**ИП КАЛАБУХОВ Г.В.**

**УТВЕРЖДАЮ:**

Руководитель администрации

МО МР «Сысольский» Республики

Коми

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Р.В. Носков «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 г



**КОМПЛЕКСНАЯ СХЕМА**

**ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

**МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ РАЙОН «СЫСОЛЬСКИЙ»**

**РЕСПУБЛИКИ КОМИ**

**Раздел 4. Разработка транспортной модели**

**Рязань, 2020**

### Содержание

Введение ............................................................................................................ .3

1. Проведение транспортного районирования на базе социально-

экономической статистики ................................................................................ 4

1. Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных

инфраструктурных объектов ............................................................................. 6

1. Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения

пассажирского транспорта .……………………………………………………9

1. Разработка методики и создание модели расчёта транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений. ............................. 12 5 Расчёт перераспределения транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков, создание матрицы

корреспонденции……………………………………………………………....14

1. Калибровка мультимодальной макромодели…………………………...19
2. Разработка вариантов транспортной макромодели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования ....... ………………………………….22
   1. Разработка варианта транспортной модели на краткосрочную

перспективу до 2022 года ................................................................................ 22

* 1. Разработка варианта транспортной модели на среднесрочную

перспективу до 2027 года ................................................................................ 27

* 1. Разработка варианта транспортной модели на долгосрочную

перспективу до 2032 года ................................................................................ 33 Заключение ....................................................................................................... 38

Список используемых источников .................................................................. 39

# Введение

Объектом исследования является транспортная система муниципального образования муниципальный район «Сысольский» Республики Коми.

Цель этапа – разработка транспортной модели муниципального образования и ее вариантов на перспективу.

В результате выполнения этапа:

* проведено транспортное обследование с целью установления параметров транспортных потоков в ключевых транспортных узлах;
* разработана базовая макромодель муниципального образования;
* произведен расчет перераспределения транспортных потоков с учетом планов развития МО МР «Сысольский».

Для разработки транспортных прогнозных макромоделей в работе использовалось программное обеспечение PTV Vision®VISUM.

# 1 Проведение транспортного районирования на базе социальноэкономической статистики

Замена пространственно распределенных районов на точечные центры вносит в модель неизбежные искажения. Чем мельче районы – тем меньше эти искажения. Однако, количество районов – это критический параметр с точки зрения затрат вычислительных ресурсов. Для уменьшения искажений при ограниченном числе районов модели МО МР «Сысольский» соблюдены следующие принципы транспортного районирования:

* важные магистрали и пересечения являются границами районов;
* границы районов проходят по естественным преградам, таким как лесная полоса, река, а также на «водоразделах» областей притяжения крупных дорог;
* система районов согласована с административным делением территории МО МР «Сысольский».

Для описания распределения объектов, порождающих передвижения МО МР «Сысольский» был разделен на 11 районов (Рисунок 1).

В описание системы районов входят границы районов и условные центры районов.

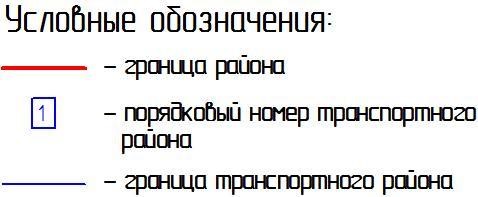
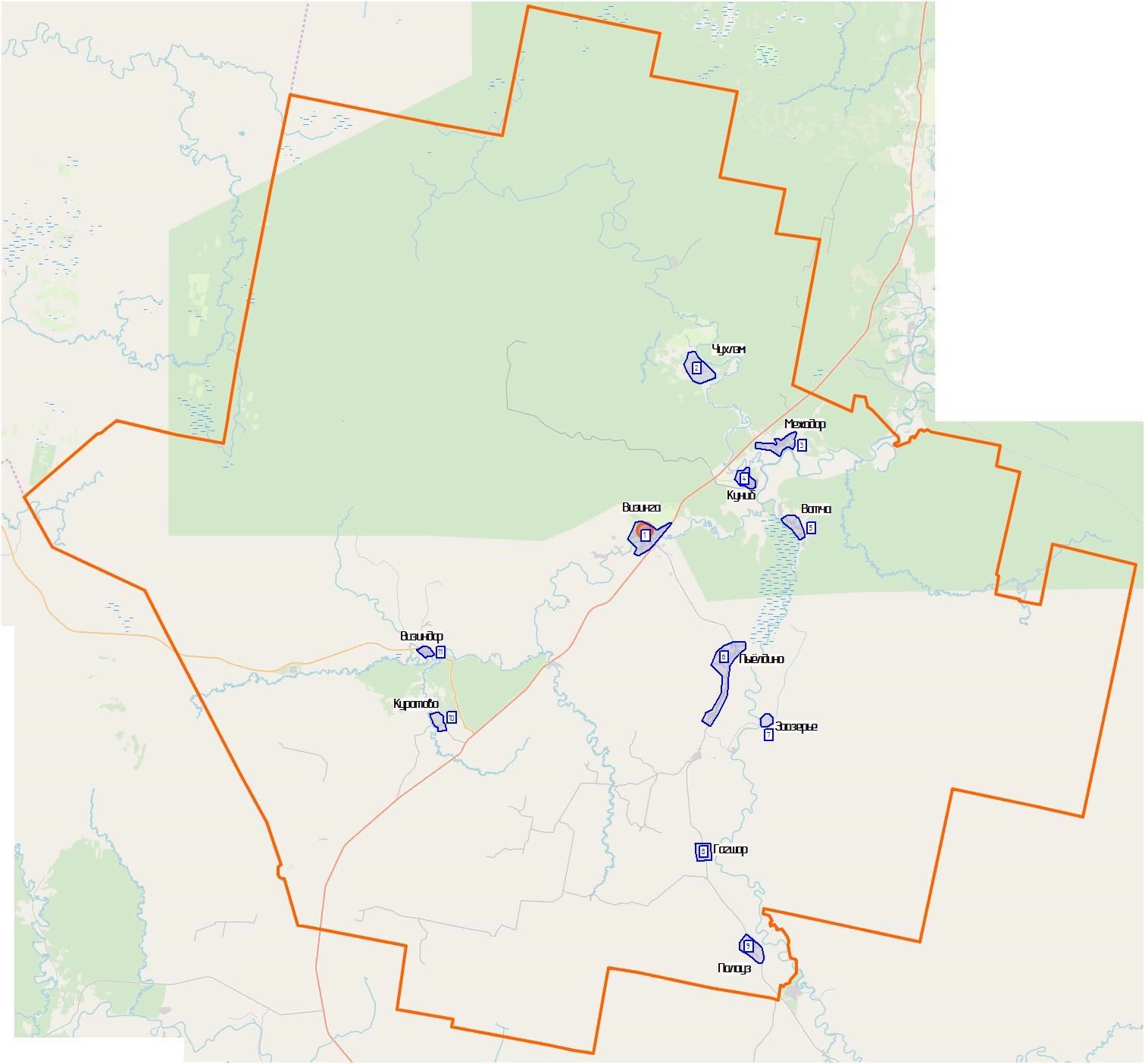


Рисунок 1 – Транспортное районирование МО МР «Сысольский»: 1 – с.Визинга, 2 –

с.Чухлэм, 3 – с.Межадор, 4 – с.Куниб, 5 – с.Вотча, 6 – с.Пыёлдино, 7 – п.Заозерье, 8 –

с.Гагшор, 9 – с.Палауз, 10 – с.Куратово, 11 – п.Визиндор

Границы транспортных районов были уточнены в модели МО МР «Сысольский» специальными атрибутами, которые описывают различные объекты, попадающие на территорию района, а также была оценена емкость районов по прибытию и отправлению.

**2 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов**

В ходе работы была собрана следующая информация о параметрах уличнодорожной сети МО МР «Сысольский»:

* геометрия сети: данные о дорогах и улицах вводились в графическом редакторе в программе PTV Vision Visum (Рисунок 2а);
* характеристики автомобильных дорог (Рисунок 2б);
* организация движения на перекрестках: схема разрешенных поворотов

(Рисунок 3).

К числу характеристик автомобильных дорог относятся:

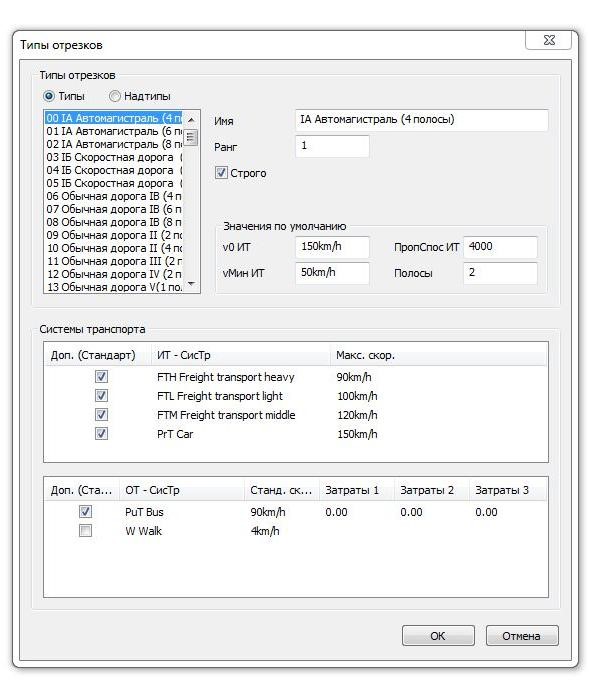
* скорость движения при свободном потоке, км/ч;
* пропускная способность, приведенные транспортные единицы в час;
* количество полос движения в каждом направлении;
* признаки разрешения или запрета для движения отдельных видов

транспортных средств;

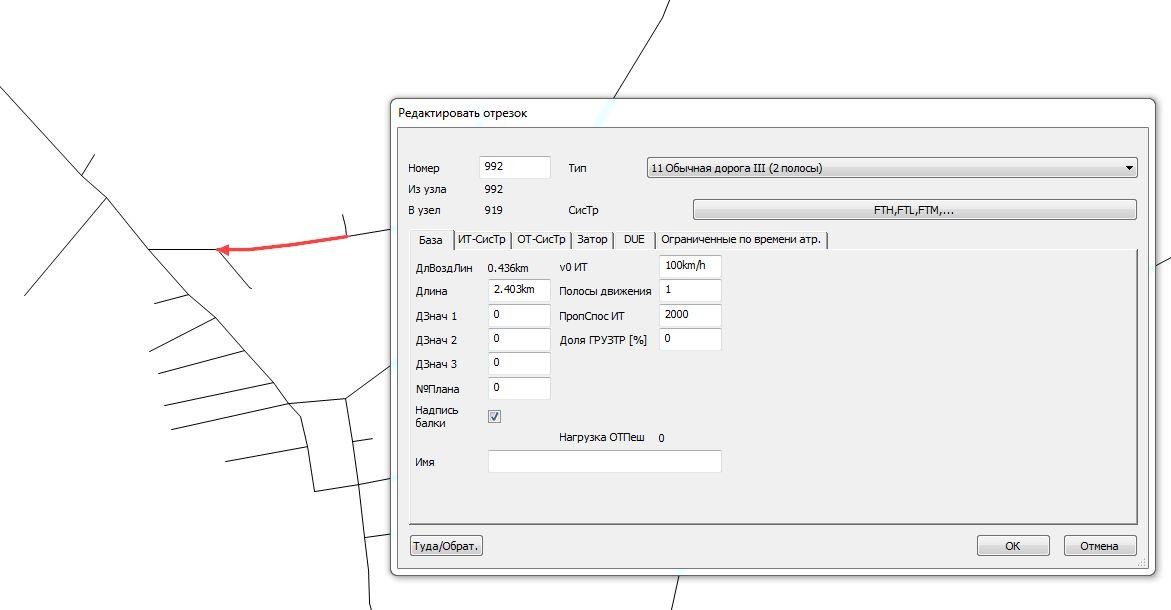
* категория дороги.

Указанные параметры для автомобильных дорог регионального и межмуниципального значения брались на основе правил классификации автомобильных дорог в РФ и их отнесения к категориям автомобильных дорог, утвержденных постановлением Правительства РФ от 28 сентября 2009г. №767, СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» и СП 42.13330.2011 «Градостроительство.

Планировка и застройка городских и сельских поселений».



а) ввод данных о геометрии сети



б) ввод данных о характеристиках дорог и улиц

Рисунок 2 – Ввод данных при построении модели МО МР «Сысольский» в PTV Visum

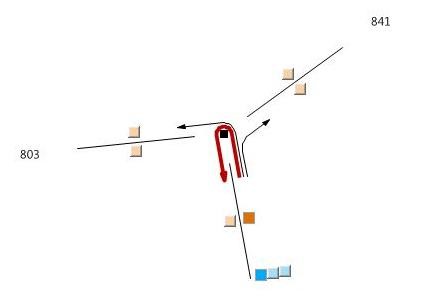


Рисунок 3 – Ввод данных о разрешенных поворотах МО МР «Сысольский» в PTV Visum

# 3 Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения пассажирского транспорта

Для оценки провозной способности маршрутов городского пассажирского транспорта необходима информация о единицах подвижного состава, их общей вместимости и количестве сидячих мест. Пример ввода сведений в модель данных показан на рисунке 4 и 5.

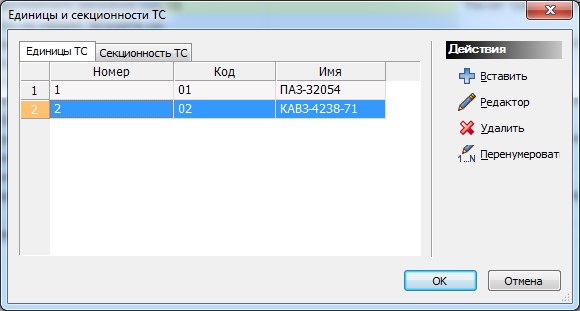


Рисунок 4 – Пример ввода единиц подвижного состава в PTV Visum

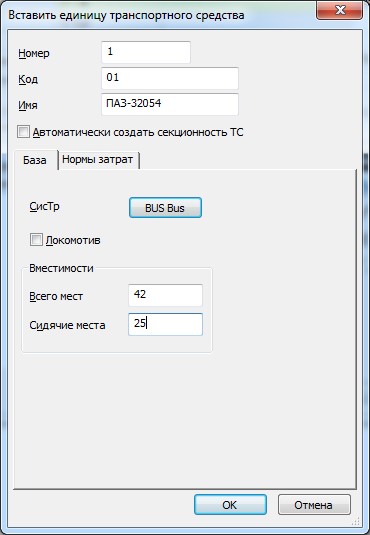


Рисунок 5 – Пример ввода параметров вместимости для единицы подвижного состава в PTV Visum

Для отображения в модели пассажирских перемещений, выполненных при помощи общественного транспорта, также требуются актуальные маршруты движения общественного транспорта. Схема всей маршрутной сети, входящей в область моделирования, представлена на рисунке 6.

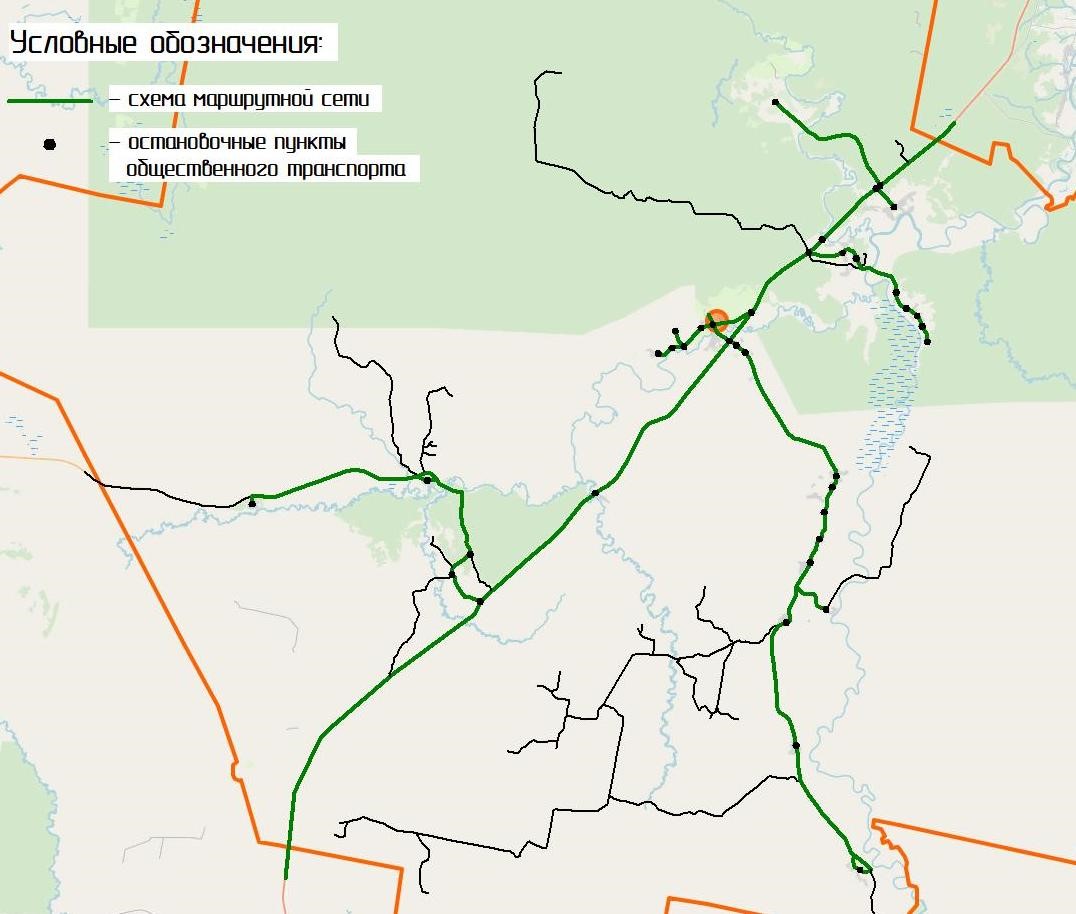


Рисунок 6 – Схема маршрутной сети общественного транспорта

Вся собранная информация была введена в программу для транспортного моделирования PTV Vision Visum (Рисунок 7).

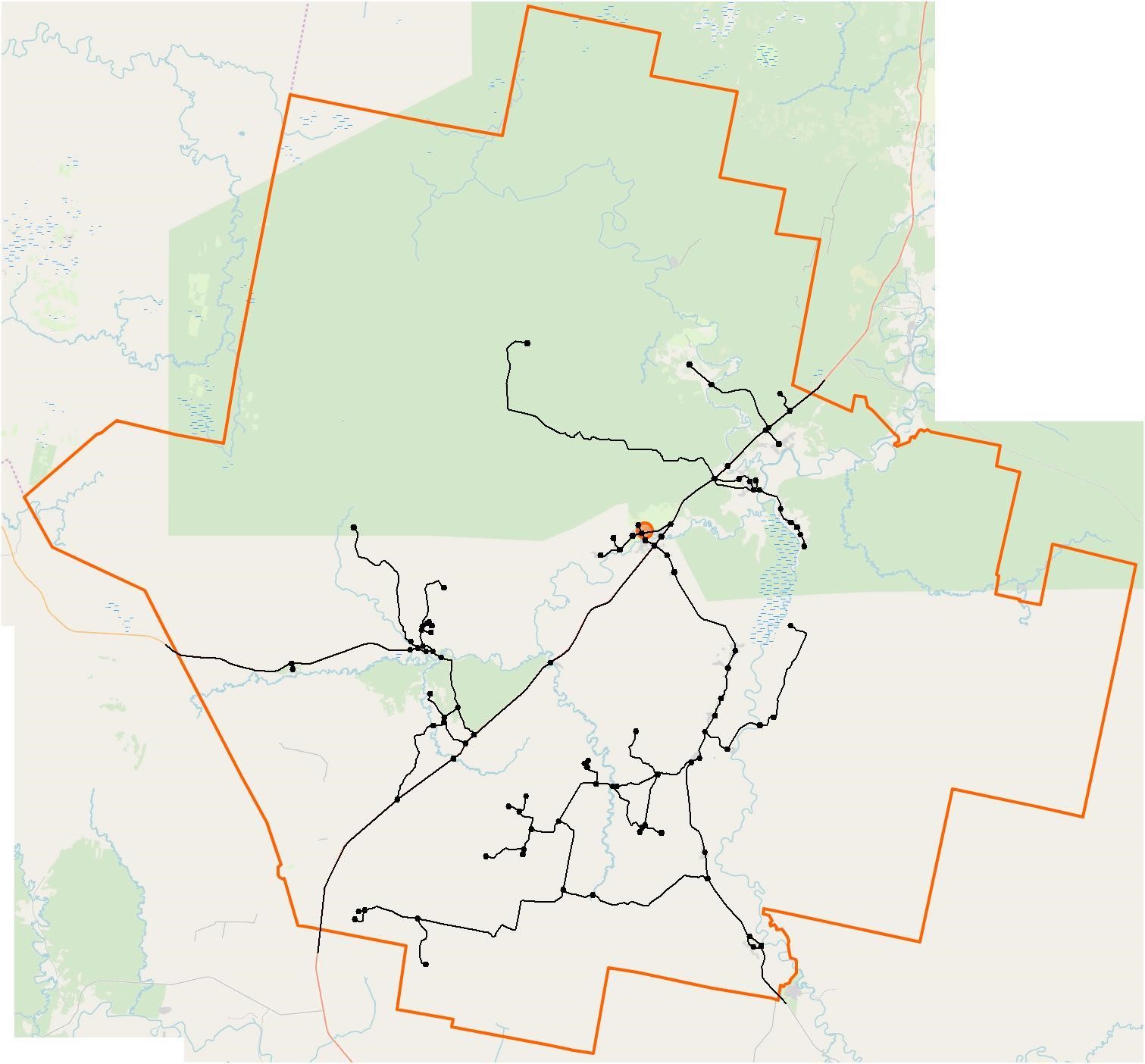


Рисунок 7 – Модель основной сети дорог МО МР «Сысольский» в PTV Visum

11

# 4 Разработка методики и создание модели расчёта транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений

В соответствии с мировым опытом для прогнозирования транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений необходимо использование комплексных математических моделей, включающих описание всех этапов формирования транспортных потоков.

Настоящая модель МО МР «Сысольский» основана на использовании классической 4-х стадийной схемы моделирования транспортных потоков, которая является на данный момент наиболее распространенной в мировой практике.

Указанная схема включает в себя следующие шаги:

* оценка общих объемов передвижений;
* расчет матриц межрайонных корреспонденций;
* расщепление корреспонденций по видам транспорта;
* распределение корреспонденций по сети и расчет интенсивности транспортных потоков.

Программное обеспечение PTV Vision Visum позволяет реализовать указанную схему моделирования транспортного спроса. На рисунке 8 представлен алгоритм расчета 4-шаговой схемы в рабочем окне ПО PTV Visum.



Рисунок 8 – Алгоритм расчета 4-шаговой схемы в рабочем окне PTV Visum

Данная методика прогнозирования интенсивности движения с использованием специализированного программного обеспечения PTV Vision Visum:

* соответствует современному уровню развития зарубежных технологий в данной сфере;
* применяется всеми крупными научными коллективами в РФ;
* рекомендована крупными финансовыми институтами для принятия положительного решения об инвестициях в крупные инфраструктурные проекты.

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

Базовым положением для расчета матриц корреспонденций является следующее: корреспонденция из одного района в другой будет тем больше, чем больше емкости районов прибытия и отправления, и чем ближе друг к другу расположены эти районы. Здесь близость или дальность районов понимается не в географическом, а в транспортном смысле, как некоторая комплексная оценка быстроты и удобства передвижения по транспортной сети. В рамках данной методики рекомендуется в качестве численной мерой дальности использовать обобщенную цену передвижения из района в район по оптимальному пути. Тем самым обеспечивается согласованность расчета корреспонденций с процедурой расщепления корреспонденций по видам транспорта, а также с распределением корреспонденций по путям в сети.

Таким образом, первым шагом в расчете матриц корреспонденций является расчет матриц обобщенных цен передвижений между районами. Для решения этой задачи используются специальные быстродействующие алгоритмы поиска оптимальных путей по графу, которые входят в состав программы для моделирования PTV Vision Visum.

Расчет матриц обобщенных цен передвижений производится отдельно для всех видов легкового и грузового транспорта. Типовой математической моделью для расчета межрайонных корреспонденций является гравитационная модель. В рамках этой модели матрица корреспонденций рассчитывается отдельно для каждого слоя передвижений специальным алгоритмом, встроенным в программное обеспечение PTV Vision Visum (Рисунок 9).

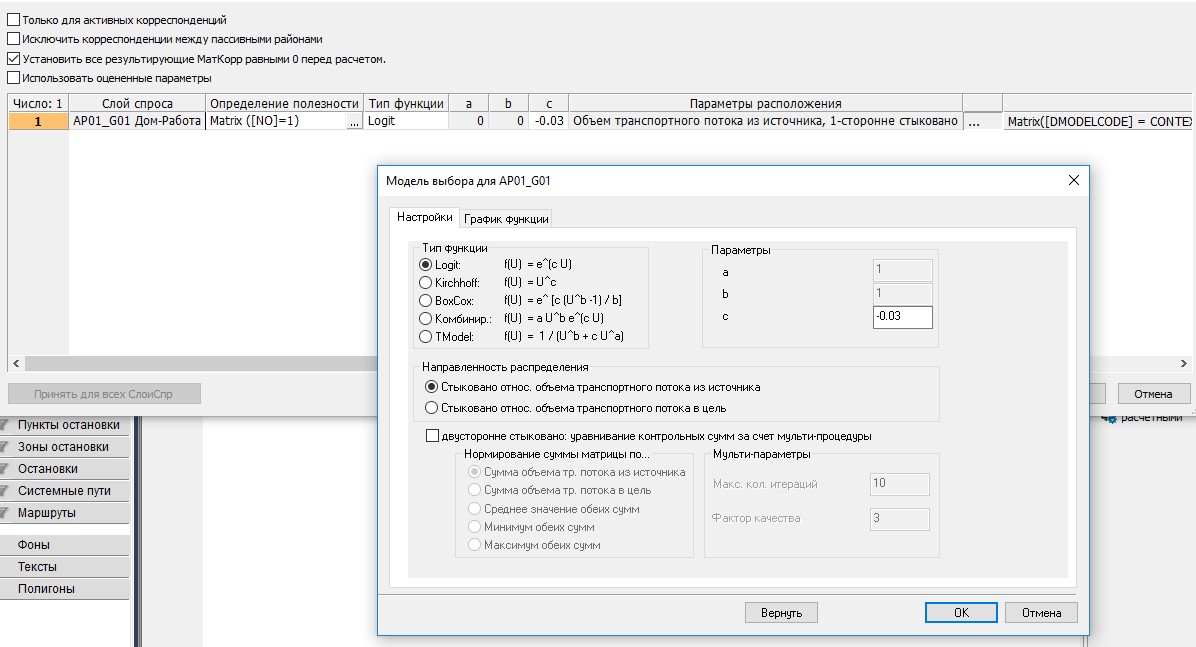


Рисунок 9 – Алгоритм расчета матрицы корреспонденций в рабочем окне PTV Visum

Распределение транспортных потоков по моделируемой УДС является завершающим шагом в задаче прогноза. В модели МО МР «Сысольский» использован наиболее распространенный в мировой практике подход к моделированию распределения потоков в транспортной сети, основанный на концепции «равновесного распределения потоков».

Равновесное распределение – это распределение автомобильных потоков по различным альтернативным путям в сети, возникающее в результате стремления всех участников движения уменьшить обобщенную цену своей поездки в сети с ограниченной пропускной способностью. В результате выбора всеми участниками движения (на основании предшествующего опыта) оптимальных путей, возникает распределение, в котором уже ни один участник не может так изменить свой путь, чтобы уменьшить его обобщенную цену. Именно такое распределение называется равновесным. Данная модель является в настоящее время общепринятым в мировой практике инструментом расчета загрузки УДС в условиях большой плотности потока.

Для учета взаимного влияния разных типов ТС необходимо использовать алгоритм поиска равновесного распределения, одновременно осуществляющий распределение потоков нескольких классов пользователей. На входе в алгоритм для каждого класса пользователей указывается (предварительно рассчитанная) матрица корреспонденций.

В распределении участвуют только автомобильные классы пользователей, однако вклад автобусов в загрузку учитывается.

На рисунках 10, 11 графически представлено распределение потоков общественного и индивидуального транспорта по улично-дорожной сети МО МР «Сысольский», а также приведена картограмма уровня загрузки УДС дорожным движением.

Из схемы загрузки видно, что в целом УДС МО МР «Сысольский» загружена менее чем на 60%, и проблема образования заторов на территории отсутствует.

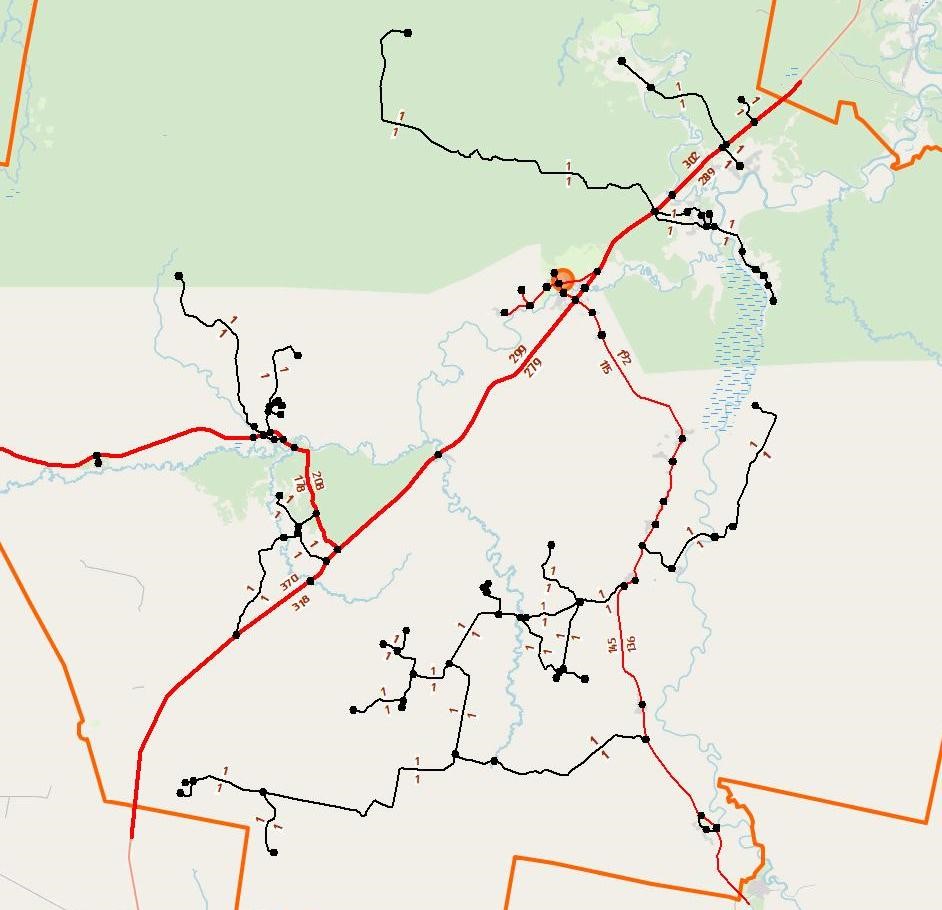


Рисунок 10 – Рассчитанная нагрузка транспорта в базовой модели МО МР

«Сысольский» в PTV Visum



Рисунок 11 – Рассчитанная загрузка УДС в базовой модели МО МР

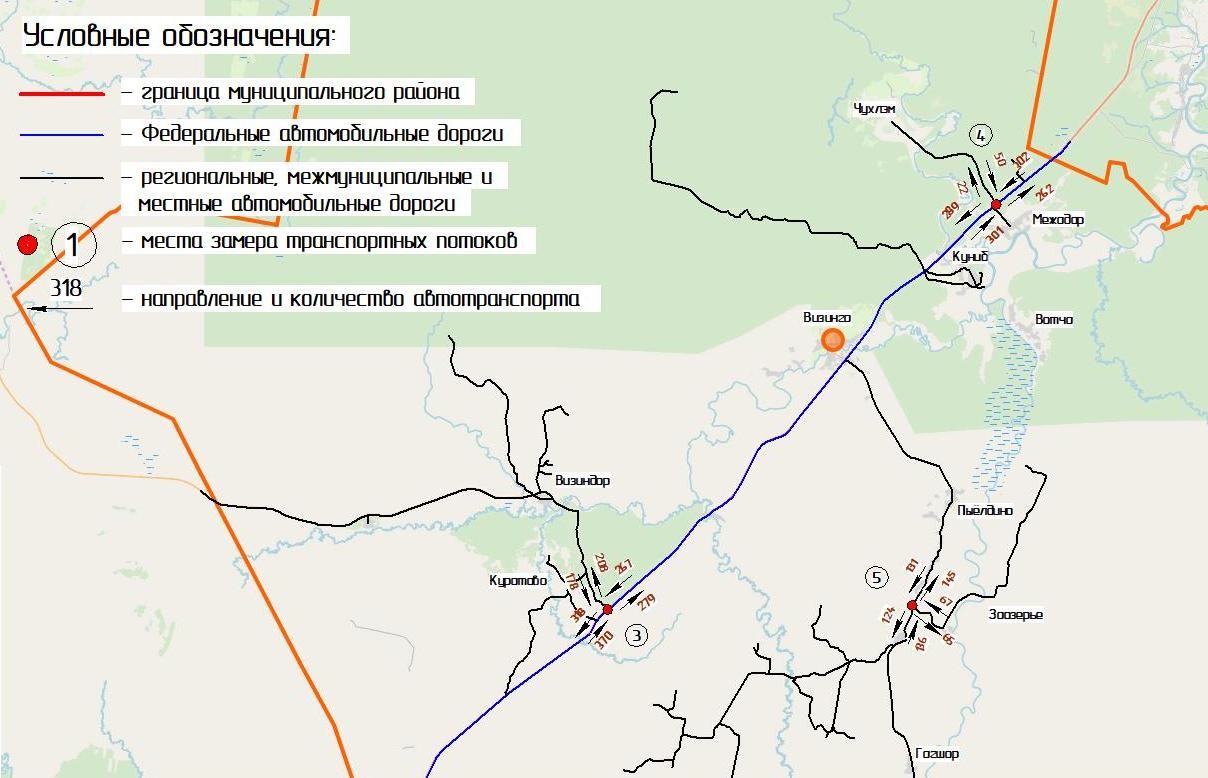
«Сысольский»

# 6 Калибровка мультимодальной макромодели

После ввода всех исходных данных в модель МО МР «Сысольский» и проведения расчета транспортных потоков по 4-х шаговой методике производится валидация модели, т.е. проверяется соответствие результатов моделирования имеющимся фактическим данным. При наличии значительных отклонений заранее определенных показателей от допустимой нормы вносятся необходимые коррекции в значения параметров модели и/или исходных данных и расчеты повторяются. Этот процесс называется калибровкой модели.

Основные данные, которые используются для оценки качества модели – это замеры интенсивности транспортного потока в отдельных сечениях.

В рамках 2 этапа КСОДД МО МР «Сысольский» были проведены замеры транспортных потоков, эти данные были введены в модель (рисунок 12).



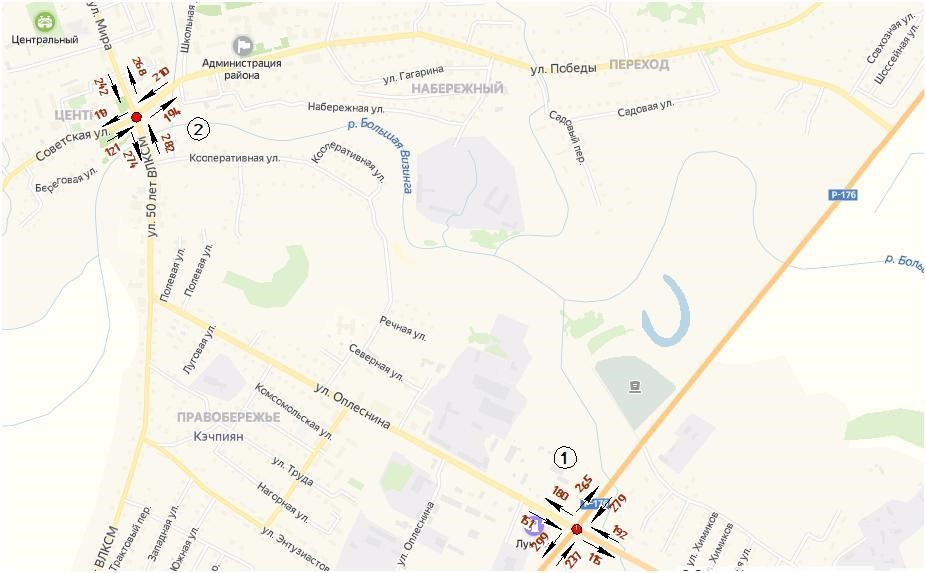


Рисунок 12 – Места проведения замеров транспортных потоков на УДС МО МР

«Сысольский»

В способности транспортной модели МО МР «Сысольский» описывать транспортный спрос на участки УДС, служит показатель коэффициента корреляции между совокупностями модельных и фактическими значениями интенсивности потоков на местах подсчета и интенсивности по всем обследованным сечениям. На рисунке 13 представлена диаграмма агрегированной оценки транспортной модели МО МР «Сысольский», полученная в PTV Vision Visum.

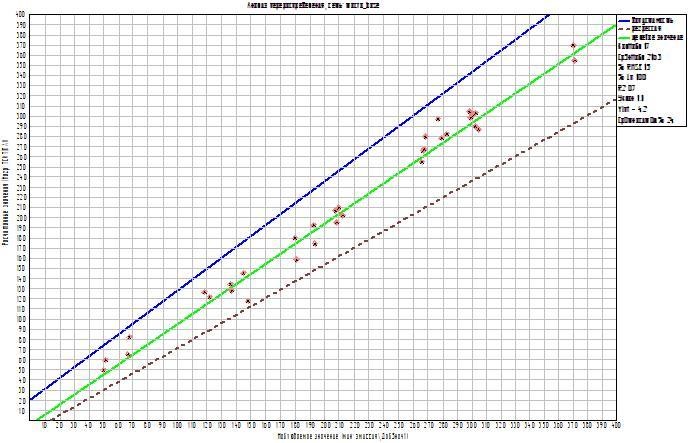


Рисунок 13 – Диаграмма агрегированной оценки транспортной модели МО МР

«Сысольский». Таблица в верхнем углу: КолНабл-17, СрЗнНабл-216.3, %RMSE-

15, %Ln-100, R2-0.7, Уклон-1.1, Ylnt -4.2, СрОтноситОш-24%

Разработанная базовая модель МО МР «Сысольский» обладает коэффициентом корреляции между совокупностями модельных и фактических значениях интенсивности потоков равным 0,75, что говорит о тесной связи расчетных и измеренных параметров. Средняя относительная ошибка модели не превышает 24%. Также для базовой модели был рассчитан интегральный показатель эффективности функционирования всей улично-дорожной сети МО МР «Сысольский» – это среднее время реализации транспортных корреспонденций по существующей УДС, приходящееся на 1 пользователя транспортной системы. Показатель среднего времени реализации корреспонденций в базовой модели МО МР «Сысольский» с учетом задержек составил 22 минуты.

# 7 Разработка вариантов транспортной макромодели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социальноэкономического развития муниципального образования

## 7.1 Разработка варианта транспортной модели на краткосрочную перспективу до 2022 года

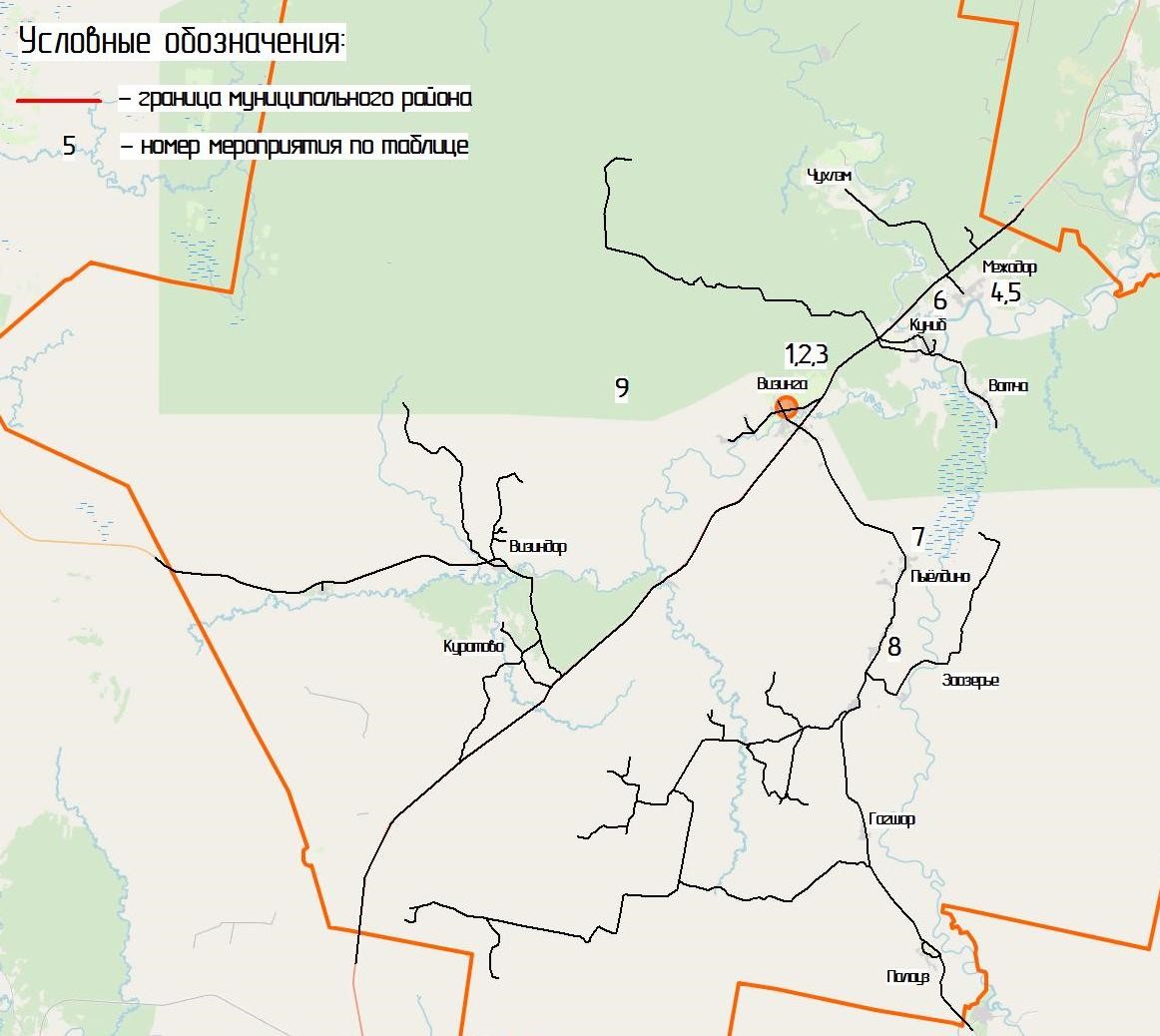
Анализ нормативной документации по развитию объектов транспортной инфраструктуры в МО МР «Сысольский» на перспективу до 2022 г. позволил выделить мероприятия, представленные в таблице 1 и на рисунке 14.

Таблица 1 – Мероприятия по реконструкции УДС до 2022 года

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Мероприятие | Очередь реализации |
| 1 | Устройство асфальтобетонного покрытия проезжей части и тротуаров улицы Тихая, Еловая, Рождественская и Покровская в с.Визинга. Протяженность – 1,12 км | 2022 г |
| 2 | Устройство асфальтобетонного покрытия проезжей части и тротуаров трех проездов в районе ул.Речная в с.Визинга. Протяженность – 0,36 км | 2022 г |
| 3 | Устройство асфальтобетонного покрытия проезжей части и тротуаров на улице Лучистая в с.Визинга. Протяженность – 0,79 км | 2022 г |
| 4 | Кап.ремонт главных улиц в СП «Межадор» МО МР «Сысольский». Протяженность 4,5 км | 2022 г |
| 5 | Строительство новых улиц и проездов в районах первоочередного жилищного строительства в СП «Межадор» МО МР «Сысольский». Протяженность 6,0 км | 2022 г |
| 6 | Строительство АЗС на въезде в с.Шорсай СП «Межадор» МО МР «Сысольский». | 2022 г |
| 7 | Строительство АЗС в СП «Пыёлдино» МО МР «Сысольский» | 2022 г |
| 8 | Строительство СТО в д.Тяпорсикт в СП «Пыёлдино» МО МР «Сысольский» | 2022 г |
| 9 | Кап.ремонт а/д и улиц местного значения в населенных пунктах МО МР  «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2022 г |

Данные мероприятия были введены в прогнозную транспортную модель МО МР «Сысольский». На рисунках 15, 16 графически представлено распределение потоков транспорта по УДС МО МР «Сысольский», а также приведена прогнозная картограмма уровня нагрузки дорожным движением до 2022 года.

Показатель среднего времени реализации корреспонденций в перспективной модели МО МР «Сысольский» на период до 2022 года с учетом задержек уменьшился и составил 21 минуту.



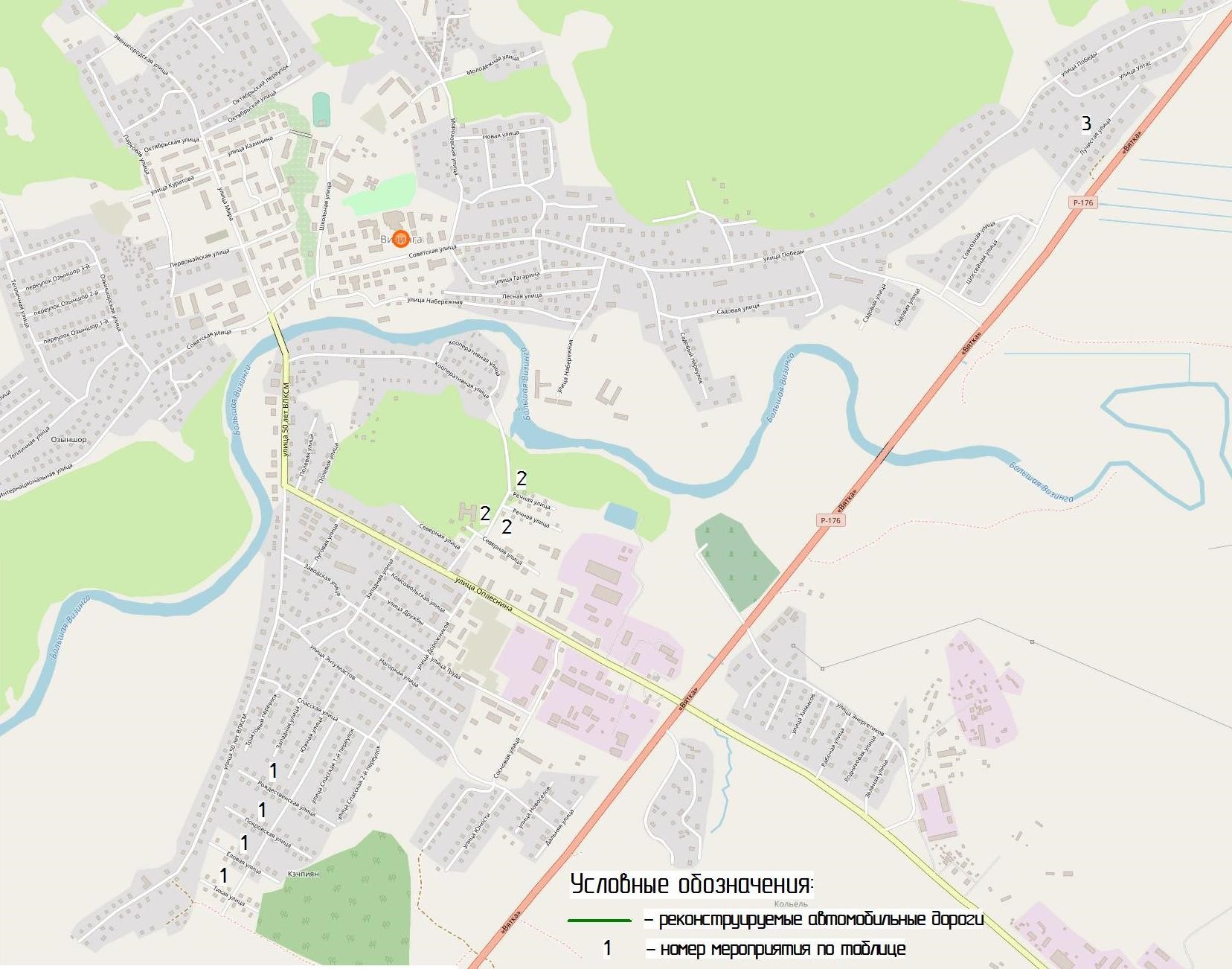


Рисунок 14 – Мероприятия по развитию УДС МО МР «Сысольский» на 2022 год

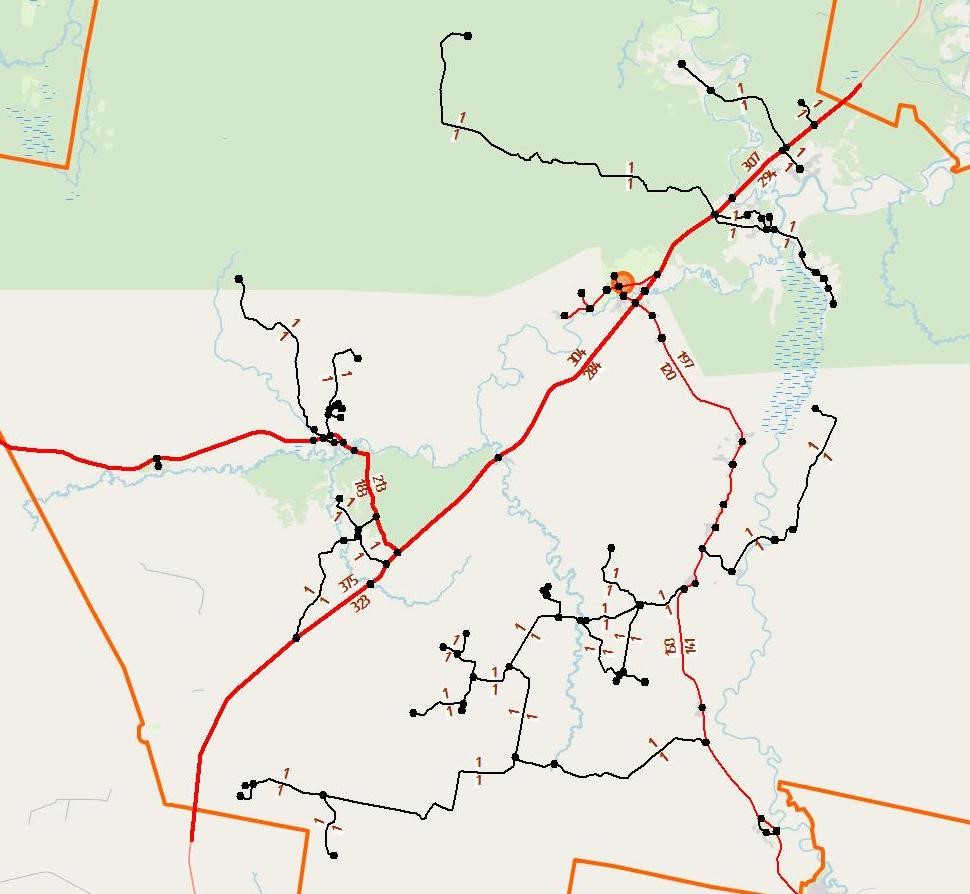


Рисунок 15 – Рассчитанная нагрузка УДС на 2022 год

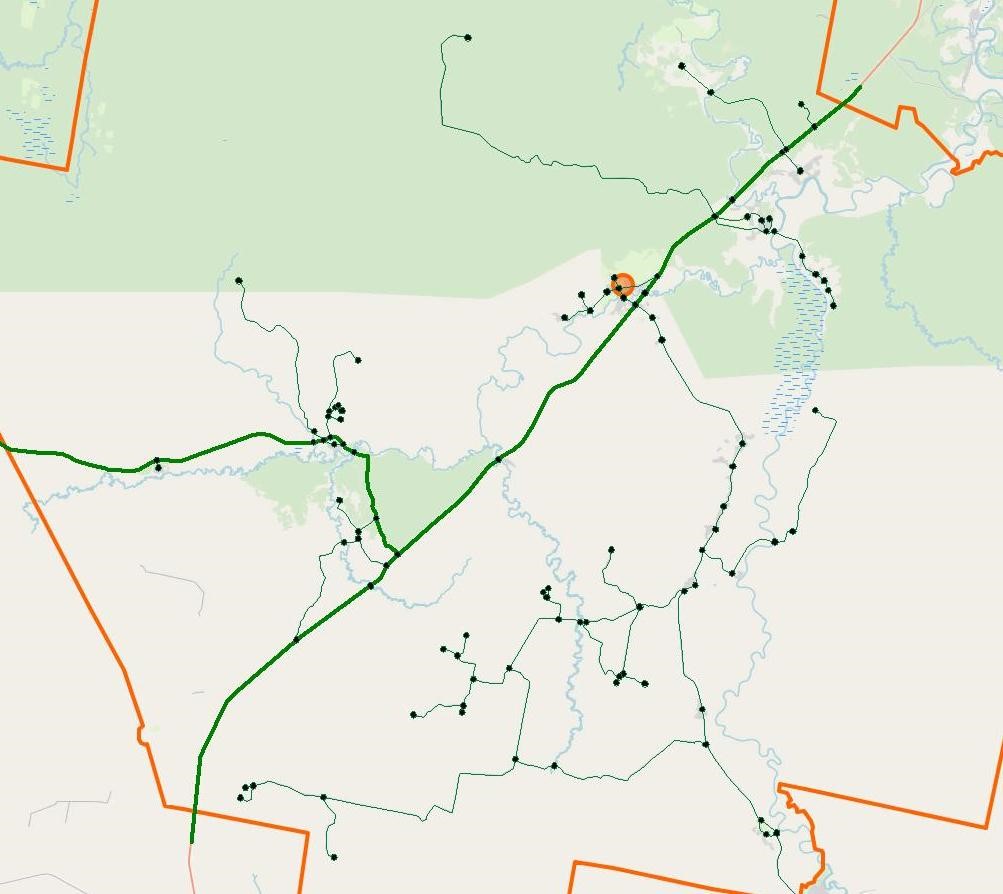


Рисунок 16 – Схема уровня загрузки УДС движением на 2022 г

## 7.2 Разработка варианта транспортной модели на среднесрочную перспективу до 2027 года

Анализ нормативной документации по развитию объектов транспортной инфраструктуры в МО МР «Сысольский» на перспективу до 2027 г. позволил выделить мероприятия, представленные в таблице 2 и на рисунке 17.

Таблица 2 – Мероприятия по реконструкции УДС до 2027 года

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Мероприятие | Очередь реализации |
| 1 | Ремонт асфальтобетонного покрытия улиц в СП «Визинга» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2027 г |
| 2 | Реконструкция площадей (мощение площадей тротуарной плиткой) в СП  «Визинга» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2027 г |
| 3 | Кап.ремонт, устройство асфальтобетонного покрытия улиц в СП «Куратово» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2027 г |
| 4 | Реконструкция площадей (покрытие тротуарной плиткой, мощение пешеходных связей, площадок перед общественными зданиями, дорожек в парковой зоне) в СП «Куратово» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2027 г |
| 5 | Устройство асфальтобетонного покрытия проезжей части улиц и проездов, имеющих грунтовое покрытие в СП «Межадор» МО МР «Сысольский». Протяженность 3,5 км | 2027 г |
| 6 | Ремонт асфальтобетонного покрытия существующих участков улиц и дорог в СП «Межадор» МО МР «Сысольский». Протяженность 12,0 км | 2027 г |
| 7 | Реконструкция площадей (покрытие тротуарной плиткой, мощение пешеходных связей, площадок перед общественными зданиями, дорожек в парковой зоне) в СП «Межадор» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2027 г |
| 8 | Кап.ремонт, устройство асфальтобетонного покрытия улиц в СП «Пыёлдино» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2027 г |
| 9 | Реконструкция площадей (покрытие тротуарной плиткой, мощение пешеходных связей, площадок перед общественными зданиями, дорожек в | 2027 г |
|  | парковой зоне) в СП «Пыёлдино» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом |  |
| 10 | Кап.ремонт а/д 87 ОП РЗ 87К-004 «Сыктывкар-Кудымкар» в СП «Пыёлдино» МО МР «Сысольский». Протяженность 54,64 км | 2027 г |
| 11 | Строительство дорог с твёрдым покрытием в м.Вичкодор и м.Монастырь в СП «Пыёлдино» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2027 г |
| 12 | Кап.ремонт, устройство асфальтобетонного покрытия улиц в населенных пунктах СП «Куниб» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2027 г |
| 13 | Кап.ремонт, реконструкция местных дорог вне населенных пунктов СП  «Куниб» МО МР «Сысольский». Протяженность определяется проектом | 2027 г |

Данные мероприятия были введены в прогнозную транспортную модель МО МР «Сысольский». На рисунках 18, 19 графически представлено распределение потоков транспорта по УДС МО МР «Сысольский», а также приведена прогнозная картограмма уровня нагрузки дорожным движением до 2027 года.

Показатель среднего времени реализации корреспонденций в перспективной модели МО МР «Сысольский» на период до 2027 года с учетом задержек уменьшился и составил 19 минут.



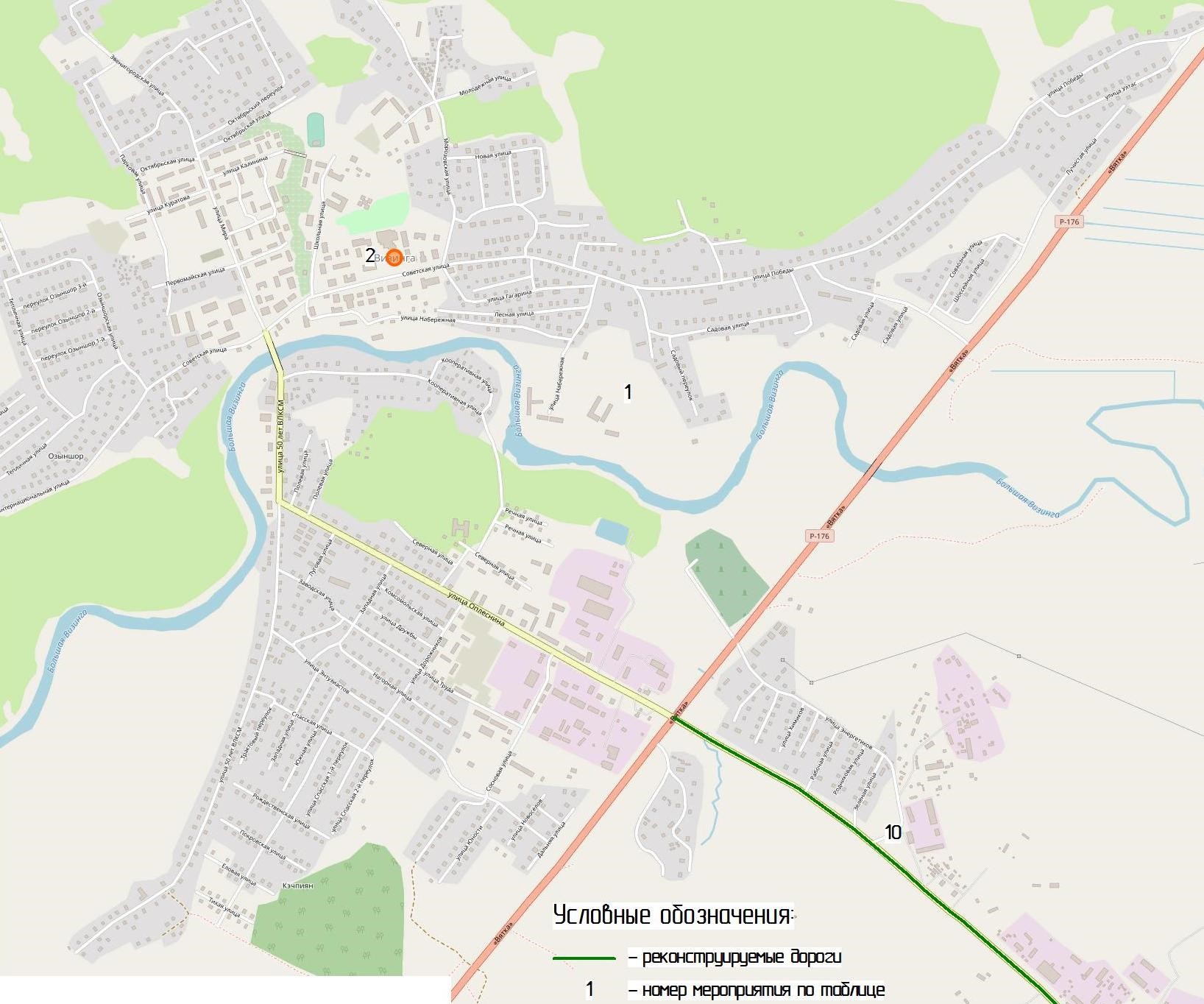


Рисунок 17 – Мероприятия по развитию УДС МО МР «Сысольский» на 2027 год

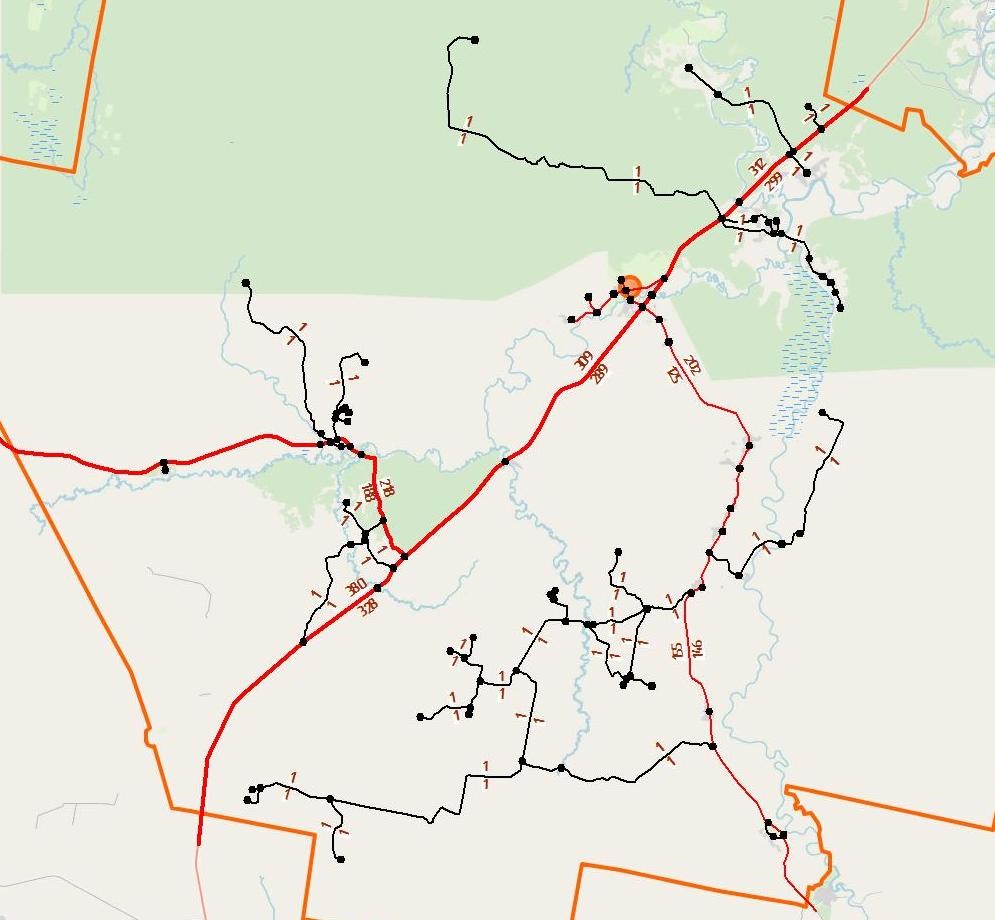


Рисунок 18 – Рассчитанная нагрузка УДС на 2027 год



Рисунок 19 – Схема уровня загрузки УДС движением на 2027 г

## 7.3 Разработка варианта транспортной модели на долгосрочную перспективу до 2032 года

Документами планирования в МО МР «Сысольский» предусмотрен ряд мероприятий по развитию УДС (таблица 3 и рисунок 20) до 2032 г.

Таблица 3 – Предложения по развитию УДС МО МР «Сысольский» до 2032 г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  п/п | Мероприятие | Очередь реализации |
| 1 | Доведение качества дорожного покрытия местных дорог вне населенных пунктов до нормативного состояния в МО МР «Сысольский» | 2032 г |
| 2 | Строительство объектов придорожного сервиса вдоль автодороги Р-176  «Вятка» «Чебоксары-Йошкар-Ола-Киров-Сыктывкар» | 2032 г |
| 3 | Формирование сети круглогодичных лесовозных дорог. Протяженность определяется проектом | 2032 г |

Показатель среднего времени реализации корреспонденций в перспективной модели МО МР «Сысольский» до 2032 года с учетом задержек не изменился (19 минут). На рисунках 21, 22 графически представлено распределение потоков транспорта по УДС МО МР «Сысольский», а также приведена прогнозная картограмма уровня нагрузки дорожным движением до 2032 года. Общий уровень загруженности, как видно из рисунка 22, остаётся весьма низким не более 70%, что позволяет сделать вывод о запасе пропускной способности УДС в будущем.



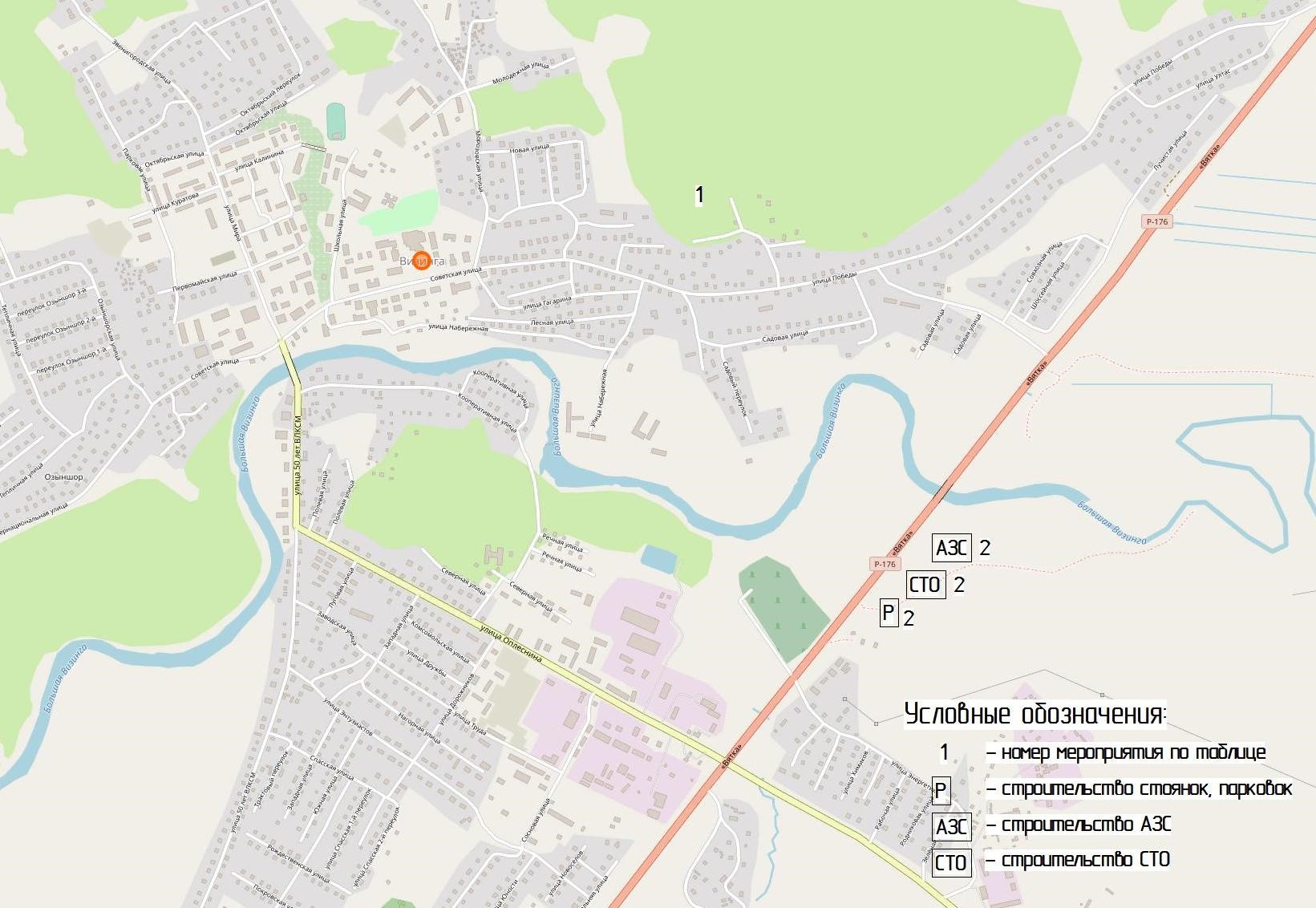


Рисунок 20 – Мероприятия по развитию УДС МО МР «Сысольский» на 2032 год

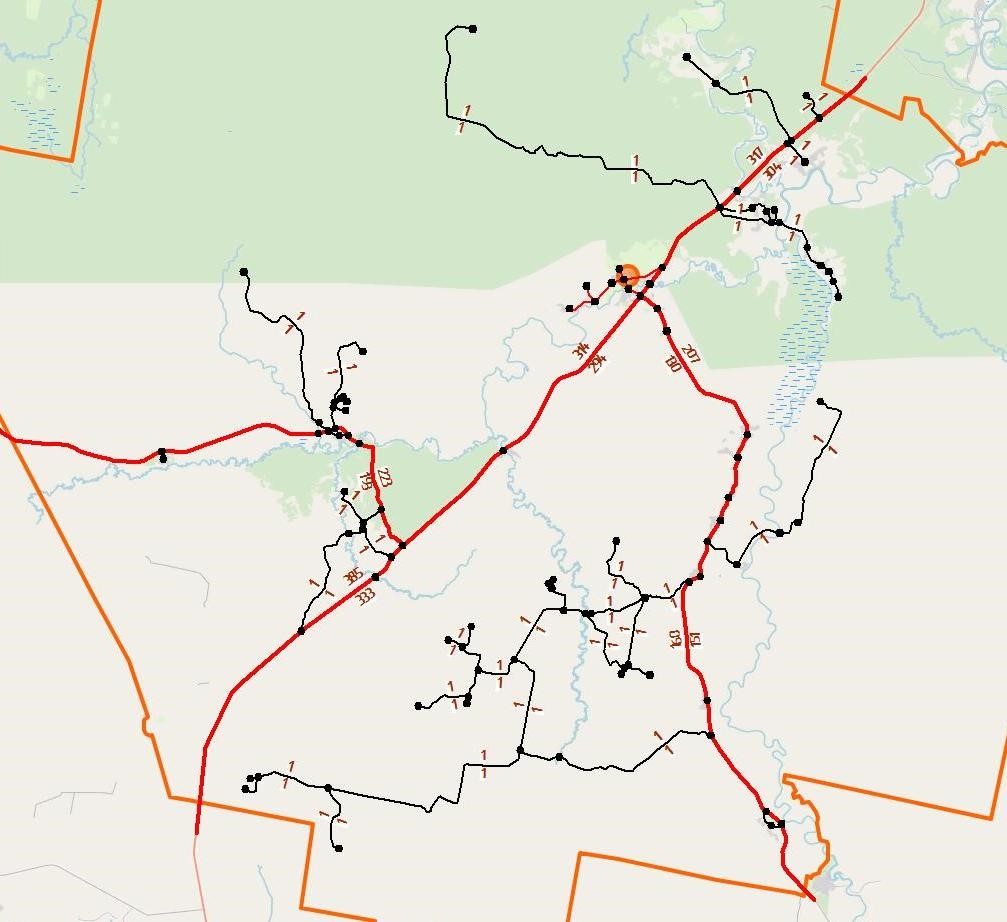


Рисунок 21 – Рассчитанная нагрузка на УДС МО МР «Сысольский» на перспективу до 2032 года



Рисунок 22 – Рассчитанная загрузка УДС МО МР «Сысольский» на перспективу до 2032 года

# Заключение

В рамках второго этапа Комплексной схемы организации дорожного движения разработана транспортная модель МО МР «Сысольский» (коэффициент корреляции 0,75), а также рассмотрены варианты развития транспортной макромодели на краткосрочную до 2022 г., среднесрочную до 2027 г. и долгосрочную до 2032 г. перспективы на основании существующих документов планирования и прогнозов социально-экономического развития МО МР «Сысольский».

В том числе был проведен сравнительный анализ среднего времени реализации транспортных корреспонденций для всех горизонтов планирования (2022 – 2027 – 2032 годы).

Сформулированные на втором этапе задачи проекта были решены в необходимом объеме.

# Список используемых источников

1. ВСН 45-68 «Инструкция по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах».
2. ОДН 218.0.006-2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог».
3. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах» №ОС-557-р от 24.06.2002 г.
4. ГОСТ Р 50597-2017. «Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения».
5. ГОСТ Р 52398-2005. «Классификация автомобильных дорог. Параметры и требования».
6. ГОСТ Р 52399-2005. «Геометрические элементы автомобильных дорог».
7. ГОСТ Р 52765-2007. «Дороги автомобильные общего пользования.

Элементы обустройства. Классификация».

1. ГОСТ Р 52766-2007. «Дороги автомобильные общего пользования.

Элементы обустройства. Общие требования».

1. ГОСТ Р 52767-2007. «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Методы определения параметров».
2. ГОСТ Р 52607-2006. «Ограждения дорожные удерживающие боковые для автомобилей».
3. ГОСТ Р 51256-2011. «Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования».
4. ГОСТ Р 52282-2004 «Технические средства организации дорожного

движения. Светофоры дорожные. Типы, основные параметры, общие технические».

1. ОДМ 218.2.020-2012 «Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог». – М.: Информавтодор. - 143 с.
2. ОСТ 218.1.002-2003 «Автобусные остановки на автомобильных дорогах.

Общие технические требования».

1. PTV VISSUM Руководство пользователя // А+С Консалт, 2014 г.
2. Якимов М.Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография / М.Р. Якимов. – М.: Логос, 2013. – 188 с.