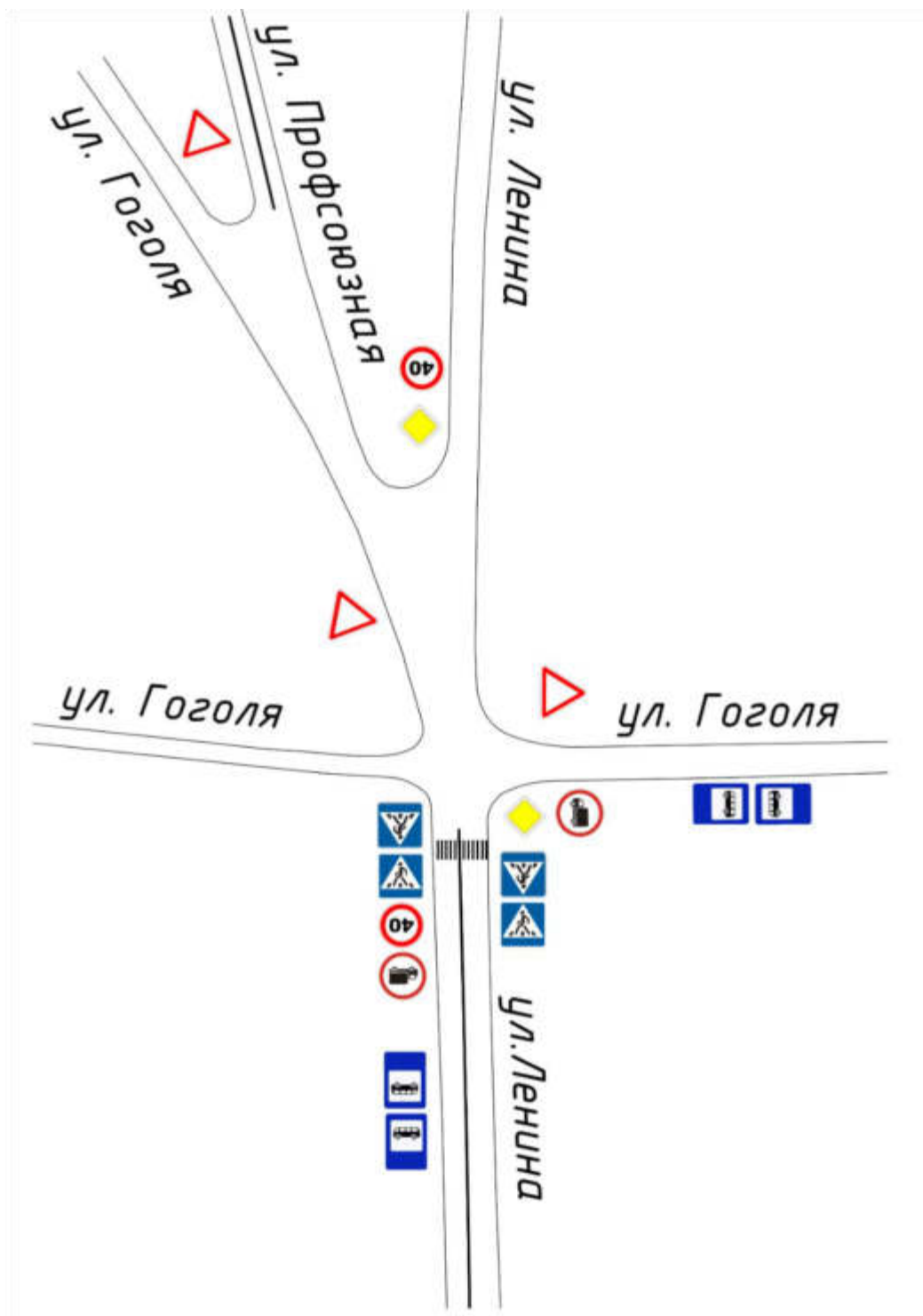


Рисунок 37 – Схема организации дорожного движения пересечения улиц  
Ленина и Гоголя

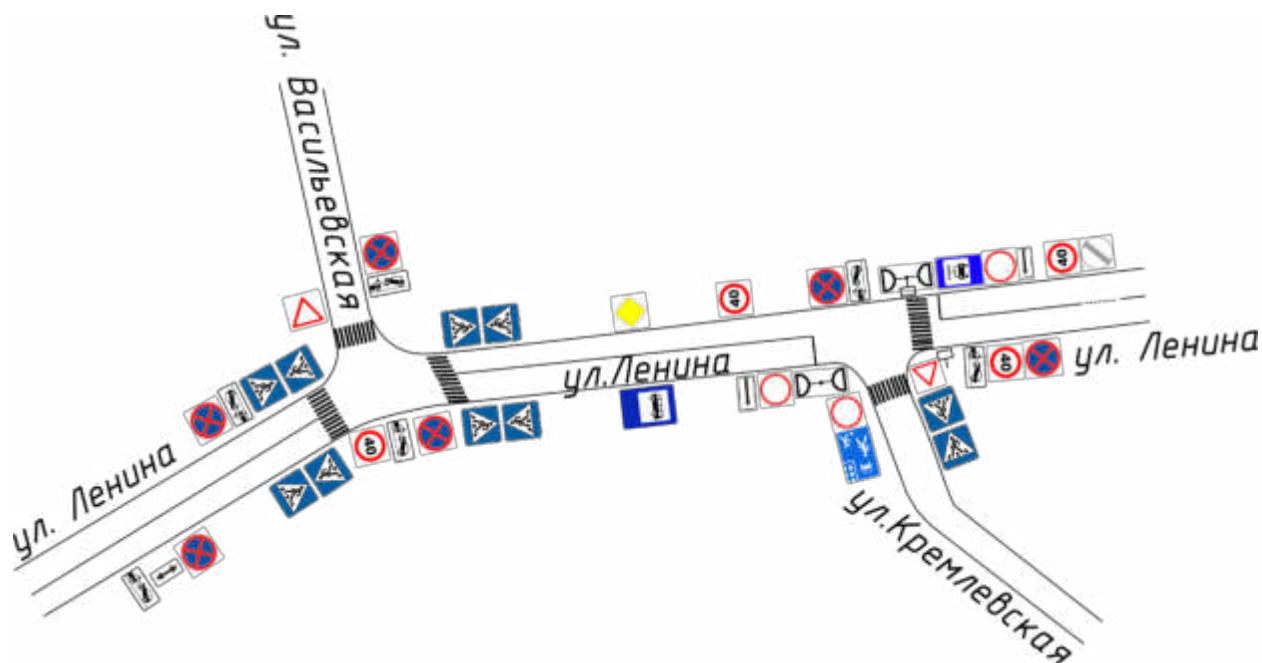


Рисунок 38 – Схема организации дорожного движения пересечения улиц  
Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская

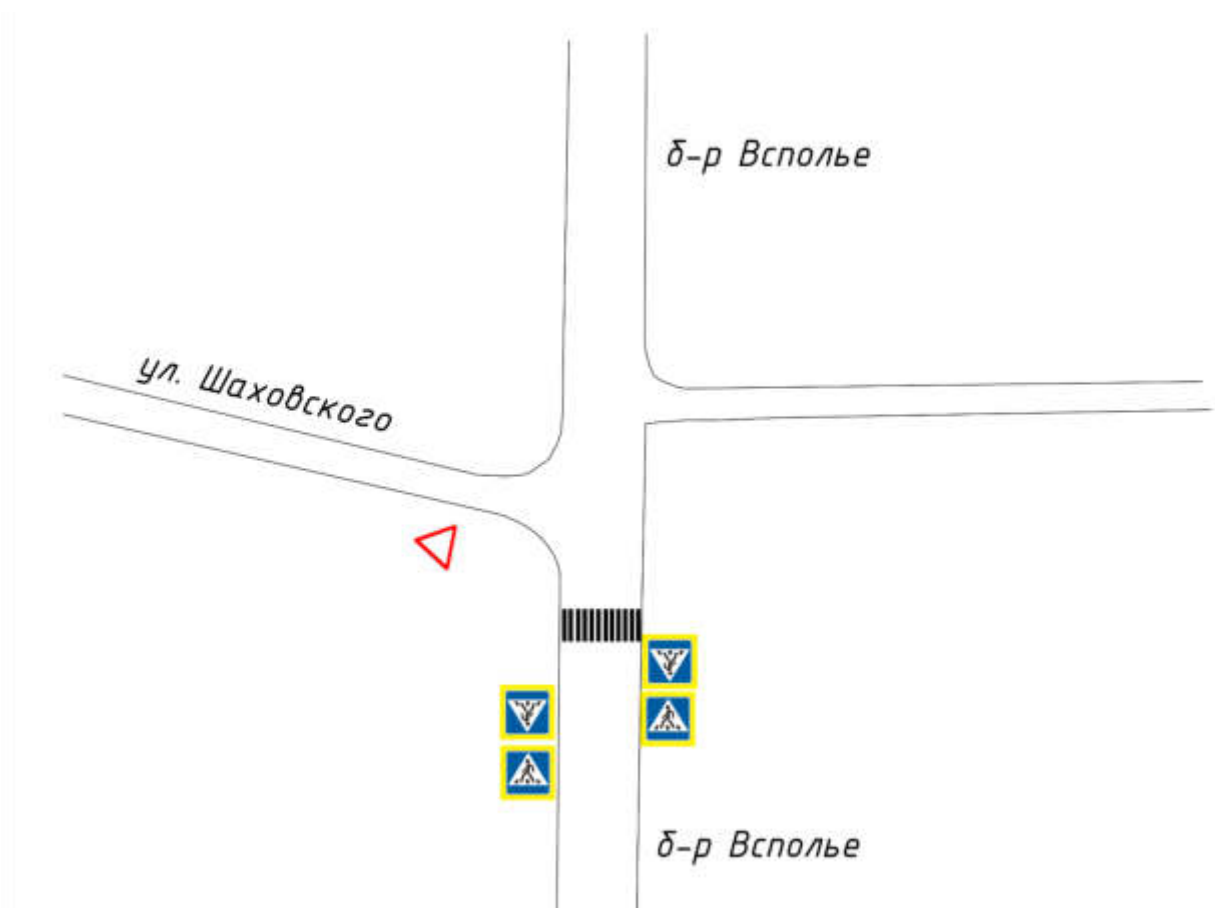


Рисунок 39 – Схема организации дорожного движения пересечения бульвара  
Всполье и улицы Шаховского



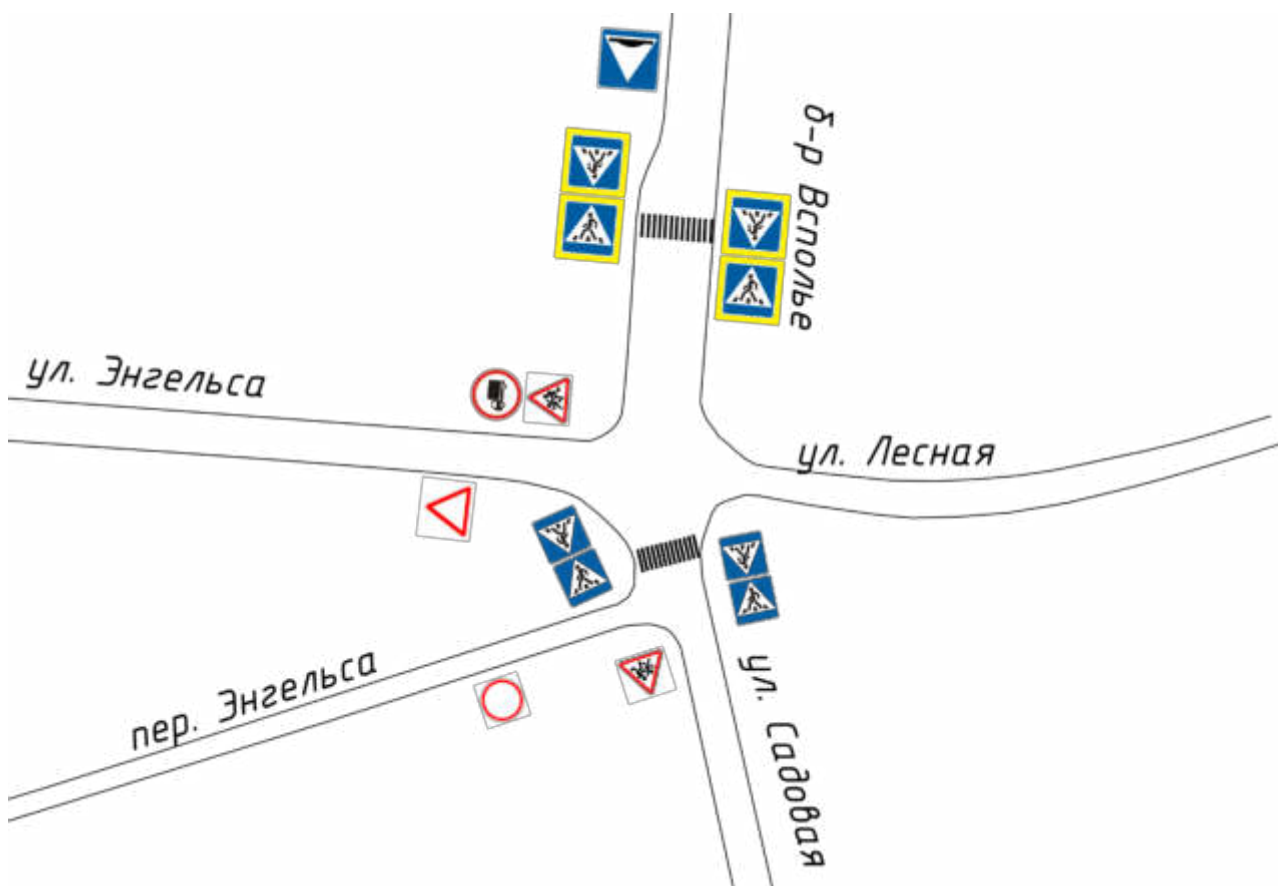


Рисунок 40 – Схема организации дорожного движения пересечения улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполье



Рисунок 41 – Схема организации дорожного движения пересечения улиц Васильевская, Садовая и Калинина

Геометрические параметры пересечений определялись на основании данных полученных при съемке передвижной дорожной лабораторией КП-514СМП на базе легкового автомобиля «LADA Largus». При просмотре отснятого видеоматериала в модуле «Видеобанк» программного комплекса Титул-2005 были измерены геометрические параметры моделируемых узлов. Пример определения геометрических параметров на пересечении ул. Ленина и ул. Гоголя представлен на рисунке 42.

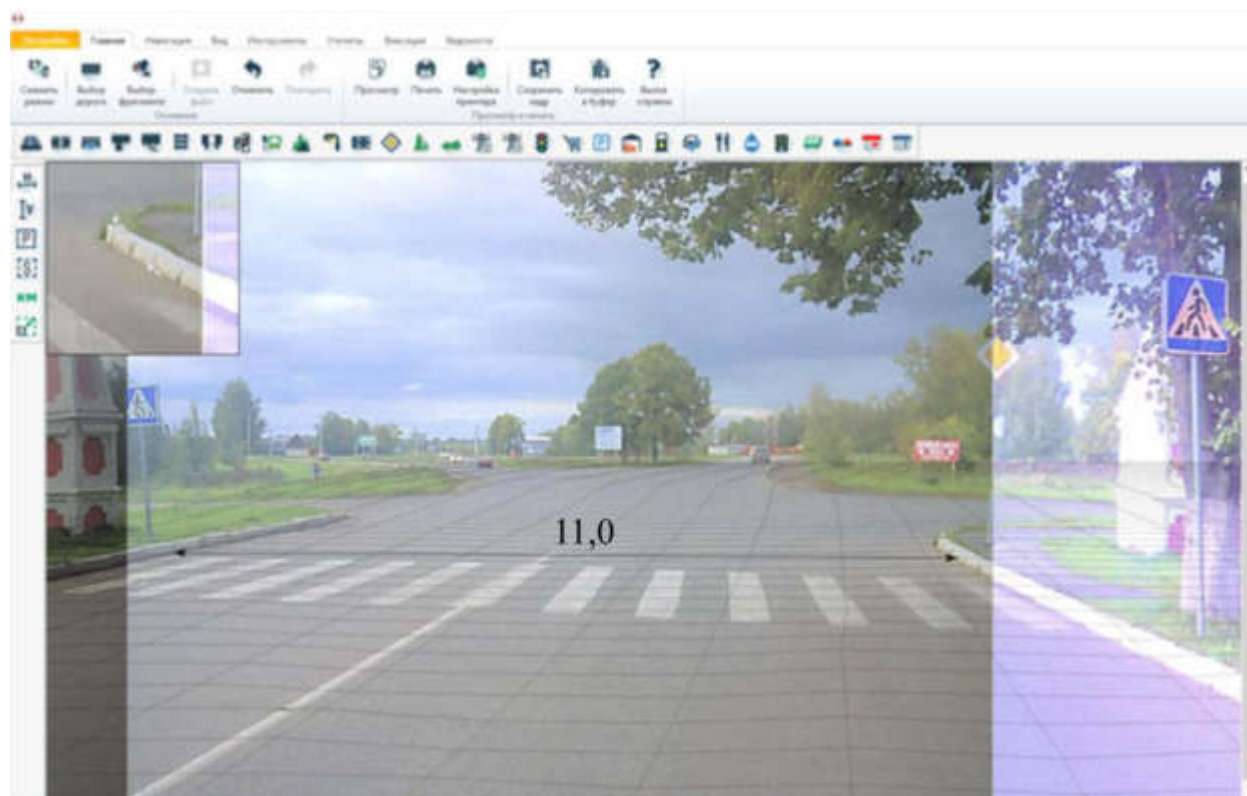


Рисунок 42 – Определение ширины проезжей части ул. Ленина на пересечении с ул. Гоголя

Геометрические параметры моделируемых пересечений представлены в Таблицах 10-15.

Таблица 10 – Геометрические параметры пересечения улиц Ленина и Гоголя

№ п/п	Подъезд к пересечению	Ширина проезжей части, м	Количество полос движения
1	По улице Ленина (из центра)	11	2
2	По улице Гоголя (от Гончарной)	3,45	2
3	По улице Гоголя (от Коровников)	5,27	2
4	По улице Профсоюзной	5,8	2

Продолжение таблицы 10

5	По улице Ленина (от Иванова)	5,45	2
6	По улице Ленина (от пересечения Профсоюзной и Гоголя)	10	2
7	По улице Гоголя (от Совесткой)	5,6	2

Таблица 11 – Геометрические параметры пересечений улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская

№ п/п	Подъезд к пересечению	Ширина проезжей части, м	Количество полос движения
1	По улице Ленина (от Иванова)	11	2
2	По улице Васильевская	8,9	2
3	По улице Ленина (от пересечения Ленина и Кремлёвской)	10,5	2
4	По улице Кремлёвская	8,0	2
5	По улице Ленина (от Владимира)	11	2

Таблица 12 – Геометрические параметры пересечения бульвара Всполие и улицы Шаховского

№ п/п	Подъезд к пересечению	Ширина проезжей части, м	Количество полос движения
1	По бульвару Всполие (от Садовой)	9,84	2
2	По улице Шаховского	6,4	2
3	По бульвару Всполие (от Гоголя)	11	2
4	От магазина Дикси	5,0	2

Таблица 13 – Геометрические параметры пересечения улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполие

№ п/п	Подъезд к пересечению	Ширина проезжей части, м	Количество полос движения
1	По бульвару Всполие	12,9	2
2	По улице Энгельса	7,6	2

Продолжение таблицы 13

3	По переулку Энгельса	5	2
4	По улице Садовой	6,25	2
5	По улице Лесной	4,1	2

Таблица 14 – Геометрические параметры пересечения пересечение улиц Садовая, Васильевская и Калинина

№ п/п	Подъезд к пересечению	Ширина проезжей части, м	Количество полос движения
1	По улице Васильевская (от Автовокзала)	11,07	2
2	По улице Калинина	6,58	2
3	По улице Васильевская (от улицы Ленина)	9,0	2
4	По улице Садовая	11,47	2

Пересечение улицы Ленина и улицы Кремлевская является регулируемым. На рисунке 43 отображена схема пофазного разъезда для данного пересечения.

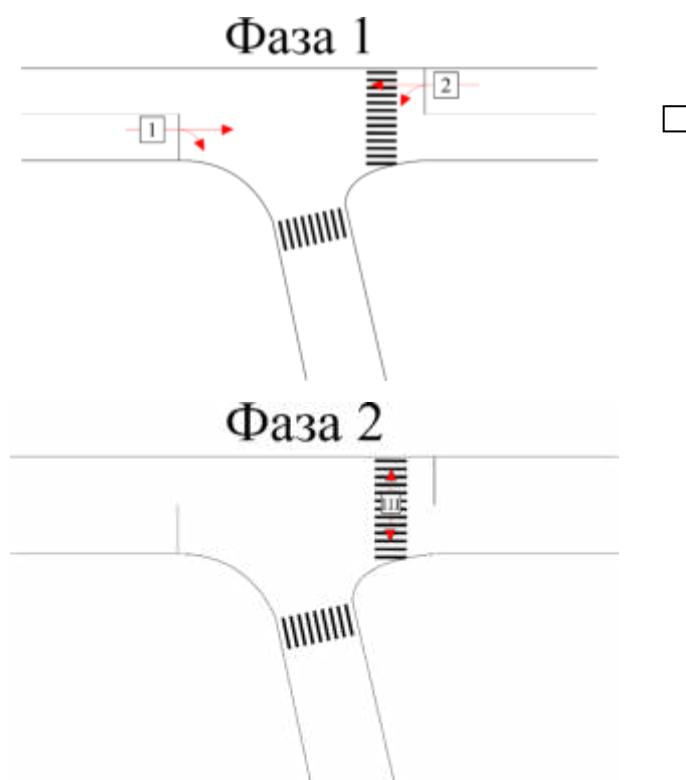


Рисунок 43 – Схема пофазного разъезда на пересечении улицы Ленина и улицы Кремлёвская



На рисунке 44 отображен режим работы данного светофорного объекта.





Направление движения	График включения сигналов		Длительность, сек				
	Фаза 1	Фаза 2	tз	tзм	tж	тк	тц
1, 2			30	3	3	17	53
1П			14	3	-	36	

Рисунок 44 – Режим работы светофорного объекта на пересечении улицы Ленина и улицы Кремлевская

2.2 Разработка базовых микромоделей ключевых транспортных узлов на основании результатов проведенных транспортных обследований с возможностью компьютерной симуляции транспортных потоков (не более 10 узлов, список согласовывается с Заказчиком)

### 2.2.1 Подготовка к построению базовых микромоделей

Задачи по определению узких мест транспортной системы и оценке эффективности мероприятий по ее организации позволяет решать транспортное микро моделирование. В рамках данного подхода создается микро модель исследуемого участка, проводится проверка ее адекватности, определяются критерии оценки различных вариантов организации дорожного движения, проводится оптимизация исходной модели для максимального приближения моделируемой ситуации к реальной.

В качестве средства микро моделирования использовалось программное обеспечение PTV Vision® VISSIM [5]. 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 [5]. 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) [6].

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.

В модели Vissim на проезжих частях с несколькими полосами движения водитель учитывает не только впереди едущие транспортные средства, но и ТС на соседних полосах.

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 микромодели анализируемого участка и ввод всей необходимой информации. После построения микромодели осуществляется первоначальное моделирование с целью измерения параметров разработанной модели для последующих процедур оценки адекватности и калибровки. Процедура оценки адекватности модели и её калибровки состоит из проверки ряда основополагающих факторов:

- визуальное отсутствие столкновения транспортных средств (проезд через друг друга) при пересекающихся потоках;
- взаимодействие со светофорами (остановка ТС у стоп линий на запрещающий сигнал светофора);
- после каждой итерации (запуск имитации) в папке с проектом появляется файл с расширением \*.err, в котором присутствует описание найденных в модели ошибок. Необходимо, чтобы их количество было минимальным (в зависимости от размера модели);
- визуальное отсутствие пропадания транспортных средств при движении по маршрутам с одного отрезка на другой;
- проконтролировать внесенные исходные данные (состав транспортного потока, интенсивности входящих потоков, распределение по маршрутам, расписания движения ОТ, время ожидания на остановках ОТ и т.д.).

После осуществления процедур калибровки получается микромодель, адекватно отражающая реальную транспортную ситуацию на анализируемом участке УДС. Следующим шагом в построении модели является анализ параметров дорожного движения. Для проведения данного анализа необходимо включить в модель различные датчики и детекторы, которые позволят получить данные о средней скорости, плотности и загрузке транспортных потоков, длине заторов и времени в пути на подъездах к пересечениям. После анализа полученных данных можно делать вывод о необходимости введения мероприятий по оптимизации дорожного движения или о её отсутствии.

Порядок построения микромодели и оценка её адекватности будут приведены в пункте 2.2.2 на примере построения микромодели пересечения улиц Ленина и Гагарина. Подробное описание построения базовых микромоделей других исследуемых пересечений будет опущено.

#### 2.2.2 Разработка микромоделей исследуемых пересечений

Для анализа существующей на пересечении ситуации разрабатывается микромодель узла. В процессе моделирования выявляются проблемы, возникающие при проезде исследуемого участка, или делается вывод об их отсутствии. Процесс разработки базовой микромодели рассмотрен на примере построения модели пересечения улиц Ленина и Гоголя.

В качестве растровой основы для построения микромоделей использовались фотографии узлов, полученные с помощью квадрокоптера. Пример фотографии пересечения улицы Ленина и улицы Гоголя приведён на рисунке 45.

В программе VISSIM была построена транспортная схема пересечения, которая состоит из дорожных и соединительных отрезков с шириной, соответствующей исходным данным о геометрических характеристиках моделируемого объекта.





Рисунок 45 – Графическая основа микромодели пересечения улиц Ленина и Гоголя

Отрезки представляют собой проезжую часть дороги в разных направлениях с установленным количеством полос движения, которое задается как параметр соответствующих отрезков. Схемы создавались на масштабированной графической основе, что позволило построить геометрию пересечения (рисунок 46) в соответствии с существующей конфигурацией узла.

На рисунке 47 приведена транспортная схема рассматриваемого пересечения, на которой отрезки представлены в виде осей (синим цветом выделены основные отрезки, розовым – соединительные отрезки). Такое отображение позволяет лучше представить все возможные на пересечении схемы движения транспортных средств.

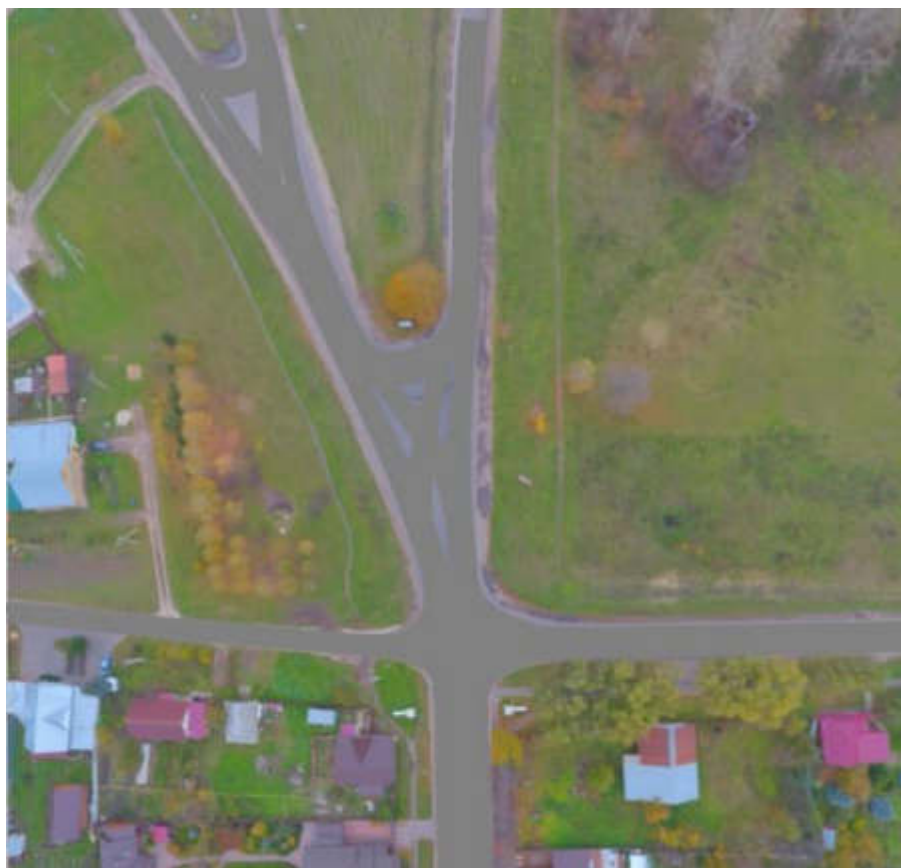


Рисунок 46 – Геометрия пересечения улиц Ленина и Гоголя



Рисунок 47 — Транспортная схема модели

Согласно установленным на пересечении дорожным знакам ул. Ленина является главной дорогой. При проезде пересечения улиц Гоголя (от ул. Коровники) и Профсоюзная главной дорогой является ул. Гоголя. Т.к. перекресток нерегулируемый, в модели порядок проезда конфликтных точек определен на основании правил дорожного движения (рисунок 48). Зеленым цветом выделена полоса движения, находясь на которой, транспортное средство обладает приоритетом проезда.





 - конфликтные зоны  - отрезки УДС

Рисунок 48 – Правила проезда в конфликтных точках пересечения



При выполнении маневра поворота на пересечении, а также при проезде искусственных неровностей и тому подобных препятствий водитель снижает скорость. Для моделирования такого поведения автомобилей были применены зоны малоскоростного движения (рисунок 49).



Рисунок 49 – Зоны малоскоростного движения на пересечении улиц Ленина и Гоголя

Далее данные из паспортов замеров интенсивности транспортных потоков были введены для каждого входящего потока (рисунок 50).

Входящие потоки обозначаются на схеме черной полосой (рисунок 51) и располагаются в начале отрезка.

Числ	№	Имя	Отрезок	Нагр(0)	СоставТрПотока(0)
1	1	ул. Ленина (из центра)	1	218,0	1: ул. Ленина (из центра)
2	2	ул. Гоголя (от ул. Гончарная)	11	9,0	2: ул. Гоголя (от ул. Гончарная)
3	4	ул. Ленина (в центр)	6	142,0	4: ул. Ленина (в центр)
4	5	ул. Гоголя (от ул. Советская)	4	161,0	5: ул. Гоголя (от ул. Советская)
5	6	ул. Гоголя (от ул. Коровники)	10	108,0	6: ул. Гоголя (от ул. Коровники)
6	7	ул. Профсоюзная	8	110,0	7: ул. Профсоюзная

Рисунок 50 – Инициализация параметров транспортных потоков на пересечение улиц Ленина и Гоголя



Рисунок 51 – Входящие потоки транспортных средств на пересечении улиц Ленина и Гоголя



Также на основании полученных из паспортов замеров данных были заданы маршруты движения ТС в модели и введены нагрузки по каждому направлению (рисунок 52). Желтым цветом обозначены маршруты движения.



Рисунок 52 – Маршруты движения ТС на пересечении улиц Ленина и Гоголя  
Для дальнейшего анализа были установлены детекторы измерения длины

затора и измерения времени в пути на пересечении (рисунок 53). Счетчик затора используется для определения максимальной длины затора, средней длины затора и количества остановок, совершаемых транспортными средствами. Время в пути измеряется на интересующих участках узла, в данной модели - это отрезки до пересечения улиц Гоголя и Ленина протяженностью 100 м. Полученные с измерителей данные будут использоваться в дальнейшем анализе существующей на перекрестке ситуации. Также с помощью датчиков времени в пути есть возможность определить задержку на пересечениях.

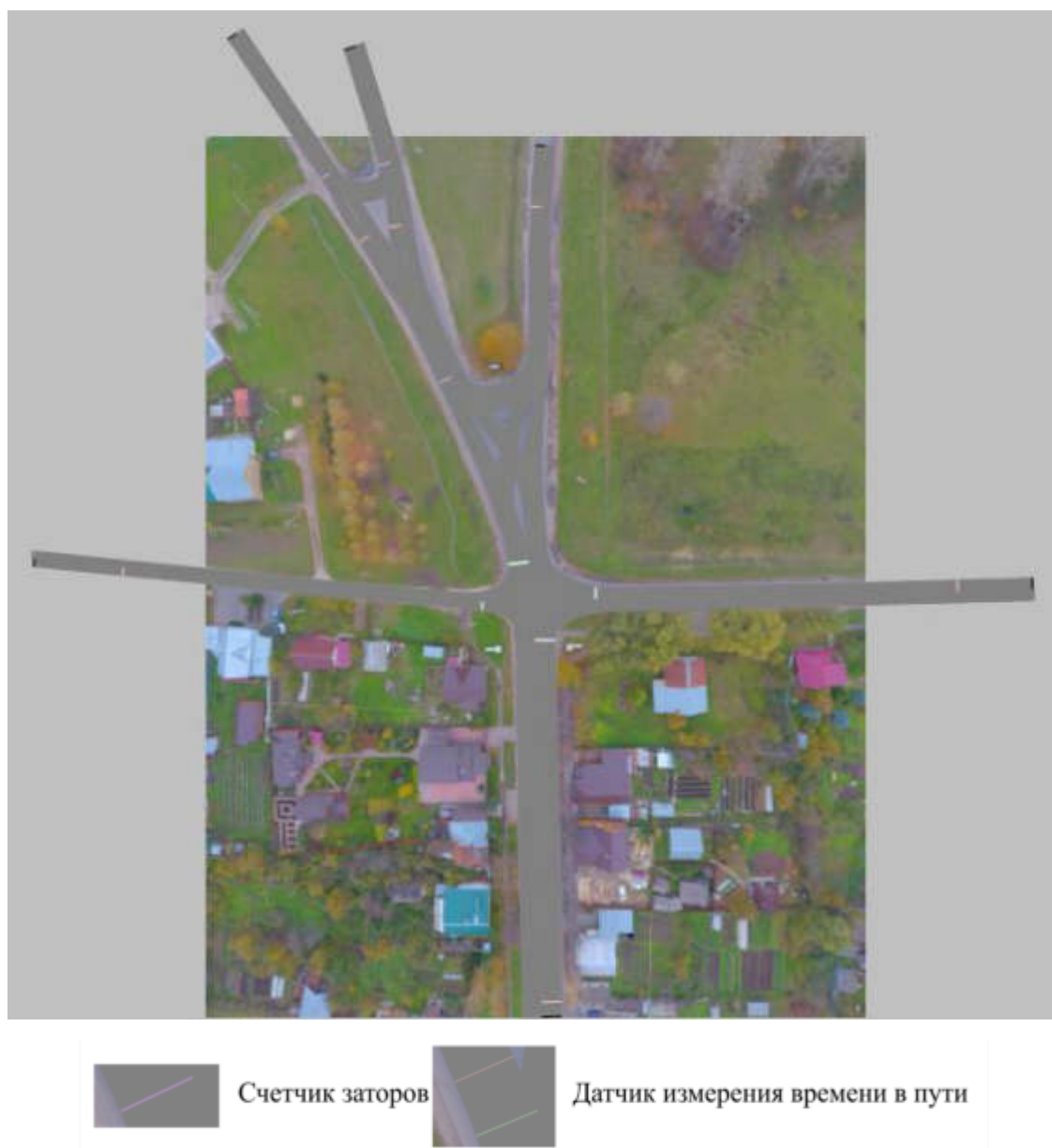


Рисунок 53 – Измерительные датчики на пересечении улиц Ленина и Гоголя

На следующем этапе моделирования была проведена симуляция функционирования транспортной сети (рисунок 54), проверка адекватности

построенной модели и ее калибровка. Проверку адекватности построенная модель прошла успешно:

- столкновения транспортных средств (проезд через друг друга) при пересекающихся потоках отсутствуют;
- взаимодействие со светофорами в данной базовой модели не предусмотрено, так как светофорные объекты отсутствуют;
- в папке с проектом отсутствуют файлы с расширением \*.err, в которых присутствует описание найденных в модели ошибок;
- пропадание транспортных средств при движении по маршрутам с одного отрезка на другой отсутствует;
- внесенные исходные данные полностью соответствует данным, полученным в результате транспортного обследования.

После проверки модели производится её итоговая симуляция и запись информации с измерительных пунктов.



Рисунок 54 – Кадр симуляции движения транспортных потоков в микромодели пересечения улиц Ленина и Гоголя

По аналогии с рассмотренной выше методикой построения микромодели улиц Ленина и Гоголя разработаны микромодели всех исследуемых пересечений (рисунки 55-58). На графических основах была построена геометрия пересечений, определены входящие потоки, маршруты движения транспортных средств, введены данные по интенсивности движения, установлены измерительные датчики, произведена симуляция и калибровка моделей.





Рисунок 55 – Кадр симуляции движения транспортных потоков в микромодели пересечения улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская



Рисунок 56 – Кадр симуляции движения транспортных потоков в микромодели пересечения бульвара Всполье и улицы Шаховского



Рисунок 57 – Кадр симуляции движения транспортных потоков в микромодели пересечения улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполье



Рисунок 58 – Кадр симуляции движения транспортных потоков в микромодели пересечения улиц Садовая, Васильевская и Калинина



2.3 Расчет времени в пути, а также распределение средней скорости транспортного потока в моделируемых ключевых транспортных узлах.

2.3.1 Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечения улиц Ленина и Гоголя

На основе данных, полученных с помощью датчиков, проводится анализ транспортной ситуации и проблем, возникающих на пересечении.

На рисунке 59 показано распределение скоростей движения транспортных средств на пересечении улиц Ленина и Гоголя. Также на рисунке отображена таблица с цветными обозначениями скорости на отрезках. Полученная схема распределения скорости движения характерна для свободного движения на ненагруженном пересечении.



Рисунок 59 – Распределение скоростей движения транспортных средств на пересечении улиц Ленина и Гоголя

Существенное снижение скорости на данном транспортном узле происходит только при выполнении манёвра поворота. На подъездах к пересечению движение не затруднено.

Данные, полученные с датчиков измерения времени в пути транспортных средств при проезде пересечения, представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Результаты измерения времени в пути транспортных средств на пересечении улиц Ленина и Гоголя

Период имитации		0-600	600-1200	1200-1800	1800-2400	2400-3000	3000-3600	Среднее время, с
Направление		Время в пути, с						
1	ул. Ленина (из центра)	8,83	9,01	8,76	8,9	9,03	9	8,92
2	ул. Гоголя (от ул. Коровники)	8,12	7,68	7,21	6,42	7,53	8,24	7,53
3	ул. Гоголя (к ул. Ленина)	8,22	8,4	8,22	7,89	8,03	7,74	8,08
4	ул. Профсоюзная (к Ленина)	7,13	8,24	9,3	12,11	8,65	8,21	8,94
5	Ул. Ленина (в центр)	8,84	9,55	10,1	9,28	9,49	10	9,54
6	ул. Гоголя (от Советской)	8,41	8,49	8,28	8,95	9,09	9,9	8,85

Анализ времени в пути транспортных средств показал, что среднее время проезда пересечения транспортным средством составляет от 7,53 с до 9,54 с, с учетом действующего скоростного режима и конфигурации узла, полученные значения свидетельствует об отсутствии заторов на пересечении.

Информация со счетчиков заторов отображена на рисунке 60. На рисунке предоставлены данные о средней длине затора (ДлЗат), максимальной длине затора (ДлЗатМак) и количестве остановок на подъезде к пересечению (ОстЗат).

Числ	ХодИм	ИнтВр	СчЗат	ДлЗат	ДлЗатМак	ОстЗат
1	1	0-3600	1: ул. Гоголя (от ул. Гончарная)	0,00	0,00	0
2	1	0-3600	2: ул. Ленина (из центра)	0,00	0,00	0
3	1	0-3600	3: ул. Гоголя (от ул. Советская)	0,11	14,83	4
4	1	0-3600	4: ул. Ленина (в центр)	0,00	9,83	1
5	1	0-3600	5: от ул. Профсоюзная и ул. Гоголя	0,00	6,04	1
6	1	0-3600	6: ул. Гоголя (от ул. Коровники)	0,00	0,00	0
7	1	0-3600	7: ул. Профсоюзная	0,00	0,00	0

Рисунок 60 – Результаты измерений счетчика очередей на пересечении улиц Ленина и Гоголя

На основе результатов, полученных с измерителей, выявлены очереди в трех направлениях движения. Образовавшаяся очередь на ул. Гоголя (от ул. Советская) длиной 14,83 м означает. Максимальная длина затора от ул. Профсоюзной и ул. Гоголя составляет 6,04 м. Это естественная ситуация при выезде с второстепенной дороги на главную на нерегулируемом пересечении. Очередь на ул. Ленина по направлению в центр связана с поворотом налево с главной дороги на второстепенную (ул. Гоголя).

Таким образом, на пересечении улиц Ленина и Гоголя не выявлено проблем с проездом.

### 2.3.2 Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечений улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская

На рисунке 61 представлено распределение скоростей по результатам моделирования пересечений улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская.



Рисунок 61 – Распределение скоростей движения транспортных средств на пересечениях улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская

Снижение скорости наблюдается перед поворотами с ул. Ленина на ул. Васильевская, перед пешеходными переходами и у светофора на пересечении улиц Ленина и Кремлевская. Темно красный отрезок перед светофором перед поворотом на ул. Кремлевская отражает место стоянки и остановки ТС вдоль проезжей части. Отрезки движения пешеходов вдоль проезжей части выделены красным цветом, т.к. скорость пешеходов менее 5 км/час.

Информация, полученная с датчиков измерения времени в пути, представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Результаты измерения времени в пути транспортных средств на пересечениях улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская

Период имитации		0-600	600-1200	1200-1800	1800-2400	2400-3000	3000-3600	Среднее время, с
Направление		Время в пути, с						
1	ул. Ленина (из Иванова)	12,4	11,13	9,93	12,19	10,84	10,63	11,19
2	ул. Васильевская	9,6	9,48	9,66	14,27	11,86	10,6	10,91
3	ул. Ленина (от ул. Кремлевская)	8,77	8,8	8,89	9,13	8,95	8,82	8,89
4	ул. Кремлевская	8,95	9,07	8,74	8,94	9,1	9,09	8,98
5	ул. Ленина (из Владимира)	11,21	10,02	17,95	14,24	11,77	11,47	12,78

Среднее время проезда транспортным средством 100 м изменяется в зависимости от направления движения от 8,89 с до 12,78 с. Полученные результаты свидетельствуют о незначительных задержках при проезде рассматриваемого узла.

Данные с датчика очередей отображены на рисунке 62. Очереди, образующиеся на пересечении ул. Ленина и ул. Васильевская, связаны с поворотом автомобилей с главной дороги на второстепенную и наличием на пересечении нерегулируемых пешеходных переходов. Очередь по ул. Ленина (из Владимира) связана с наличием и режимом светофорного объекта на

пересечении с ул. Кремлевская. Очереди на ул. Кремлевская не образуются, т.к. интенсивность потока транспортных средств по этой улице низкая.

Числ	ХодИм	ИнтВр	СчЗат	ДлЗат	ДлЗатМакс	ОстЗат
1	1	0-3600	1: ул. Ленина (из Иванова)	0,73	39,17	43
2	1	0-3600	2: ул. Ленина (от ул. Кремлевская)	0,02	14,31	5
3	1	0-3600	3: ул. Васильевская	0,46	29,49	33
4	1	0-3600	4: ул. Ленина (из Владимира)	1,94	44,92	97
5	1	0-3600	5: ул. Кремлевская	0,00	0,00	0

Рисунок 62 – Результаты измерений счетчика очередей на пересечениях улиц Ленина и Васильевская, улиц Ленина и Кремлевская

С учетом конфигурации пересечения и существующей организации дорожного движения сложившаяся ситуация в узле является естественной. Таким образом, на данных пересечениях проблем не выявлено и проведение мероприятий по улучшению транспортной ситуации не требуется.

### 2.3.3 Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечения бульвара Всполье и улицы Шаховского

На рисунке 63 показано распределение скоростей движения транспортных средств на пересечении бульвара Всполье и улицы Шаховского. Также на рисунке отображена таблица с цветными обозначениями скорости на отрезках. Визуальный анализ показывает, что транспортные проблемы на пересечении отсутствуют.

На подъездах к пересечению значительного снижения скорости не выявлено. Снижение скорости движения ТС происходит при выполнении поворотов, а также красным цветом выделены пешеходные дорожки, так как скорость движения пешеходов не превышает в среднем 5 км/ч.

Среднее время проезда пересечения представлено в таблице 17.





Рисунок 63 – Распределение скоростей движения транспортных средств на пересечении бульвара Всполие и улицы Шаховского

Таблица 17 – Результаты измерения времени в пути транспортных средств на пересечении бульвара Всполие и улицы Шаховского

Период имитации		0-600	600-1200	1200-1800	1800-2400	2400-3000	3000-3600	Среднее время, с
Направление		Время в пути, с						
1	ул. Шаховского	8,21	8,42	8,45	8,22	8,35	8,04	8,28
2	бульвар Всполье (к ул. Садовая)	6,96	7,03	7,2	6,93	6,95	7,75	7,14
3	Выезд от м-на Дикси	8,13	8,26	8,67	8,39	8,04	9,03	8,42
4	бульвар Всполье (от ул. Садовая)	8,78	8,57	8,68	7,73	8,18	8,18	8,35

Среднее время проезда пересечения варьируется от 7,14 до 8,42 с, следовательно, заторы на пересечении не образуются.

Измерения, выполненные счетчиком очередей, представлены на рисунке 64.

Числ	ХодИм	ИнтВр	СчЗат	ДлЗат	ДлЗатМакс	ОстЗат
1	1	0-3600	1: ул. Шаховского	0,00	0,00	0
2	1	0-3600	2: б-р Всполие (от ул. Гоголя до поворота на ул. Шаховского)	0,03	19,13	3
3	1	0-3600	3: Выезд от м-на Дикси	0,00	0,00	0
4	1	0-3600	4: б-р Всполие (от ул. Садовая до поворота к ул. Шаховского)	0,40	26,38	24
5	1	0-3600	5: б-р Всполие (от ул. Гоголя до поворота к м-ну Дикси)	0,01	11,05	3
6	1	0-3600	6: б-р Всполие (от ул. Садовая поворот к магазину Дикси)	0,00	5,21	1

Рисунок 64 – Результаты измерений счетчика очередей на пересечении бульвара Всполие и улицы Шаховского

Очередь по бульвару Всполие (от ул. Гоголя до поворота на ул. Шаховского) связана с наличием пешеходного перехода далее по улице, если один автомобиль пропускает пешехода, другие машины, которым нужно проехать прямо по главной дороге, останавливаются до пересечения бульвара Всполие с ул. Шаховского, чтобы не загораживать проезд. Очереди на бульваре Всполие от ул. Гоголя до поворота к магазину «Дикси» и от ул. Садовая до поворота к магазину «Дикси» связаны с поворотом к магазину, т.к. ширина проезжей части дороги у магазина не позволяет одновременно разъехаться двум автомобилям, движущимся в противоположных направлениях. Очередь, образующаяся на участке бульвар Всполие от ул. Садовая до поворота на ул. Шаховского связана с левым поворотом на второстепенную дорогу с главной. Максимальная длина затора на данном пересечении составляет 26,38 м.

С целью повышения пропускной способности пересечения бульвара Всполие и подъезда к магазину Дикси, а также для повышения безопасности дорожного движения необходимо уширение проезжей части подъезда к магазину Дикси, т.к. автомобили не могут двигаться одновременно в двух направлениях при существующей ширине проезжей части, а дублирующие улицы для проезда отсутствуют.

### 2.3.1 Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечения улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполие

На рисунке 65 представлено распределение скоростей на пересечении улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполие.



Рисунок 65 – Распределение скоростей движения транспортных средств на пересечения улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполье

Транспортные средства снижают скорость при повороте и у пешеходных переходов.

Данные с датчиков измерения времени в пути приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Результаты измерения времени в пути транспортных средств на пересечении улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполье

Период имитации		0-600	600-1200	1200-1800	1800-2400	2400-3000	3000-3600	Среднее время, с
Направление		Время в пути, с						
1	ул. Луговая	-	7,67	-	6,82	-	-	7,25
2	Ул. Садовая	6,89	6,81	6,84	6,66	6,95	6,81	6,83
3	пер. Энгельса	9,24	8,57	8,41	8,62	8,65	8,82	8,72
4	ул. Энгельса	8,15	8,25	8,59	8,37	8,33	8,92	8,44
5	Бульвар Всполье	7,43	7,29	7,42	7,48	7,51	7,35	7,41

Среднее время проезда пересечения изменяется от 6,83 с до 8,72 с. Такие результаты являются удовлетворительными для проезда нерегулируемого пересечения.

Информация с датчиков измерения времени в пути отображена на рисунке 66.



Числ	ХодИм	ИнтВр	СчЗат	ДлЗат	ДлЗатМакс	ОстЗат
1	1	0-3600	1: ул. Лесная	0,00	0,00	0
2	1	0-3600	2: ул. Садовая	0,00	24,53	0
3	1	0-3600	3: пер.Энгельса	0,00	0,00	0
4	1	0-3600	4: ул. Энгельса	0,00	0,00	0
5	1	0-3600	5: б-р Всполье	0,00	5,03	1

Рисунок 66 – Результаты измерений счетчика очередей на пересечении улиц Садовая, Энгельса, Лесная и бульвара Всполье

Очереди по ул. Садовая длиной 24,53 м и по бульвару Всполье 5,03 м связаны с поворотом на ул. Энгельса.

Показатели находятся в пределах допустимых значений, принятие дополнительных мер по организации дорожного движения не требуется.

### 2.3.2 Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования пересечения улиц Садовая, Васильевская и Калинина

Снижение скорости на рассматриваемом пересечении происходит только при выполнении водителем маневра (рисунок 67). Также как в предыдущей модели красным выделены зоны пешеходного движения.



Рисунок 67 – Распределение скоростей движения транспортных средств на пересечении улиц Садовая, Васильевская и Калинина

Из анализа картограммы средних скоростей можно сделать вывод об отсутствии заторовых ситуаций на данном пересечении. Средняя скорость при выполнении манёвра поворота опускается до отметки 15 км/ч.

Среднее время проезда 100 м пути к пересечению из каждого направления изменяется от 7,77 до 9,29 с (Таблица 19).

Таблица 19 – Результаты измерения времени в пути транспортных средств на пересечении улиц Садовая, Васильевская и Калинина

Период имитации		0-600	600-1200	1200-1800	1800-2400	2400-3000	3000-3600	Среднее время, с
Направление		Время в пути, с						
1	ул. Васильевская (от Ленина)	8,05	7,83	8,2	8,98	8,23	7,89	8,2
2	ул. Калинина	7,76	7,98	7,76	7,64	7,72	7,73	7,77
3	ул. Васильевская (от автовокзала)	8,04	8,86	8,37	9,73	8,05	7,91	8,49
4	ул. Садовая	9,64	8,44	8,98	9,11	8,27	11,29	9,29

Полученные данные с датчика измерения времени в пути свидетельствуют об отсутствии проблем при проезде данного пересечения.

Очередь длиной 16,5 м образуется на отрезке ул. Садовая, что отражается на рисунке 68.

Результаты очередей						
Выбрать оформлени    <Простой список>						
Числ	ХодИм	ИнтВр	СчЗат	ДлЗат	ДлЗатМакс	ОстЗат
1	1	0-3600	1: ул. Васильевская (от ул. Ленина)	0,00	0,00	0
2	1	0-3600	2: ул. Калинина	0,00	0,00	0
3	1	0-3600	3: ул. Васильевская (от автовокзала)	0,00	0,00	0
4	1	0-3600	4: ул. Садовая (к ул. Васильевская)	0,06	16,50	6

Рисунок 68 – Результаты измерений счетчика очередей на пересечении улиц Садовая, Васильевская и Калинина

Образовавшаяся очередь связана с поворотом транспортных средств с второстепенной дороги на главную.

На пересечении улиц Садовая, Васильевская и Калинина отсутствуют транспортные проблемы, однако, с целью повышения безопасности проезда, в связи со значительными интенсивностями движения, предлагается ввести в



эксплуатацию установленный на перекрестке светофорный объект.

Таким образом, были построены микромодели исследуемых пересечений и проведён анализ транспортной ситуации в каждой модели. В результате анализа были выявлены незначительные транспортные проблемы на пересечении улицы Шаховского, улицы Восточной и бульвара Всполье и на пересечении улицы Ленина и улицы Гоголя. В остальном же транспортная ситуация в городе удовлетворительная и не требует принятия серьезных мер по её улучшению – транспортные очереди на подъездах к пересечениям не вызывают возникновения заторовых ситуаций, а средняя скорость на отрезках улично-дорожной сети, входящих в моделируемые узлы, соответствует максимально возможной скорости.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного моделирования было воссоздано транспортное районирование на базе социально-экономической статистики, введены параметры улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов.

Разработка транспортных макромоделей прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития и развития транспортной инфраструктуры муниципального образования продемонстрировала 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 города.

Был проведен анализ транспортной ситуации в ключевых узлах. Было выявлено минимальное количество транспортно-дорожных проблем на исследуемых участках. Были сформированы картограммы скорости и интенсивности ТП для исследуемых участков. 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 Якимов М.Р. Транспортное планирование: Создание транспортных моделей городов: монография. – М.: Логос, 2013. – 188 с.
- 2 Якимов М.Р. Транспортное планирование: Практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM. – М.: Логос, 2014. – 200 с.
- 3 Горев А.Э., Бёттгер К., Прохоров А.В., Гизатуллин Р.Р. Основы транспортного моделирования: Практическое пособие. – СПб.: ООО «ИПК «КОСТА», 2015. – 168 с.
- 4 PTV Visum 13 Руководство пользователя: PTV AG, A+S, 2014 – 890 с.
- 5 PTV VISSIM 6 Руководство пользователя // А+С Консалт, 2014 г – 830 с.
- 6 Якимов М.Р., Арепьева А.А. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография – М: Логос, 2016. – 280 с.