КОМПЛЕКСНАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАНЕВСКОГО ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ВСЕВОЛОЖСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Разработка транспортной модели Заневского городского поселения Всеволожского района Ленинградской области

2 этап

ООО «Магистральсервис»

Темрюк, 2019 г.

ООО «Магистральсервис»

УТВЕРЖДАЮ:

Директор

_____ О.А. Власенко

« » _____ 2019 г.

КОМПЛЕКСНАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАНЕВСКОГО ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ ВСЕВОЛОЖСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Разработка транспортной модели Заневского городского поселения Всеволожского района Ленинградской области

2 этап

Руководитель темы В. В. Лазарев

Темрюк, 2019 г.

Оглавление

СОКРАЩЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ 3
ВВЕДЕНИЕ 4
1. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ И МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ 5
1.1 Описание программного комплекса PTV Vision VISUM, используемого для разработки транспортной модели 5
1.2 Описание методов и инструментального комплекса моделирования 5
1.3 Задача моделирования 10
1.3.1 Модель формирования векторов отправлений-прибытий 10
1.3.2 Модель формирования матриц межрайонных корреспонденций 11
1.3.3 Модель расщепления по способам передвижений 11
1.3.4 Модель распределения корреспонденций по транспортной сети 11
1.4 Калибровка параметров модели 11
1.5 Методика разработки транспортной модели 12
2. ТРАНСПОРТНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЗАНЕВСКОГО ГОРОДСКОГО ПОСЕЛЕНИЯ НА БАЗЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ 15
3. СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ: ВВОД ПАРАМЕТРОВ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ, ТРАНСПОРТНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ, МАРШРУТНОЙ СЕТИ, ОСТАНОВОК И ИНТЕРВАЛОВ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА 21
3.1 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов 21
3.2. Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения пассажирского транспорта 30
4. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ РАСЧЁТА ТРАНСПОРТНОГО СПРОСА ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ И ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ 37
4.1. Четырёхшаговая модель расчета транспортного спроса 37
4.2. Расчет с помощью разработанной модели спроса данных об источнике, цели, количестве желаемых поездок 41
5. КАЛИБРОВКА ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ 44
5.1. Приведение различных групп транспортных средств к легковому автомобилю 44
5.2. Ввод в транспортную модель результатов замеров интенсивности транспортных потоков 49

5.3. Калибровка базовой транспортной модели на текущую ситуацию по данным замеров интенсивности транспортных потоков 51
5.4. Оценка показателей качества транспортной модели 54
5.5. Анализ наиболее загруженных участков дорожной сети 58
6. РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ МОДЕЛИ 65
6.1 Разработка первоочередных мероприятий на 2019-2020 годы 65
6.2 Разработка транспортной модели на период до 2024 года 71
6.3 Разработка транспортной модели на период до 2034 года 77
6.4. Анализ перспективных версий транспортной модели Заневского городского поселения 82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 86

СОКРАЩЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ОиБДД	организация и безопасность дорожного движения
ОДД	организация дорожного движения
УДС	улично-дорожная сеть
ТП	транспортный поток
КСОДД	комплексная схема организации дорожного движения
ТС	транспортное средство
ДТП	дорожно-транспортное происшествие
СО	светофорный объект
ТСОДД	технические средства организации дорожного движения
ПДД	правила дорожного движения
БДД	безопасность дорожного движения
НГПТ	наземный городской пассажирский транспорт
ИДН	искусственная дорожная неровность
ОРП	отстойно-разворотная площадка НГПТ
АСУДД	автоматизированная система управления дорожным движением
ТПУ	транспортно-пересадочный узел
г.п.	городское поселение
о.п.	остановочный пункт

ВВЕДЕНИЕ

Транспорт и создающая условия его работы транспортная инфраструктура являются одной из системообразующих отраслей региональной экономики, обеспечивающей территориальную целостность регионов и единство его экономического пространства.

Развитие транспортной инфраструктуры является необходимым условием реализации инновационной модели экономического роста и улучшения качества жизни населения, как региона, так и отдельно взятого муниципального образования.

В последние десятилетия во многих крупных городах исчерпаны возможности экстенсивного развития транспортной инфраструктуры. Поэтому особую роль приобретает оптимальное планирование сетей, улучшение организации дорожного движения, оптимизация системы маршрутов общественного транспорта. Решение таких задач невозможно без моделирования транспортных сетей. Главная задача транспортной модели – определение и прогноз всех параметров функционирования транспортной сети, таких как интенсивность движения на всех элементах сети, объемы перевозок в сети общественного транспорта, средние скорости движения, задержки движения и т.д.

На основании полученных результатов I этапа работ сформированы матрицы корреспонденций, описывающие направления и интенсивность транспортных и пассажирских потоков на территории Заневского городского поселения.

Анализ результатов обследования, включающего все виды транспорта, а также существующего социально-экономического развития области исследования позволил разработать и откалибровать транспортную модель существующего состояния развития транспортной инфраструктуры.

Базовая транспортная модель Заневского городского поселения стала основой при разработке моделей прогнозных лет транспортной системы Заневского городского поселения.

На основании исходных данных были разработаны прогнозные транспортные модели Заневского городского поселения: краткосрочный прогноз (до 2024 г.), среднесрочный прогноз (до 2029 г.), и долгосрочный прогноз (до 2034 г.). Данные транспортные модели учитывают прогноз социально-экономического развития Заневского городского поселения, рост уровня автомобилизации, а также мероприятия, запланированные целевыми адресными программами.

1. Описание программы и методов моделирования

1.1 Описание программного комплекса PTV Vision VISUM, используемого для разработки транспортной модели

Транспортная модель Заневского городского поселения разрабатывалась в среде современного программного комплекса транспортного планирования PTV Vision® VISUM, который сертифицирован в России на соответствие требованиям нормативных документов для расчета интенсивности движения и пассажиропотоков.

PTV Vision® – промышленный стандарт транспортного планирования в 75 странах мира. Основные области применения: транспортное планирование городов и регионов, оптимизация работы пассажирского транспорта, обоснование инвестиций, прогнозирование интенсивности движения на платных автодорогах.

В программном продукте PTV Vision® VISUM осуществляется моделирование на макроуровне. PTV Vision® VISUM представляет собой современную информационно-аналитическую систему поддержки принятия решений, которая позволяет осуществлять стратегическое и оперативное транспортное планирование, прогнозирование интенсивностей движения, обоснование инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры, оптимизацию транспортных систем городов и регионов, а также систематизацию, хранение и визуализацию транспортных данных.

Программный комплекс PTV Vision® VISUM интегрирует всех участников движения (легковой и грузовой транспорт, пассажирский транспорт, велосипедисты, пассажиры, пешеходы и пр.) в единую математическую транспортную модель, которая позволяет выполнять системный анализ параметров транспортной инфраструктуры и прогнозировать влияние планируемых мероприятий по развитию транспортной системы исследуемого объекта.

PTV Vision® VISUM объединяет данные геоинформационных систем, данные о транспортном обеспечении в единую базу данных с несколькими уровнями. Данный программный комплекс позволяет визуализировать результаты расчета в графической и табличной форме, а также проводить разнообразные графические анализы.

1.2 Описание методов и инструментального комплекса моделирования

Задача моделирования транспортных и пассажирских потоков в транспортной сети крупных городов является актуальной в связи с возросшим объемом передвижений. В настоящей работе, для достижения поставленных целей используется комплексная транспортная модель спроса на передвижения, основанная на методике прогноза транспортных и пассажирских потоков, использующая 4-шаговый подход. Разработана

соответствующая населенному пункту в границах городской агломерации структура передвижений, включающая описание слоев передвижений, методы оценки объемов передвижений, расщепление по видам транспорта, оплату за проезд, и другие аспекты.

В мире существует большое число транспортных моделей в рамках 4-шагового подхода, однако сам этот подход формирует только общую схему расчетов. Разработанная методика предлагает конкретные решения по подготовке данных, алгоритмам на всех шагах расчета, а также по взаимному влиянию этих шагов (оценка общих объемов передвижений, расчет корреспонденций, модальное расщепление и распределение потоков по сети).

Развитие моделей прогноза транспортных потоков в мире в основном идет по пути усложнения алгоритмов. Однако, для целей долгосрочного планирования требуются более простые модели, в частности, не требующие излишней (неизвестной на ранних этапах планирования) детализации параметров транспортной системы. Другой важной отличительной характеристикой разработанной модели является использование на всех шагах расчета согласованной концепции обобщенной цены, как критерия выбора целей, способов и путей передвижения.

Расчет матриц корреспонденций обычно осуществляется с применением *гравитационных* или *энтропийных* моделей. Расщепление корреспонденций по способам перемещения *(модальное* расщепление) осуществляется с использованием стандартной комбинированной модели дискретного выбора. Для моделирования загрузки улично-дорожной сети используется концепция *равновесного распределения* потоков. Расчет загрузки системы общественного транспорта производится по модели *оптимальных стратегий* с учетом провозных способностей транспортных средств, используемых для перевозки пассажиров.

Под «обобщенной ценой» пути понимается критерий, на основании которого пользователь оценивает альтернативные пути и способы передвижения. Обобщенная цена определяется как взвешенная сумма слагаемых, выражающих влияние факторов различной природы на оценку пути. Основной вклад в обобщенную цену дает время передвижения, включающее в себя как время движения, так и дополнительные задержки на различных элементах транспортной сети (время подготовки автомобиля к поездке, время парковки, время ожидания). Дополнительно обобщенная цена может включать в себя денежные затраты (плата за проезд в общественном транспорте, платные дороги, плата за въезд в определенные зоны города), а также условные штрафные добавки времени, выражающие, например дискомфорт поездок с пересадками на общественном транспорте и др. Дополнительные составляющие выражаются в условных минутах и прибавляются к времени. Коэффициенты приведения являются характеристиками

«транспортного поведения» населения. Они определяются из социологических исследований (опросов), а также в ходе калибровки моделей.

Передвижения, совершаемые жителями города, различаются по цели. Например, передвижения из дома на работу или за покупками и др. Различным целям соответствуют различные объекты посещения – соответственно, места труда, магазины и др. Один и тот же объект может посещаться с разными целями – например, как место работы для сотрудников и как место обслуживания для клиентов. Кроме того, различаются передвижения с одной целью, совершаемые от разных объектов. Например, передвижения за покупками, совершаемые из дома или попутно по дороге домой от места работы. Совокупность передвижений, совершаемых с одинаковой целью между объектами одного типа, называется *слоем* перемещений. Смысл деления на слои состоит в том, что перемещения, принадлежащие разным слоям:

- по-разному распределяются по территории города, так как совершаются к разным объектам;
- обладают разной чувствительностью к фактору дальности;
- по-разному распределяются по времени суток.

Модель спроса исходит из того, что цель поездки или деятельность вне дома выступают причиной передвижений в пространстве. Пара действий соответствует пути между двумя следующими друг за другом действиями, которые человек совершает в течение дня.

В практике моделирования не существует фиксированной классификации целей перемещений и, соответственно, типов объектов посещения. Для разных городов и разных моделей принимается та или иная классификация в зависимости от наличия исходной информации и постановки задачи для моделирования.

В транспортной модели Заневского городского поселения выделено 14 пар действий: Дом-Работа, Работа-Дом, Дом-Сад, Сад-Дом, Дом-Школа, Школа-Дом, Дом-ВУЗ, ВУЗ-Дом, Дом-Прочее, Прочее-Дом, Работа-Работа, Город-Кордон, Кордон-Город, Кордон-Кордон.

Первым шагом расчета в 4-шаговой модели является оценка общих объемов прибытия и отправления в каждом районе. Эта оценка строится на основе информации о пространственном размещении объектов посещения. Далее производится расчет матриц межрайонных корреспонденций и их расщепление по способам перемещения. Важным недостатком 4-шаговой модели можно считать тот факт, что отдельные матрицы корреспонденций вычисляются и расщепляются по способам перемещений независимо друг от друга. В результате, например, может не совпадать количество людей, использующих автомобиль для поездки из дома на работу и обратно. Для корректного

моделирования реальной структуры перемещений необходимо учитывать, что перемещения объединены в цепочки. Цепочка – это последовательность перемещений, которая начинается и заканчивается в одном месте (обычно дома). Например, «дом-работа-магазин-дом». Как правило, способ перемещения не меняется для всех звеньев цепочки. Исключение могут составлять «промежуточные» цепочки, т.е. цепочки, начинающиеся и заканчивающиеся в некотором промежуточном пункте. Например, в течение рабочего дня человек мог совершить деловую или бытовую поездку с возвращением на рабочее место.

Последовательное развитие в направлении учета цепочек и других аспектов взаимной зависимости разных поездок привело к созданию т.н. моделей активности («active-based models»). При практической реализации моделей активности вместо расчета многоиндексных массивов производится микромоделирование отдельных перемещений методом Монте-Карло. Модели активности, однако, намного сложнее в реализации, требуют проведения масштабных и трудоемких социологических обследований и имеют очень большие времена счета сравнительно с 4-шаговыми моделями. С учетом этих трудностей в рамках настоящего подхода применяется упрощенная схема учета цепочек перемещений. В данной схеме для перемещений, являющихся промежуточными в цепочке, вычисляются отдельные матрицы корреспонденций, причем для каждого района объемы прибытия и отправления считаются одинаковыми. При таком подходе промежуточные перемещения отражают общий количественный «фон» перемещений в сети, не нарушая балансов прибытий и отправлений в каждом районе.

Для комплексного прогноза загрузки транспортной сети требуется расчет большого набора матриц корреспонденций между расчетными районами города, а именно, требуются разные матрицы для разных слоев перемещений:

- разных способов перемещений (например, пешком, на автомобиле, на общественном транспорте);

- разного времени суток (например, для утреннего и вечернего часа «пик» и для среднего дневного часа).

Расчет матриц корреспонденций проводится по гравитационной модели с использованием различных *функций тяготения* для перемещений с различными целями. В качестве меры «транспортной дальности» используется цена оптимального пути между районами. Параметры функции дальности, определяющие «чувствительность» корреспонденций к фактору дальности. Значения этих коэффициентов определяются из эмпирических обследований.

Модальное расщепление корреспонденций производится в зависимости от соотношения обобщенных цен перемещений разными способами. Под различными способами перемещений понимают, например, перемещение пешком, поездку на автомобиле, велосипеде, или на общественном транспорте. Модальное расщепление осуществляется с применением стандартных моделей дискретного выбора. В стандартной модели предполагается, что каждая из n альтернатив характеризуется значением *полезности Ui, i*=l, n. Полезность влияет на вероятность выбора соответствующей альтернативы при том, что сам процесс выбора представляется стохастическим. Принимая различные гипотезы о характере распределения случайных величин, можно получить те или иные оценки для средних долей выбора альтернатив. В частности, в одной из наиболее распространенных (в силу простоты численной реализации), является *multinomial logit* модель, в которой вероятности выбора альтернатив оказываются пропорциональными экспонентам от полезностей.

Заключительный шаг 4-шаговой схемы состоит в распределении корреспонденций по путям, соединяющим пары районов. В результате распределения получаются значения потоков на всех элементах сети.

Фундаментальной особенностью улично-дорожной сети является зависимость цен перемещений от загрузки элементов сети. Эта зависимость приводит к тому, что при общей значительной загрузке сети каждая корреспонденция распределяется между несколькими альтернативными путями, причем эти пути могут быть далеки от оптимальных путей, рассчитанных по свободной сети. Для моделирования загрузки УДС с учетом этого эффекта используется концепция равновесного распределения. Под равновесным распределением понимается распределение, при котором ни у кого из участников движения нет мотивации для изменения пути, т.е. обобщенная цена всех альтернативных путей равна или превосходит цену пути, по которому он движется.

Распределение корреспонденций в системе общественного транспорта производится с использованием модели оптимальных стратегий. Модель использует явное описание системы маршрутов. Для оценки времени ожидания используется точное

расписание движения общественного транспорта, обслуживающего территорию Заневского городского поселения.

1.3 Задача моделирования

Расчет выполнен с помощью программного комплекса, разработанного специалистами компании PTV (ФРГ) с торговой маркой PTV Vision® VISUM. Метод расчета, который используется в этом программном комплексе, очень близок к известным отечественным моделям, реализованным в программных комплексах Яковлева Л.А. (ЦНИИПград), Федорова В.П. (ЭМИ РАН). В зарубежной практике: теоретические основы модели, используемой в VISUM, описаны в книге «ModellingTransport» JuanDiosdeOrtuzar, LuisG. Willumsen., (Издательство: Wiley, 2001г. – 514 стр.).

Главной задачей моделирования транспортных потоков является определение величины нагрузки на сеть в целом и на элементы сети в зависимости от расселения, характеристик подвижности, конфигурации сети и параметров элементов сети.

В задаче моделирования транспортных потоков можно выделить четыре подзадачи*:

- формирование векторов отправлений-прибытий,

- формирование матриц межрайонных корреспонденций,

- расщепление по способам передвижений,

- распределение корреспонденций по транспортной сети.

Разделение задачи моделирования на эти четыре подзадачи является условным, так как все этапы взаимосвязаны и не могут быть полностью решены как отдельные задачи в силу обратных связей. Для решения каждой подзадачи используется определенная модель, при этом, все модели являются взаимосвязанными.

1.3.1 Модель формирования векторов отправлений-прибытий

На основе имеющихся экономических данных модель по целевому признаку разделяют передвижения по группам на трудовые, учебные, культурно-бытовые, а также рассматривают, кто или что генерирует эти передвижения. В программном комплексе VISUM есть возможность создания передвижений не только населением, но, и таким параметром, как площадь торговых помещений. В результате, у каждого транспортного района появляется информация о количестве отправлений и прибытий из каждого района.

1.3.2 Модель формирования матриц межрайонных корреспонденций

Данная модель занимается формированием межрайонных корреспонденций, т.е. рассчитываются элементы матриц корреспонденций. В основе VISUM лежит гравитационная модель. В рамках каждой модели используется функция тяготения. В VISUM при моделировании Заневского городского поселения в качестве функции тяготения используется функция Combined f(U)=aU^be^(cU).

Для расчета межрайонных корреспонденций используются объемы отправлений и прибытий по каждому транспортному району, матрицы затрат времени и оценочные функции.

1.3.3 Модель расщепления по способам передвижений

В модели, используемой в программном комплексе VISUM, процесс разделения является итеративным, в зависимости от выгодности передвижения на том или ином виде транспорта.

1.3.4 Модель распределения корреспонденций по транспортной сети

В рамках распределения достигается равновесие между предложением (характеризующимся матрицами затрат) и спросом (это устанавливаемые потоки на сети). На выбор пути следования в моделях влияет ряд факторов, сводящихся к затратам времени на передвижение по тому или иному пути следования. Базовые затраты времени на каждом участке транспортной сети определяются исходя из многих факторов, в том числе длины участка и заданной максимальной скорости движения, ширины проезжей части, наличия пешеходных переходов, типов пересечений и примыканий, а также других ограничивающих факторов. В программном комплексе VISUM важным параметром является количество полос движения, что в свою очередь влияет на пропускную способность участка сети (отрезка).

1.4 Калибровка параметров модели

Калибровка выполняется для современного состояния транспортной сети и заключается в последовательном изменении ряда параметров и сравнении полученных потоков с результатами натурных наблюдений.

При выполнении проектов в PTV VISUM калибруются следующие параметры:

- параметры функции тяготения. Если в качестве функции тяготения была выбрана функция Combined $f(U) = aU^b * e^{(cU)}$, то a,b,c – параметры, которые калибруются. Данные параметры изменяются для калибровки дальности пути;

- параметры оценочной функции для выбора режима для калибровки расщепления между индивидуальным и общественным транспортом;

- время и скорость на примыканиях, для индивидуального и общественного транспорта для калибровки общих показателей;

- соотношение количества передвижений, совершенных в среднемаксимальный утренний час к суточным потокам;

- соотношение слоев спроса внутри среднемаксимального утреннего и вечернего часа.

Обычно в ходе калибровки ни в одной из моделей не удается достичь полной сходимости модельных и натурных потоков. Необходимо помнить, что различия могут быть вызваны не только «огрублением» реальной ситуации в модели, но и недостаточно точным отражением корреспонденций в материалах натурного обследования. Важно зафиксировать эти различия и использовать их при формировании коэффициента надежности вычислений.

1.5 Методика разработки транспортной модели

Моделирование транспортных потоков состоит из двух основополагающих моделей – модели транспортного предложения и модели транспортного спроса.

Рисунок 1.5.1 - Структура транспортной модели

Модель транспортного предложения – это транспортная сеть, состоящая из узлов (перекрестков, развязок и т.д.) и соединяющих их ребер (улиц, дорог и т.д.), предоставляющая возможность перемещения для участников транспортного движения и описывающая затраты на эти перемещения. Модель транспортного предложения также включает информацию об остановках и маршрутах общественного транспорта.

Модель спроса на транспорт описывает перемещения качественно и количественно и учитывает причины возникновения и выбор цели транспортного потока, выбор транспортного средства и выбор пути.

Базовым понятием и целью построения транспортной модели является определение интенсивности транспортных и пассажирских потоков на улично-дорожной сети. Модель позволяет формировать обоснованные прогнозы изменения транспортных ситуаций с учетом различных факторов, зависящих от социально-экономического развития региона или изменений в его транспортной инфраструктуре.

Алгоритм транспортной модели, описывающий основные взаимосвязи процессов при ее создании и использовании, представлен на рисунке ниже.

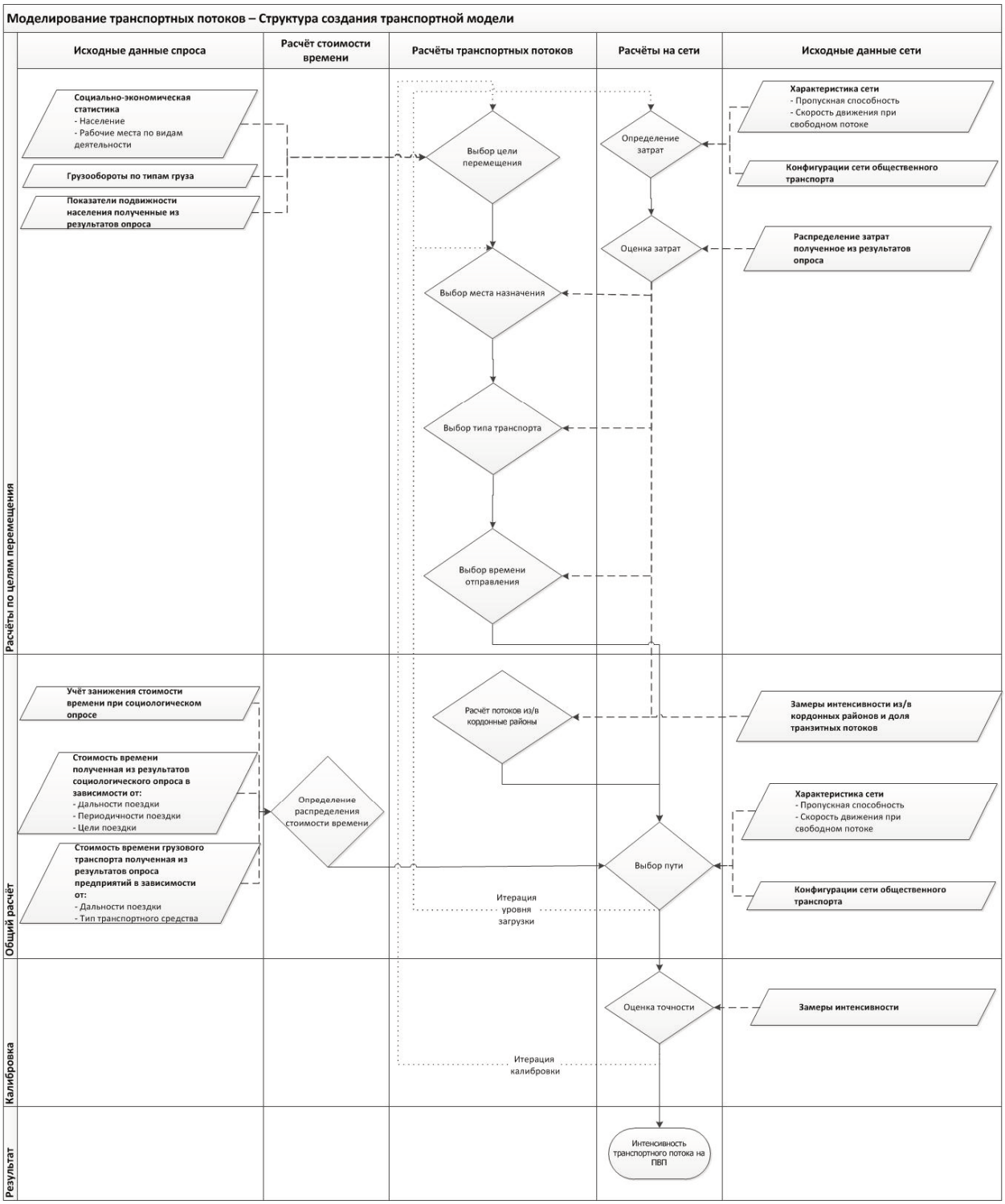


Рисунок 1.5.2 - Алгоритм разработки транспортной модели

Для построения транспортной модели территорий проектирования были использованы следующие исходные данные:

- транспортное районирование территории;
- данные графа транспортной сети;
- данные социально-экономической статистики;
- данные фактической интенсивности движения.

2. Транспортное районирование территории Заневского городского поселения на базе социально-экономической статистики

Транспортные районы – элементарные единицы пространственной структуры области планирования. Оптимальным является районирование по функциональному признаку (например, на основе функционального зонирования согласно Генеральному плану развития города) с учетом особенностей рельефа и наличия естественных и искусственных преград. В случае невозможности получения в разумные сроки статистической информации при районировании по функциональному признаку, допустимым является районирование на основе административно-территориального деления.

Транспортные районы выполняют в модели две основных функции:

- отражают структуру распределения функционально-пространственного потенциала области моделирования;

- формируют основу агрегированного описания состояния транспортной системы области моделирования.

При районировании в транспортной модели наиболее важным является расположение центров притяжения районов и примыканий (линий связи с УДС), геометрические границы второстепенны и служат для удобства восприятия.

Выполнено условное разделение исследуемого объекта на 86 внутренних транспортных районов и 9 кордонных (внешние районы, генерирующие и поглощающие транзитные транспортные потоки относительно рассматриваемой зоны моделирования). Критерием для обозначения границ транспортных районов является наличие искусственных и естественных преград, таких как реки, овраги, парки и полосы зеленых насаждений. Жилые районы разделены по принципу принадлежности к крупным кварталам и жилым массивам, имеющим несколько общих въездов/выездов. Промышленные зоны и территории предприятий были сгруппированы по наличию общих въездов/выездов, парковок и мест доступа.

На рисунке 2.1 представлено транспортное районирование Заневского городского поселения.

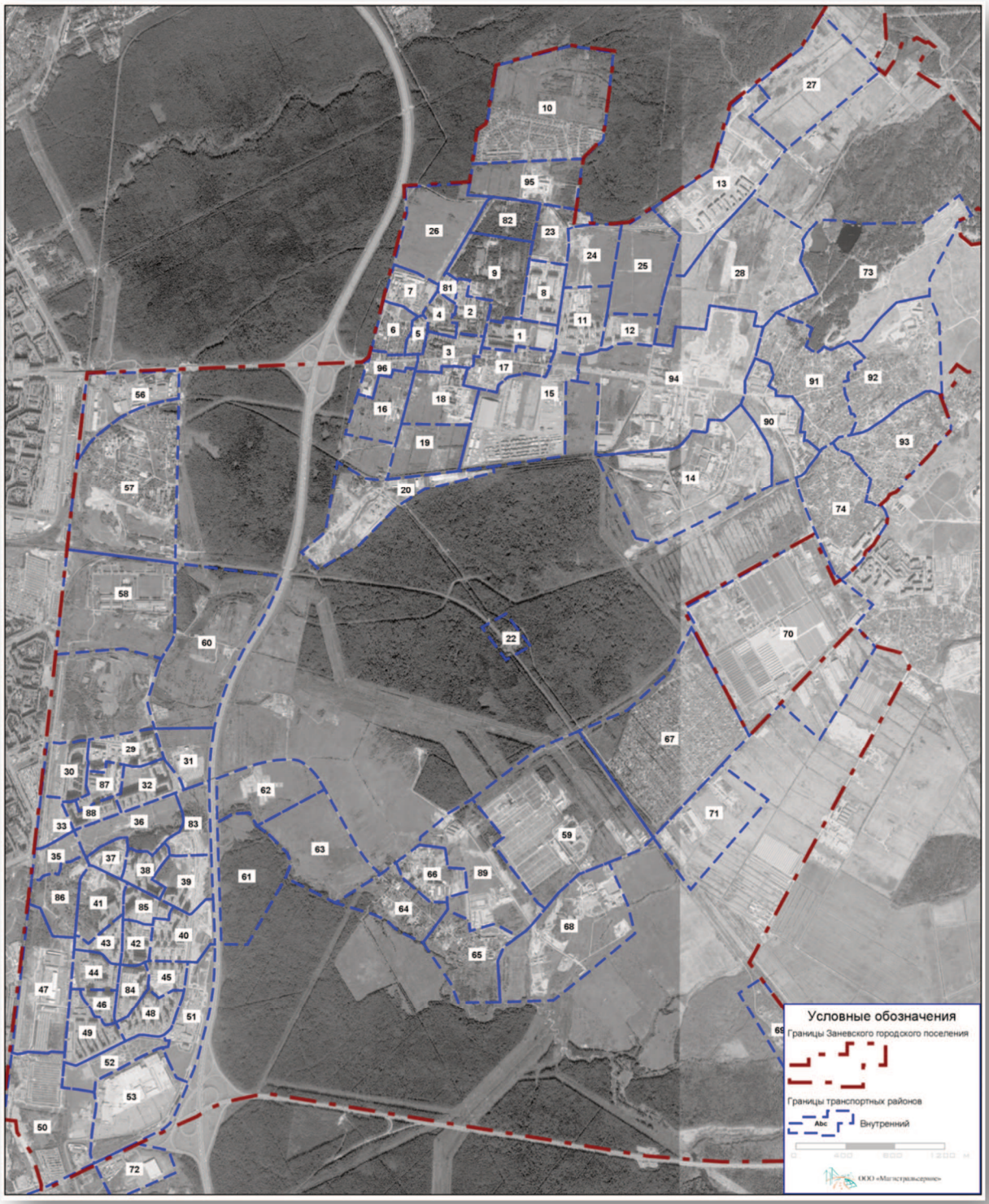


Рисунок 2.1 – Транспортное районирование Заневского городского поселения

Расположение кордонных транспортных районов было определено исходя из наличия наиболее высокоинтенсивных вылетных автомобильных дорог относительно рассматриваемой зоны моделирования.

Схема размещения кордонных районов представлена на рисунке 2.2

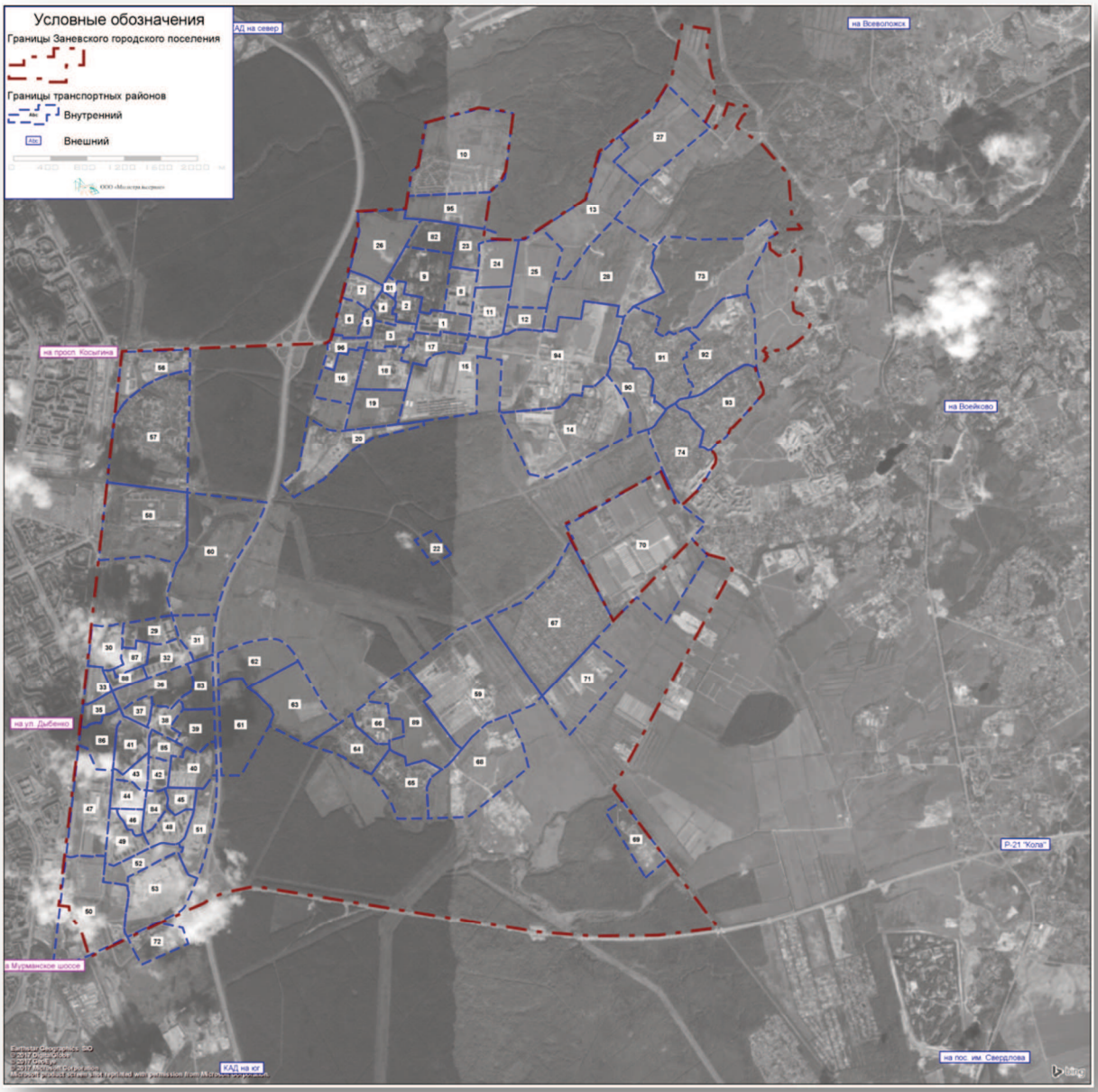


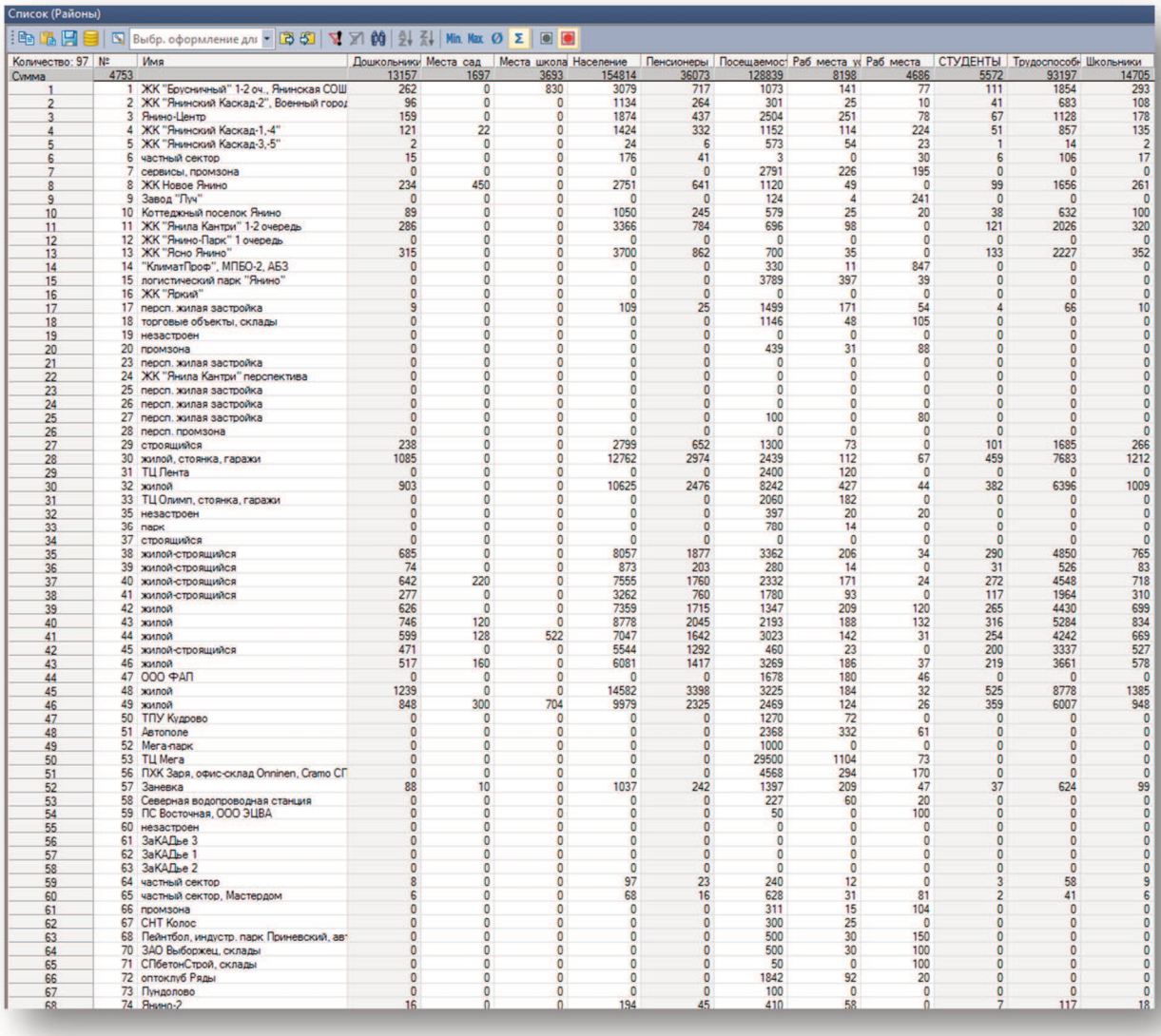
Рисунок 2.2 – Схема размещения кордонных районов

На основании исходных данных, предоставленных Заказчиком, и собранных материалов из открытых источников, выполнено распределение социально-экономических данных по транспортным районам:

- численность постоянного населения;
- численность населения в трудоспособном возрасте;
- численность несовершеннолетних;
- численность учебных мест в дошкольных, школьных, средних, средне-специальных и высших учебных заведениях;
- численность рабочих мест на предприятиях всех видов и форм собственности.

Полученные данные были проанализированы, введены в модель и откалиброваны при первичной калибровке модели. Эти показатели необходимы для расчета объемов создания транспортного движения и формирования матриц корреспонденций.

Для ввода данных в транспортную модель созданы пользовательские атрибуты "Население", "Трудоспособный", "Пенсионеры", "Рабочие места в производственной сфере", "Рабочие места в непроизводственной сфере", "Школьники", "Учебные места", "Студенты", "Университеты", "Посещаемость", и т. д., в которые были занесены статистические данные (рисунок 2.3).


Список (Районы)

Выбр. оформление для

Количество: 97	№	Имя	Дошкольники	Места_сад	Места_школа	Население	Пенсионеры	Посещаемост	Раб_места_у	Раб_места	СТУДЕНТЫ	Трудоспособн	Школьники
Сумма	4753		13157	1697	3693	154814	36073	128839	8198	4686	5572	93197	14705
1	1	ЖК "Бусиничный" 1-2 оч., Янинская СОШ	262	0	830	3079	717	1073	141	77	111	1854	293
2	2	ЖК "Янинский Каскад-2", Военный город	96	0	0	1134	264	301	25	10	41	683	108
3	3	Янино-Центр	159	0	0	1874	437	2504	251	78	67	1128	178
4	4	ЖК "Янинский Каскад-1,-4"	121	22	0	1424	332	1152	114	224	51	857	135
5	5	ЖК "Янинский Каскад-3,-5"	2	0	0	24	6	573	54	23	1	14	2
6	6	частный сектор	15	0	0	176	41	3	0	30	6	106	17
7	7	сервисы, промзона	0	0	0	0	0	2791	226	195	0	0	0
8	8	ЖК Новое Янино	234	450	0	2751	641	1120	49	0	99	1656	261
9	9	Завод "Луч"	0	0	0	0	0	124	4	241	0	0	0
10	10	Коттеджный поселок Янино	89	0	0	1050	245	579	25	20	38	632	100
11	11	ЖК "Янила Кантри" 1-2 очередь	286	0	0	3366	784	696	98	0	121	2026	320
12	12	ЖК "Янино-Парк" 1 очередь	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	13	ЖК "Ясно Янино"	315	0	0	3700	862	700	35	0	133	2227	352
14	14	"КлиматПроф", МПБО-2, АБЗ	0	0	0	0	0	330	11	847	0	0	0
15	15	логистический парк "Янино"	0	0	0	0	0	3789	397	39	0	0	0
16	16	ЖК "Яркий"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	17	персп. жилая застройка	9	0	0	109	25	1499	171	54	4	66	10
18	18	торговые объекты, склады	0	0	0	0	0	1146	48	105	0	0	0
19	19	незастроен	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	20	промзона	0	0	0	0	0	439	31	88	0	0	0
21	23	персп. жилая застройка	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	24	ЖК "Янила Кантри" перспектива	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	25	персп. жилая застройка	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	26	персп. жилая застройка	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	27	персп. жилая застройка	0	0	0	0	0	100	0	80	0	0	0
26	28	персп. промзона	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	29	строящийся	238	0	0	2799	652	1300	73	0	101	1685	266
28	30	жилой, стоянка, гаражи	1085	0	0	12762	2974	2439	112	67	459	7683	1212
29	31	ТЦ Лента	0	0	0	0	0	2400	120	0	0	0	0
30	32	жилой	903	0	0	10625	2476	8242	427	44	382	6396	1009
31	33	ТЦ Олимп, стоянка, гаражи	0	0	0	0	0	2060	182	0	0	0	0
32	35	незастроен	0	0	0	0	0	397	20	20	0	0	0
33	36	парк	0	0	0	0	0	780	14	0	0	0	0
34	37	строящийся	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	38	жилой-строящийся	685	0	0	8057	1877	3362	206	34	290	4850	765
36	39	жилой-строящийся	74	0	0	873	203	280	14	0	31	526	83
37	40	жилой-строящийся	642	220	0	7555	1760	2332	171	24	272	4548	718
38	41	жилой-строящийся	277	0	0	3262	760	1780	93	0	117	1964	310
39	42	жилой	626	0	0	7359	1715	1347	209	120	265	4430	699
40	43	жилой	746	120	0	8778	2045	2193	188	132	316	5284	834
41	44	жилой	599	128	522	7047	1642	3023	142	31	254	4242	669
42	45	жилой-строящийся	471	0	0	5544	1292	460	23	0	200	3337	527
43	46	жилой	517	160	0	6081	1417	3269	186	37	219	3661	578
44	47	ООО ФАП	0	0	0	0	0	1678	180	46	0	0	0
45	48	жилой	1239	0	0	14582	3398	3225	184	32	525	8778	1385
46	49	жилой	848	300	704	9979	2325	2469	124	26	359	6007	948
47	50	ТПУ Кудрово	0	0	0	0	0	1270	72	0	0	0	0
48	51	Автополе	0	0	0	0	0	2368	332	61	0	0	0
49	52	Мега-парк	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0
50	53	ТЦ Мега	0	0	0	0	0	29500	1104	73	0	0	0
51	56	ПХК Заря, офис-склад Onninen, Cramo СП	0	0	0	0	0	4568	294	170	0	0	0
52	57	Заневка	88	10	0	1037	242	1397	209	47	37	624	99
53	58	Северная водопроводная станция	0	0	0	0	0	227	60	20	0	0	0
54	59	ПС Восточная, ООО ЭЦВА	0	0	0	0	0	50	0	100	0	0	0
55	60	незастроен	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	61	ЗаКАДье 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	62	ЗаКАДье 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
58	63	ЗаКАДье 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
59	64	частный сектор	8	0	0	97	23	240	12	0	3	58	9
60	65	частный сектор, Мастердом	6	0	0	68	16	628	31	81	2	41	6
61	66	промзона	0	0	0	0	0	311	15	104	0	0	0
62	67	СНТ Колос	0	0	0	0	0	300	25	0	0	0	0
63	68	Пейнтбол, индустр. парк Приневский, ав	0	0	0	0	0	500	30	150	0	0	0
64	70	ЗАО Выборжец, склады	0	0	0	0	0	500	30	100	0	0	0
65	71	СПбетонСтрой, склады	0	0	0	0	0	50	0	100	0	0	0
66	72	оптоклуб Ряды	0	0	0	0	0	1842	92	20	0	0	0
67	73	Пундолово	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
68	74	Янино-2	16	0	0	194	45	410	58	0	7	117	18

Рисунок 2.3 – Распределение социально-экономических показателей Заневского городского поселения по транспортным районам

Таблица 2.1. Перечень атрибутов района

Значение	**Поле в Visum**
Номер транспортного района	ZONE:NO
Название транспортного района	NAME

Значение	**Поле в Visum**
Вид района	Вид района
Общая численность населения по состоянию на октябрь 2018 г.	НАСЕЛЕНИЕ
Численность трудоспособного населения на 2018 г.	ТРУДОСПОСОБНЫЙ
Численность населения старше трудоспособного возраста на 2018 г.	ПЕНСИОНЕРЫ
Численность населения в возрасте 7-16 лет на 2018 г. (школьники)	ШКОЛЬНИКИ
Численность населения в возрасте 1-6 лет на 2018 г. (воспитанники детских садов)	ДОШКОЛЬНИКИ
Количество рабочих мест на производственных предприятиях на 2018 г.	РАБ_МЕСТА_ПРОИЗВ
Количество рабочих мест в непроизводственной сфере на 2018 г.	РАБ_МЕСТА_НЕПРОИЗВ
Количество воспитанников в детских садах на 2018 г.	МЕСТА_САД
Количество учащихся в школах на 2018 г.	МЕСТА_ШКОЛА
Посещаемость мест массового пребывания людей (ТЦ, поликлиники, музеи и т. д.) на 2018 г.	ПОСЕЩАЕМОСТЬ

На рисунке 2.4 показана схема транспортных районов с отображением показателей в виде диаграмм.

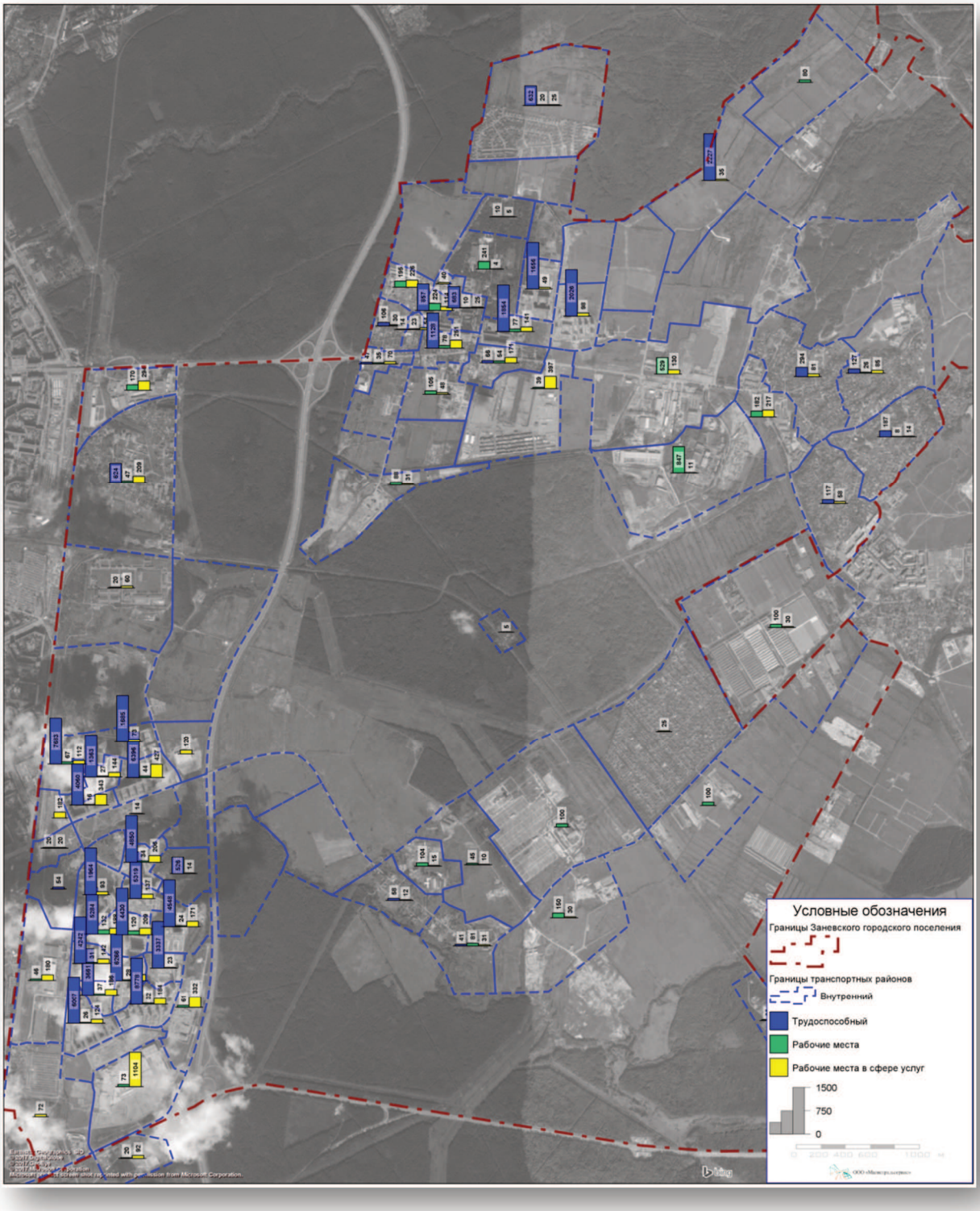


Рисунок 2.4 – Схема транспортных районов Заневского городского поселения с отображением социально-экономических показателей в виде диаграмм

3. Создание модели: ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов, маршрутной сети, остановок и интервалов движения городского пассажирского транспорта

3.1 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов

Улично-дорожная сеть Заневского городского поселения, сформированная на основе картографических данных с привязкой к местности, данных спутниковой аэрофотосъемки Яндекс, Google, Bing показана в приложении 2.1.1.

Фрагмент транспортной модели дорожной сети Заневского городского поселения в программном продукте PTV Vision® VISUM показан на рисунке 3.1.1.

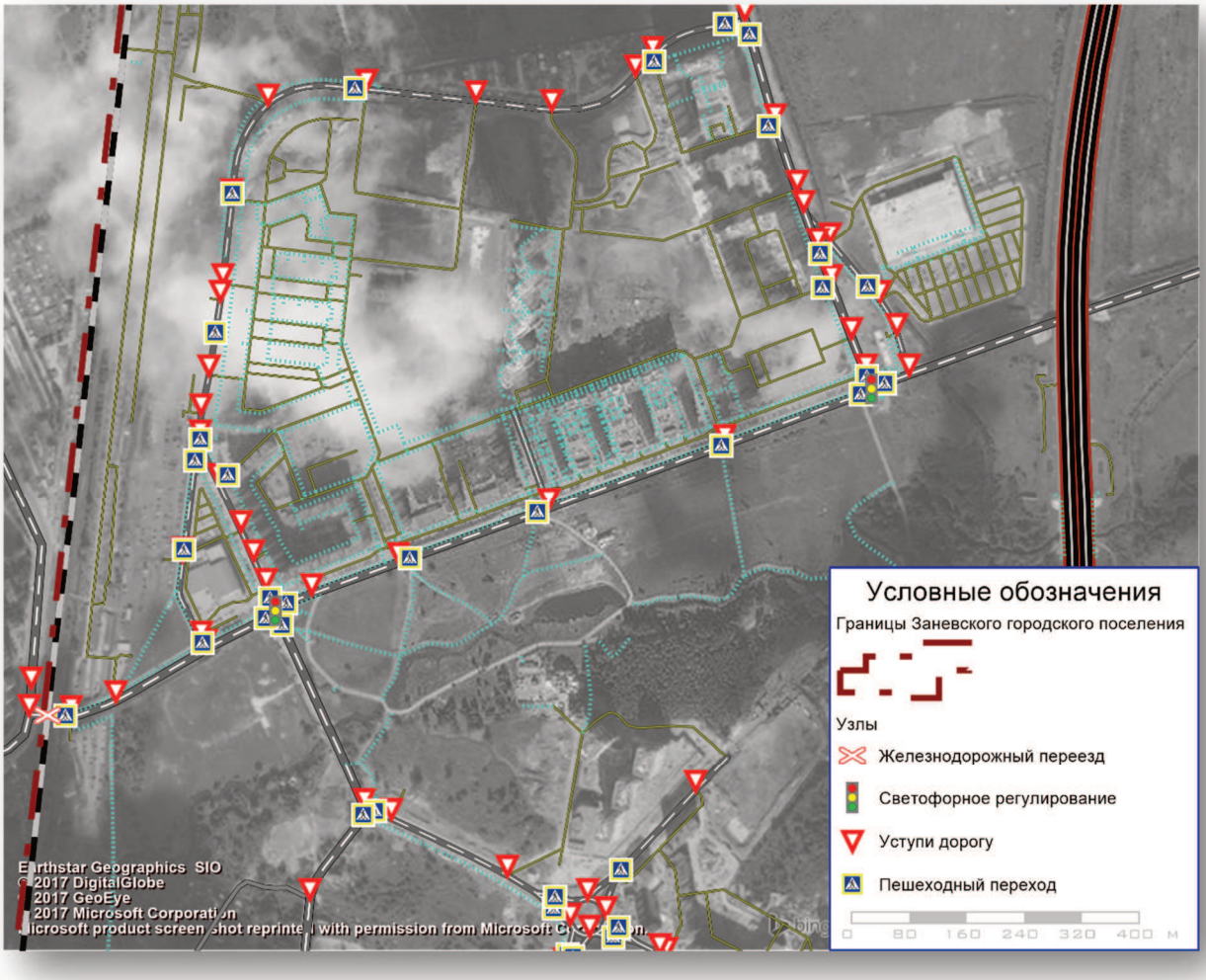


Рисунок 3.1.1 – Фрагмент транспортной модели дорожной сети Заневского городского поселения (мкр. Новый Оккервиль в г. Кудрово) в программном продукте PTV Vision® VISUM

С целью приведения данных к необходимому формату для импорта была проведена дополнительная обработка: слияние несвязанных участков УДС, детализация

неразделенных участков, уточнено число полос и существующая организация движения. Для этих целей был проведен дополнительный анализ с использованием ортофотоплана территории (рисунок 3.1.2), результатов обследования геометрических параметров УДС (рисунок 3.1.3), и панорамных съемок улиц с сервисов Google и Яндекс (рисунок 3.1.4), позволяющих определить существующие параметры УДС объекта моделирования.

Рисунок 3.1.2 – Фрагмент ортофотоплана Заневского городского поселения

Рисунок 3.1.3 – Обследование геометрических параметров УДС на территории Заневского городского поселения

Рисунок 3.1.4 – Панорамная съемка Google в Заневском городском поселении

В программном комплексе PTV Vision® VISUM классификация участков УДС выполняется при помощи Типов отрезков (рисунок 3.1.5), содержащих набор стандартных параметров, присваиваемых "по умолчанию" каждому направленному отрезку:

- номер и сокращенное наименование для удобства присвоения отрезкам при построении;

- ранг;

- количество полос движения;

- максимальная разрешенная скорость (скорость движения в ненагруженной сети);

- разрешенные системы транспорта для движения;

- максимально допустимая скорость движения для каждой системы транспорта.

Список (Типы отрезков)

Выбр. оформление для | Min Max Ø Σ

Links: Standard values... | Adjust link types... | Group by global type | Завершить группировку

Количество: 10	Ср(НадТип)	Групп(Имя)	Сравн(Ранг)	Групп(НаборСистТ	Ср(КолПолос)	Ср(v0ИТ)	Ср(vСтандарт-ОТСис(B))	Ср(vМакс-СисТрИТ(Vel))	Ср(vСтандарт-ОТСис(W))
1	8		*	...	1	0km/h	50km/h	16km/h	4km/h
2	4	а/д местного значения	3	B,C,Vel,W	1	50km/h	50km/h	16km/h	4km/h
3	5	а/д регионального значения	2	B,C,T,Vel,W	1	70km/h	54km/h	16km/h	4km/h
4	6	а/д федерального значения	1	B,C,T	2	90km/h	63km/h	16km/h	4km/h
5	1	жилые зоны	6	C,Vel,W	1	20km/h	27km/h	16km/h	4km/h
6	9	линии метро	1	Mt	1	50km/h	50km/h	16km/h	4km/h
7	0	проезды	7	C,Vel,W	1	15km/h	18km/h	16km/h	4km/h
8	9	тротуары и велодорожки	1	Vel,W	1	10km/h	50km/h	16km/h	4km/h
9	2	улицы местного значения	5	B,C,Vel,W	1	40km/h	36km/h	16km/h	4km/h
10	3	улицы районного значения	4	B,C,T,Vel,W	1	60km/h	45km/h	16km/h	4km/h

Рисунок 3.1.5 – Типы отрезков в PTV Vision® VISUM

Оцифровка сети осуществлялась на следующих объектах УДС:

отрезок – объект модели транспортного предложения, являющийся модельным образом элементарного участка дороги. Каждый отрезок характеризуется рядом геометрических параметров (длина, количество полос для движения ТС, кривизна и др.) и динамических параметров (максимальная разрешенная скорость, пропускная способность), а также списком систем транспорта, для движения которых открыт данный участок УДС;

узел – объект модели транспортного предложения, являющийся модельным образом перекрестка, развязки, примыкания дороги. Отрезки в транспортной модели всегда начинаются и заканчиваются в узлах. В узлах учитываются разрешенные и запрещенные повороты для каждого вида транспорта, при наличии светофорного регулирования – длительность разрешенных сигналов, задержка на совершение маневра и др.

Транспортная сеть представлена в виде ориентированного графа со следующими геометрическими и техническими параметрами:

- геометрия дороги (пространственное положение и конфигурация изображения автодороги, максимально приближенные к реальному пространственному положению и параметрам плана дороги);

- расположение перекрестков, пересечений, примыканий в виде точечных объектов;

- конфигурация съездов транспортных развязок;

- длина элементов УДС;

- классификация дорожной сети;

- количество полос движения в каждом направлении;

- расчетная и разрешенная скорости движения по участкам сети с учетом существующих скоростных ограничений;

- пропускная способность каждого направления перегона улицы или дороги;

- запреты движения по элементам УДС;

- разрешенные направления движения на перекрестках, примыканиях, пересечениях;

- ранг автомобильной дороги (привлекательность для пользователя).

После построения отрезков к максимальной практической пропускной способности, присвоенной Типам отрезков в соответствии с п.5.1.13 ОДМ 218.2.020-2012, применяются понижающие коэффициенты, учитывающие конкретные условия движения для каждого участка УДС:

- скоростные ограничения;

- доля грузового транспорта в потоке;

- ширина полос;

- наличие паркирования, количество маневров в час;

- наличие и тип остановок ОТ, количество останавливающихся единиц ОТ в час (для крайней правой полосы);

- отношение к центральным районам населенных пунктов;

- наличие пешеходных переходов;

- наличие искусственных дорожных неровностей.

Затем к полученным значениям применяется коэффициент доли максимального "часа пик", принятый для Заневского городского поселения равным 0,0714 на этапе определения местных коэффициентов неравномерности K_t (коэффициент, зависящий от часа суток) по результатам проведенных исследований интенсивности ТП (рисунок 3.1.6).

Значения коэффициентов неравномерности							
K_r - месяца года		K_n -дни недели		K_t – часы суток по ОДМ		K_t – часы суток для Заневского ГП	
		коэффициент	день недели	коэффициент	час	коэффициент	час
0,064	январь	0,14	понедельник	0,022	0:00–1:00	0,0150	0:00 – 1:00
				0,02	1:00–2:00	0,0137	1:00 – 2:00
0,074	февраль			0,02	2:00–3:00	0,0137	2:00 – 3:00
		0,14	вторник	0,02	3:00–4:00	0,0137	3:00 – 4:00
0,078	март			0,022	4:00–5:00	0,0150	4:00 – 5:00
				0,024	5:00–6:00	0,0164	5:00 – 6:00
0,079	апрель			0,04	6:00–7:00	0,0273	6:00 – 7:00
		0,145	среда	0,06	7:00–8:00	0,0534	7:00 – 8:00
0,085	май			0,055	8:00–9:00	0,0647	8:00 – 9:00
				0,055	9:00–10:00	0,0625	9:00 – 10:00
0,091	июнь			0,05	10:00–11:00	0,0590	10:00 – 11:00
		0,145	четверг	0,05	11:00–12:00	0,0599	11:00 – 12:00
0,091	июль			0,052	12:00–13:00	0,0634	12:00 – 13:00
		0,16	пятница	0,05	13:00–14:00	0,0668	13:00 – 14:00
0,094	август			0,06	14:00–15:00	0,0629	14:00 – 15:00
				0,06	15:00–16:00	0,0643	15:00 – 16:00
0,094	сентябрь			0,065	16:00–17:00	0,0681	16:00 – 17:00
		0,15	суббота	0,065	17:00–18:00	**0,0714**	17:00 – 18:00
0,09	октябрь			0,05	18:00–19:00	0,0685	18:00 – 19:00
				0,05	19:00–20:00	0,0383	19:00 – 20:00
0,084	ноябрь			0,04	20:00–21:00	0,0273	20:00 – 21:00
		0,13	воскресенье	0,03	21:00–22:00	0,0205	21:00 – 22:00
0,076	декабрь			0,03	22:00–23:00	0,0205	22:00 – 23:00
				0,02	23:00–24:00	0,0137	23:00 – 24:00

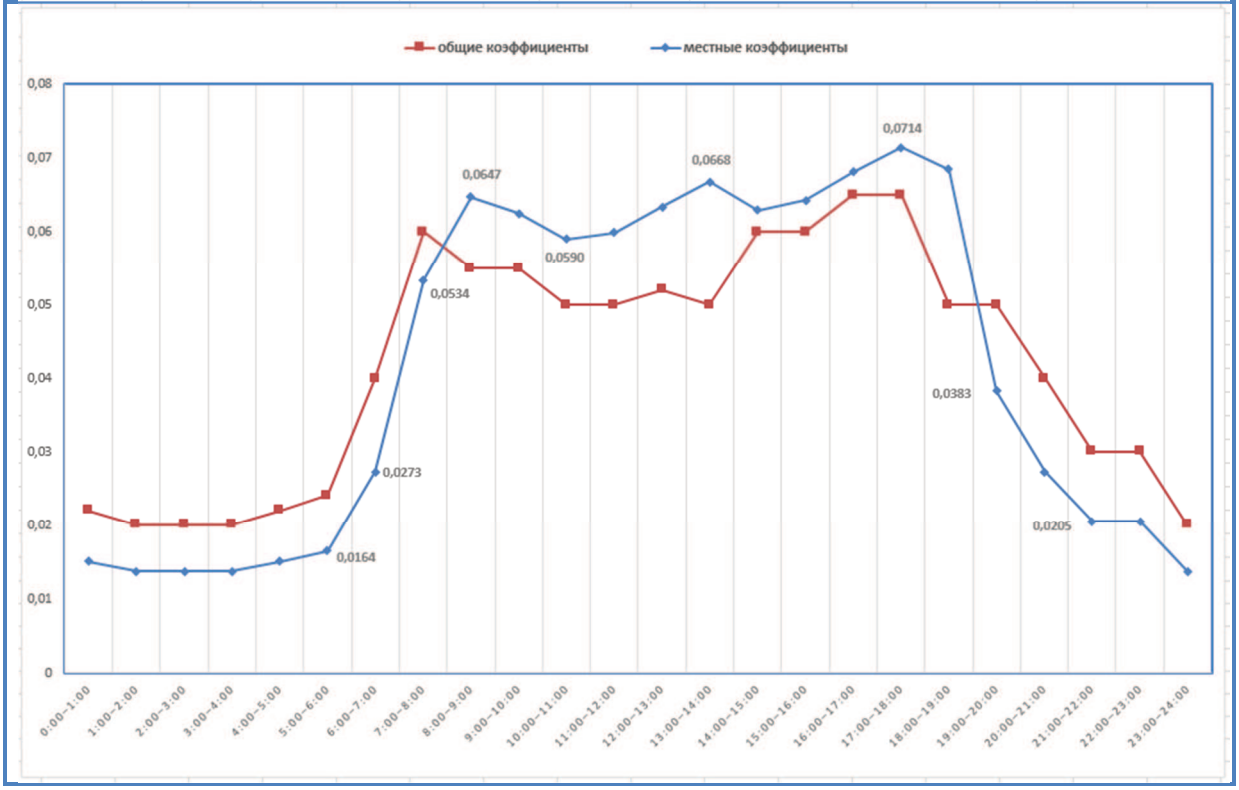
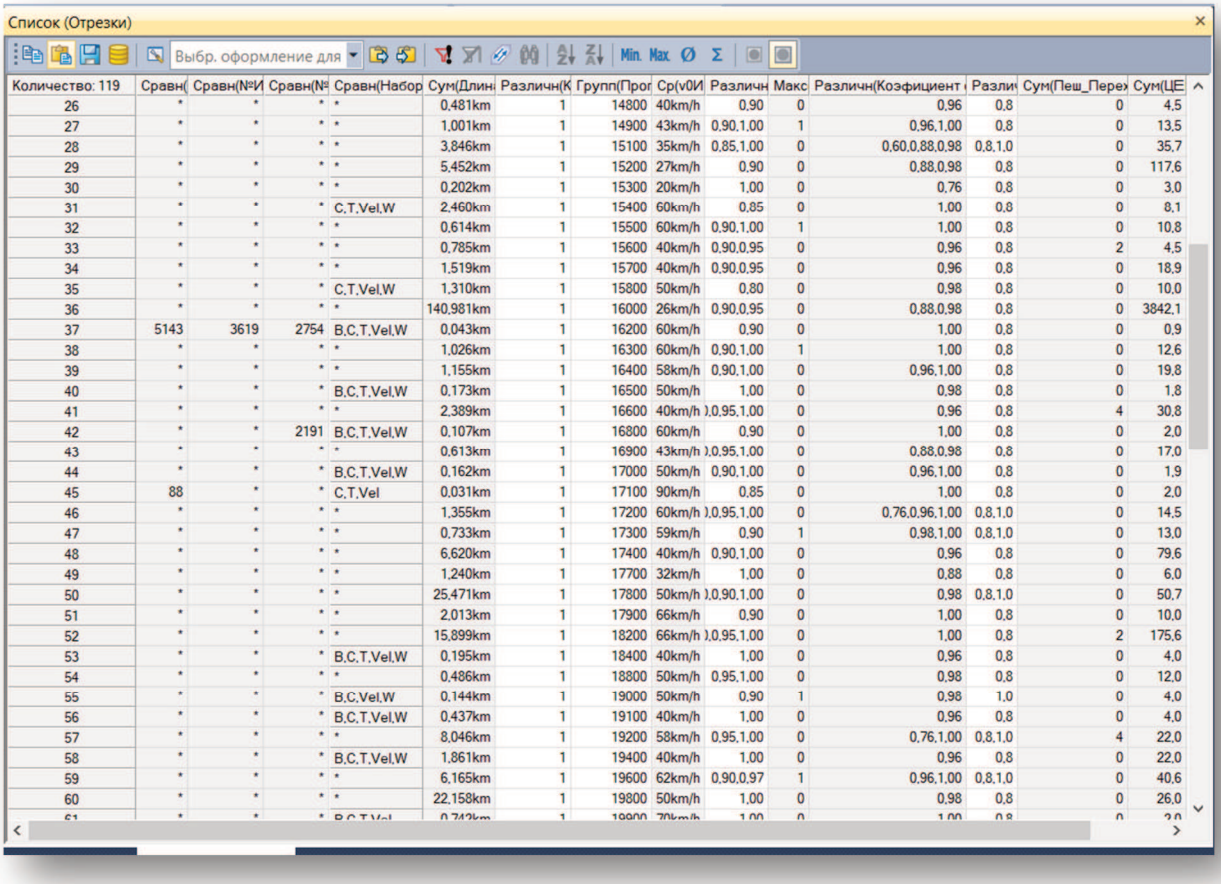


Рисунок 3.1.6 - Расчетные значения местных коэффициентов неравномерности для Заневского городского поселения

Полученные значения практической пропускной способности для конкретных дорожных условий вносятся в атрибуты отрезков (рисунок 3.1.7).



Количество: 119	Сравн(	Сравн(№И	Сравн(№	Сравн(Набор	Сум(Длин	Различн(К	Групп(Прог	Ср(v0И	Различн	Макс	Различн(Коэфициент	Различ	Сум(Пеш_Перех	Сум(ЦЕ
26	*	*	*	*	0,481km	1	14800	40km/h	0,90	0	0,96	0,8	0	4,5
27	*	*	*	*	1,001km	1	14900	43km/h	0,90,1,00	1	0,96,1,00	0,8	0	13,5
28	*	*	*	*	3,846km	1	15100	35km/h	0,85,1,00	0	0,60,0,88,0,98	0,8,1,0	0	35,7
29	*	*	*	*	5,452km	1	15200	27km/h	0,90	0	0,88,0,98	0,8	0	117,6
30	*	*	*	*	0,202km	1	15300	20km/h	1,00	0	0,76	0,8	0	3,0
31	*	*	*	C,T,Vel,W	2,460km	1	15400	60km/h	0,85	0	1,00	0,8	0	8,1
32	*	*	*	*	0,614km	1	15500	60km/h	0,90,1,00	1	1,00	0,8	0	10,8
33	*	*	*	*	0,785km	1	15600	40km/h	0,90,0,95	0	0,96	0,8	2	4,5
34	*	*	*	*	1,519km	1	15700	40km/h	0,90,0,95	0	0,96	0,8	0	18,9
35	*	*	*	C,T,Vel,W	1,310km	1	15800	50km/h	0,80	0	0,98	0,8	0	10,0
36	*	*	*	*	140,981km	1	16000	26km/h	0,90,0,95	0	0,88,0,98	0,8	0	3842,1
37	5143	3619	2754	B,C,T,Vel,W	0,043km	1	16200	60km/h	0,90	0	1,00	0,8	0	0,9
38	*	*	*	*	1,026km	1	16300	60km/h	0,90,1,00	1	1,00	0,8	0	12,6
39	*	*	*	*	1,155km	1	16400	58km/h	0,90,1,00	0	0,96,1,00	0,8	0	19,8
40	*	*	*	B,C,T,Vel,W	0,173km	1	16500	50km/h	1,00	0	0,98	0,8	0	1,8
41	*	*	*	*	2,389km	1	16600	40km/h	),0,95,1,00	0	0,96	0,8	4	30,8
42	*	*	2191	B,C,T,Vel,W	0,107km	1	16800	60km/h	0,90	0	1,00	0,8	0	2,0
43	*	*	*	*	0,613km	1	16900	43km/h	),0,95,1,00	0	0,88,0,98	0,8	0	17,0
44	*	*	*	B,C,T,Vel,W	0,162km	1	17000	50km/h	0,90,1,00	0	0,96,1,00	0,8	0	1,9
45	88	*	*	C,T,Vel	0,031km	1	17100	90km/h	0,85	0	1,00	0,8	0	2,0
46	*	*	*	*	1,355km	1	17200	60km/h	),0,95,1,00	0	0,76,0,96,1,00	0,8,1,0	0	14,5
47	*	*	*	*	0,733km	1	17300	59km/h	0,90	1	0,98,1,00	0,8,1,0	0	13,0
48	*	*	*	*	6,620km	1	17400	40km/h	0,90,1,00	0	0,96	0,8	0	79,6
49	*	*	*	*	1,240km	1	17700	32km/h	1,00	0	0,88	0,8	0	6,0
50	*	*	*	*	25,471km	1	17800	50km/h	),0,90,1,00	0	0,98	0,8,1,0	0	50,7
51	*	*	*	*	2,013km	1	17900	66km/h	0,90	0	1,00	0,8	0	10,0
52	*	*	*	*	15,899km	1	18200	66km/h	),0,95,1,00	0	1,00	0,8	2	175,6
53	*	*	*	B,C,T,Vel,W	0,195km	1	18400	40km/h	1,00	0	0,96	0,8	0	4,0
54	*	*	*	*	0,486km	1	18800	50km/h	0,95,1,00	0	0,98	0,8	0	12,0
55	*	*	*	B,C,Vel,W	0,144km	1	19000	50km/h	0,90	1	0,98	1,0	0	4,0
56	*	*	*	B,C,T,Vel,W	0,437km	1	19100	40km/h	1,00	0	0,96	0,8	0	4,0
57	*	*	*	*	8,046km	1	19200	58km/h	0,95,1,00	0	0,76,1,00	0,8,1,0	4	22,0
58	*	*	*	B,C,T,Vel,W	1,861km	1	19400	40km/h	1,00	0	0,96	0,8	0	22,0
59	*	*	*	*	6,165km	1	19600	62km/h	0,90,0,97	1	0,96,1,00	0,8,1,0	0	40,6
60	*	*	*	*	22,158km	1	19800	50km/h	1,00	0	0,98	0,8	0	26,0

Рисунок 3.1.7 - Значения практической пропускной способности (прив. ед./сут.)

Данный набор параметров дороги достаточно полно описывает все основные составляющие, оказывающие существенное влияние на динамику транспортных потоков, движущихся по автомобильной дороге или улице, накладывает все основные ограничения при распределении потоков по дорожной сети исследуемой территории.

Для каждой транспортной развязки, представляемой узлом в разрабатываемом графе транспортной сети, заданы следующие параметры:

- тип регулирования;

- направление главного потока;

- разрешенные/запрещенные маневры;

- пропускная способность в каждом направлении с учетом количества полос движения;

- допустимые виды транспорта.

Ниже на рисунках представлены фрагменты транспортной сети в модели с учетом данных по организации дорожного движения.

На рисунке 3.1.8 представлены атрибуты отрезка.

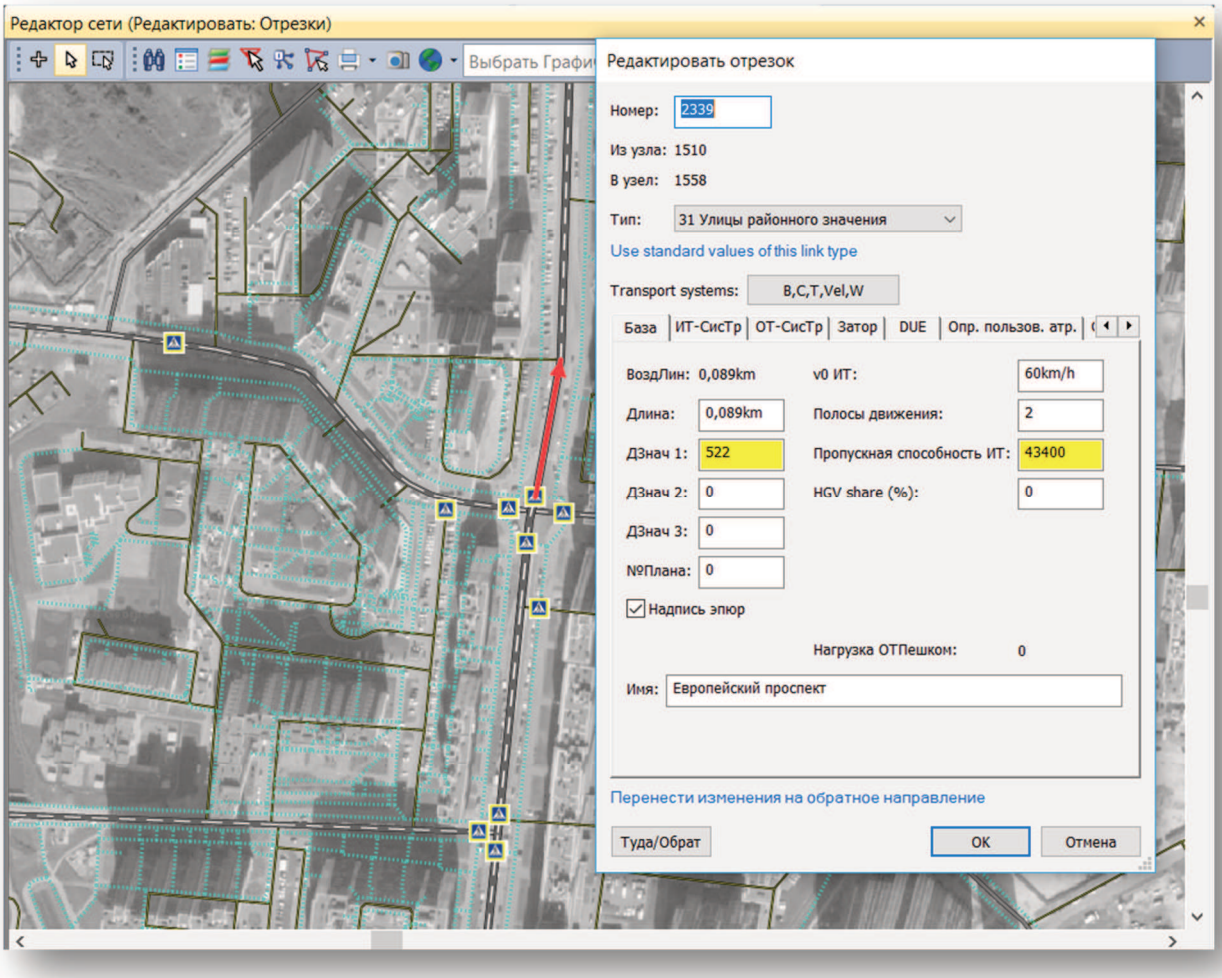
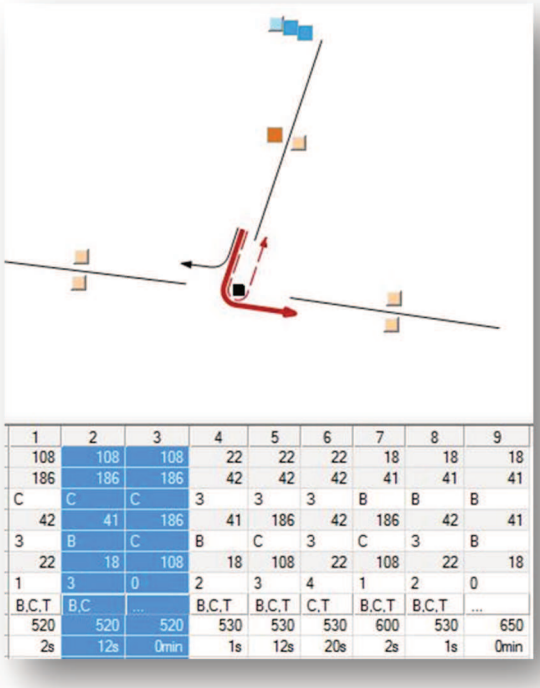


Рисунок 3.1.8 – Атрибуты отрезка

На рисунке 3.1.9 показаны основные характеристики узла. В данном случае маневр, выделенный красным цветом, разрешен для определенных видов транспорта, а маневр, выделенный пунктиром – запрещен для всех видов транспорта.



1	2	3	4	5	6	7	8	9
108	108	108	22	22	22	18	18	18
186	186	186	42	42	42	41	41	41
C	C	C	3	3	3	B	B	B
42	41	186	41	186	42	186	42	41
3	B	C	B	C	3	C	3	B
22	18	108	18	108	22	108	22	18
1	3	0	2	3	4	1	2	0
B,C,T	B,C	...	B,C,T	B,C,T	C,T	B,C,T	B,C,T	...
520	520	520	530	530	530	600	530	650
2s	12s	0min	1s	12s	20s	2s	1s	0min

Рисунок 3.1.7 – Атрибуты узла

Пропускная способность каждого поворота принимается в зависимости от минимальной пропускной способности входящего либо исходящего отрезка и номинальной задержки на узле, зависящей от типа регулирования, типа поворота, иерархии потока с учетом правил приоритета, а также уровня загрузки участка дороги, на который совершается маневр.

Регулирование на узле подразделяется на следующие типы:

- помеха справа;
- уступите дорогу;
- движение без остановки запрещено;
- светофорное регулирование;
- железнодорожный переезд;
- пешеходный переход.

Типы поворотов делятся на правый поворот, проезд прямо, левый поворот, и разворот.

Базовая задержка определяется посредством "стандартов поворота" (рисунок 3.1.10).

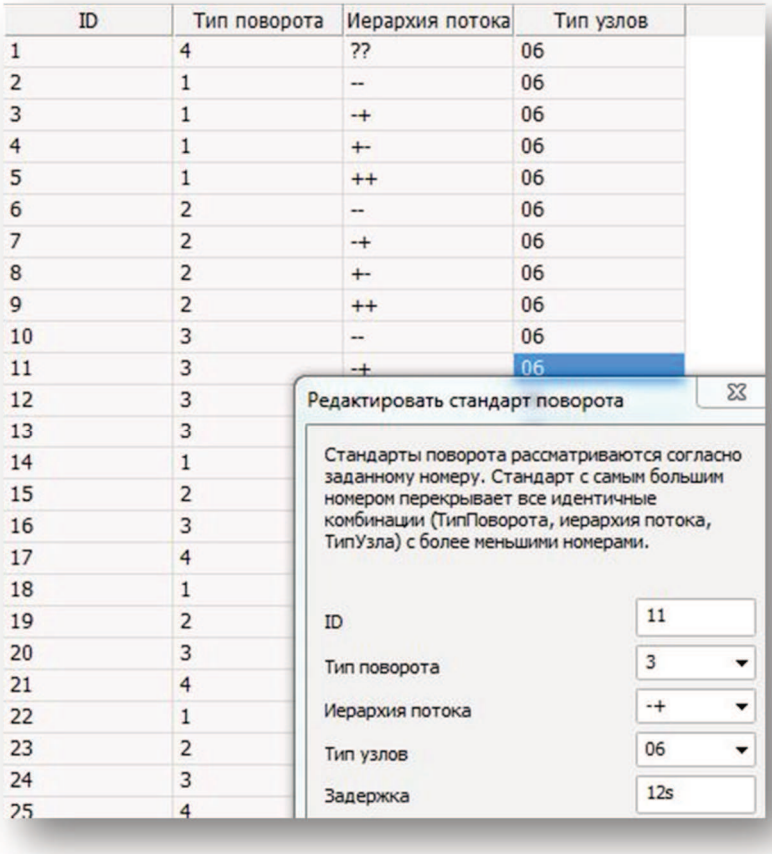


Рисунок 3.1.10 - Стандарты поворота

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

В качестве основы графа для ввода маршрутной сети в модель выступала дорожная сеть Заневского городского поселения, сформированная на этапе ввода параметров УДС.

Методика внесения в модель остановочных пунктов предполагает следующую иерархию: остановка – зона остановки – пункт остановки. Каждый из элементов данной иерархии является отдельным объектом сети. Остановка – наибольшая единица в этой иерархии, общий пересадочный узел, внутри которого происходит пересадка пассажиров с одного вида транспорта на другой. Зона остановки – это остановочный павильон, внутри которого происходит пересадка между конкретными остановочными пунктами без временных потерь. Пункт остановки – конкретное место высадки/посадки пассажиров. Каждый «Пункт остановки» привязан к определенной «Зоне остановки». Каждая «Зона остановки» привязана к «Остановке».

В качестве примера рассмотрим остановку на пересечении ул. Ленинградской, ул. Областной и ул. Центральной (рисунок 3.2.1).

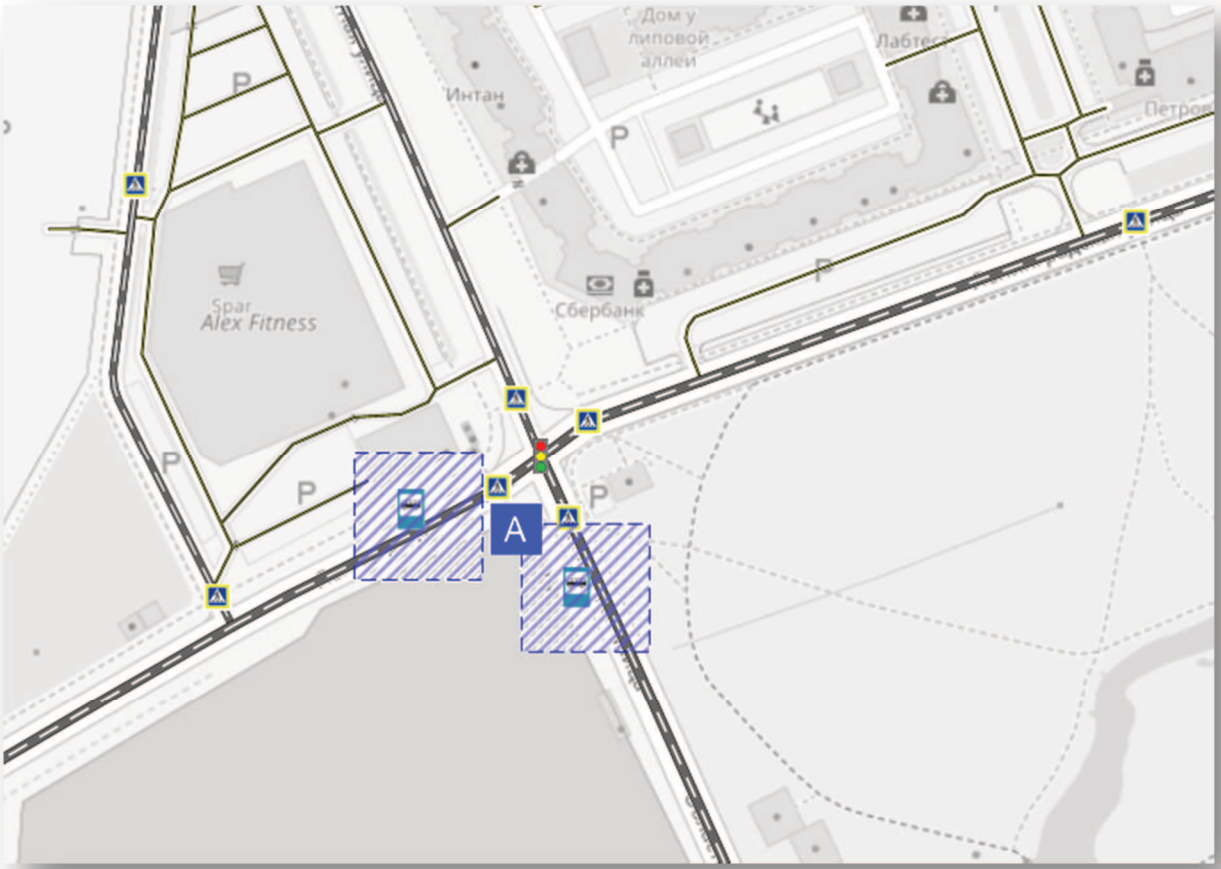


Рисунок 3.2.1 – Структура остановки общественного транспорта в модели

На рисунке видно, что имеется одна остановка, в неё включены две зоны остановки, к которым прикреплены пункты остановки. Таким образом, несмотря на то что, остановка, пункт остановки и зоны остановки являются отдельными объектами сети, между ними имеется иерархическая связь. Такой метод внесения в модель остановок общественного транспорта позволяет обеспечить возможность пересадки между различными маршрутами, различными видами транспорта, а также задавать время, затрачиваемое пешеходами на пересадку. На рисунке 3.2.2 представлены остановочные пункты общественного транспорта в модели Заневского городского поселения.

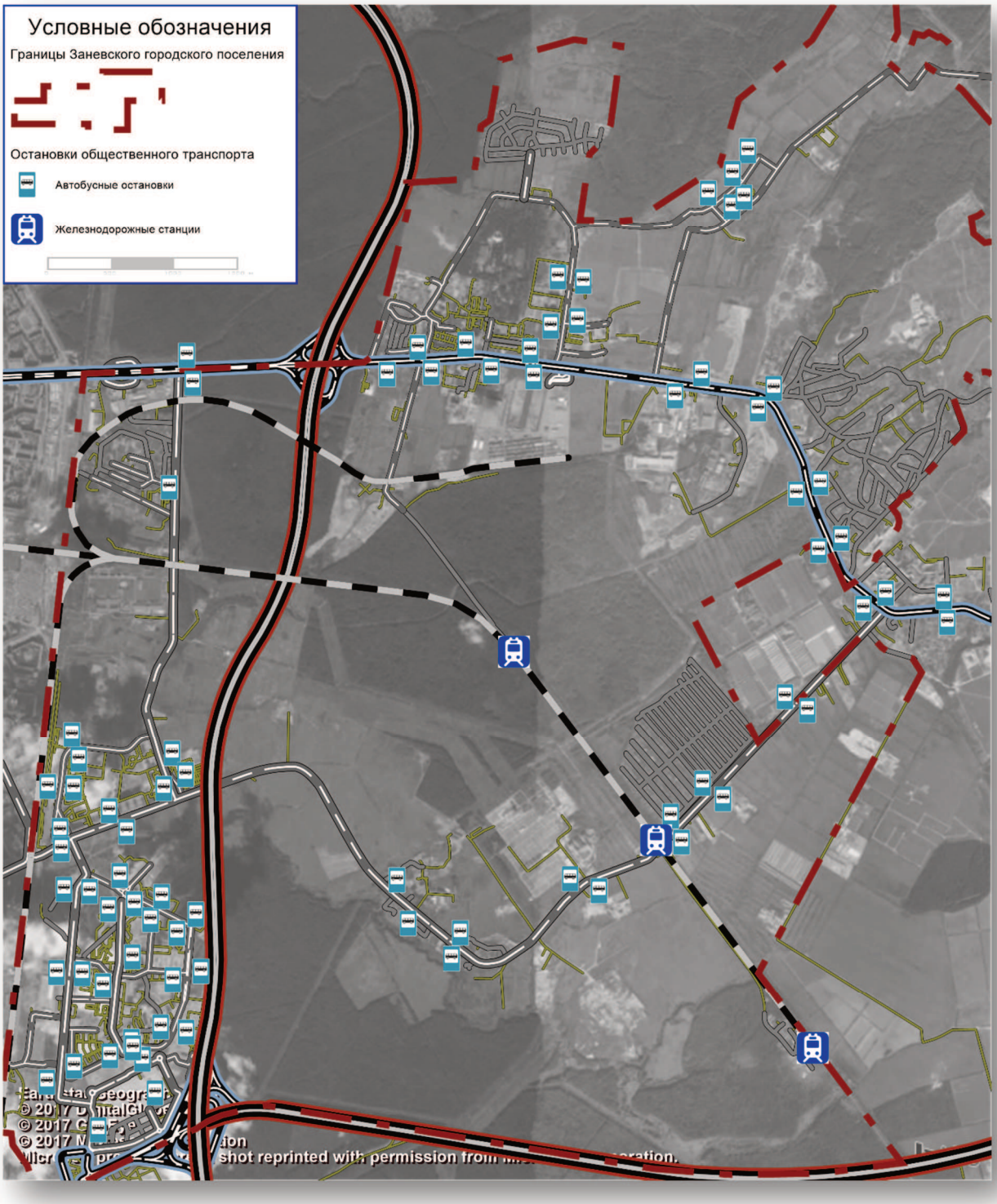


Рисунок 3.2.2 – Остановочные пункты общественного транспорта в модели

Для каждого остановочного пункта указывается стандартное время остановки пассажирского транспорта (рисунок 3.2.3).

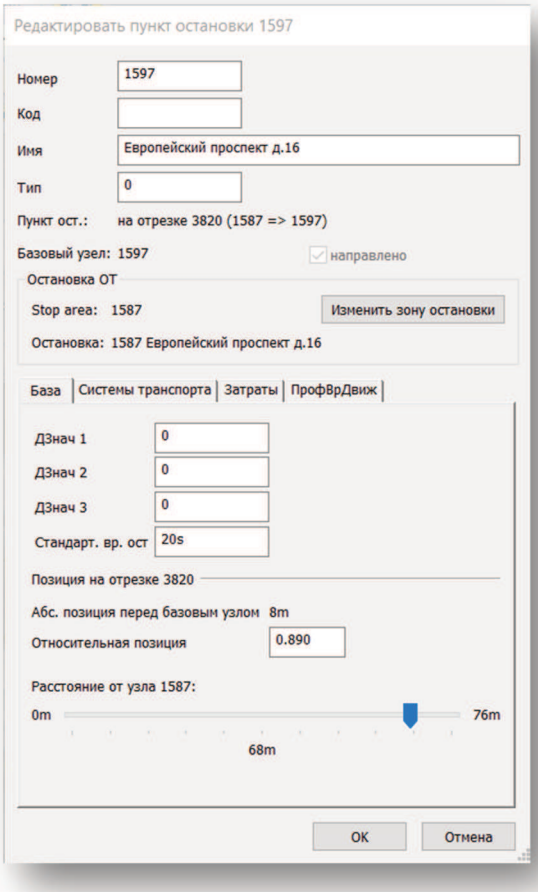


Рисунок 3.2.3 - Параметры остановочного пункта

Зоны нормативной пешеходной доступности остановок общественного транспорта на территории Заневского городского поселения радиусом 250м представлены на рисунке 3.2.4.

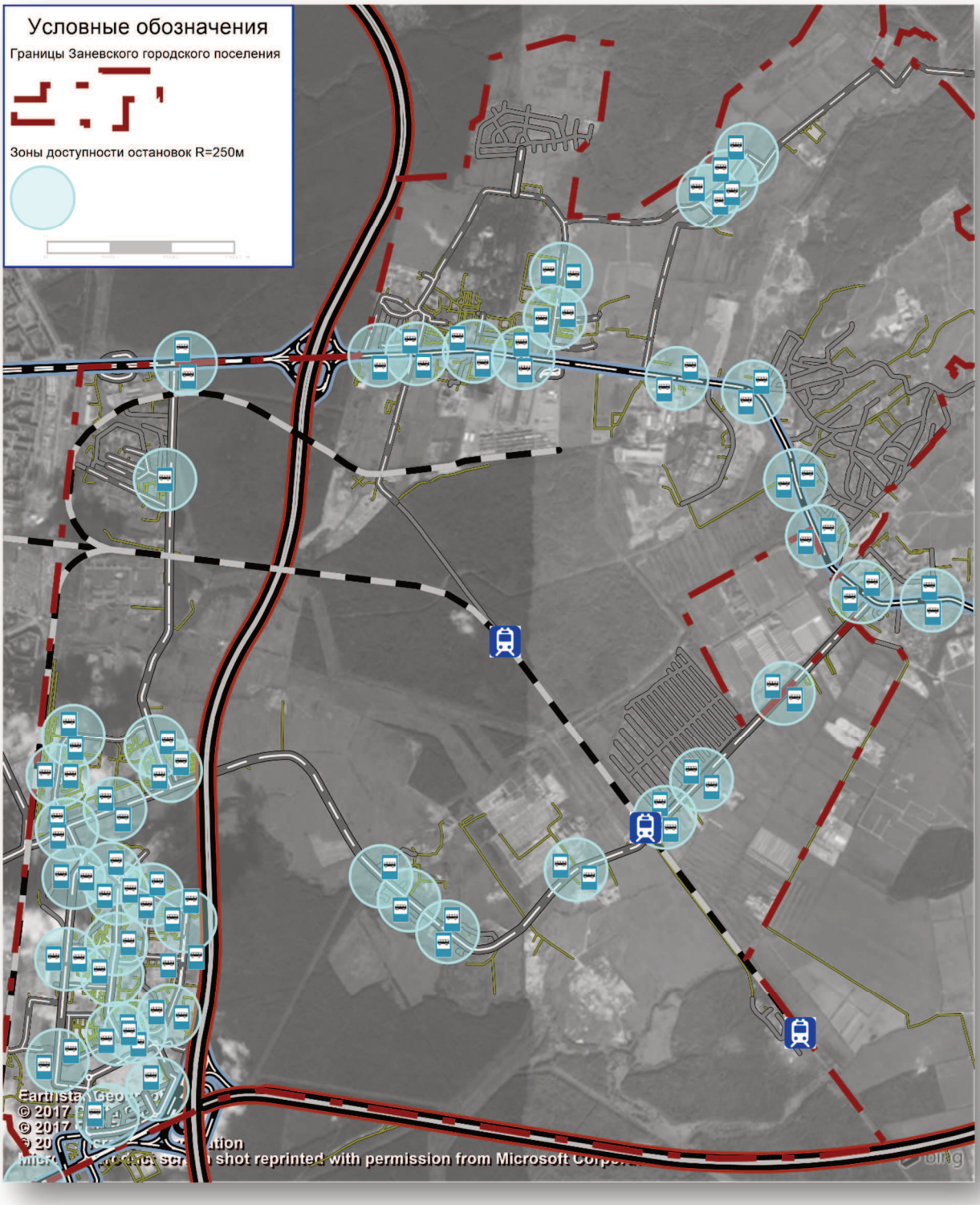


Рисунок 3.2.4 - Зоны пешеходной доступности остановок общественного транспорта на территории Заневского городского поселения

В модели маршруты пассажирского транспорта делятся на «варианты маршрута», как правило, это прямое и обратное направления. По каждому такому маршруту задается следующая информация:

- геометрия прохождения маршрута;

- наименование маршрута;

- остановочные пункты (в т.ч. и время остановки) на маршруте;

- точное расписание движения.

Пример отображения маршрута ОТ в Заневском городском поселении, а также информация по нему, внесенная в модель, представлена на рисунке 3.2.5.

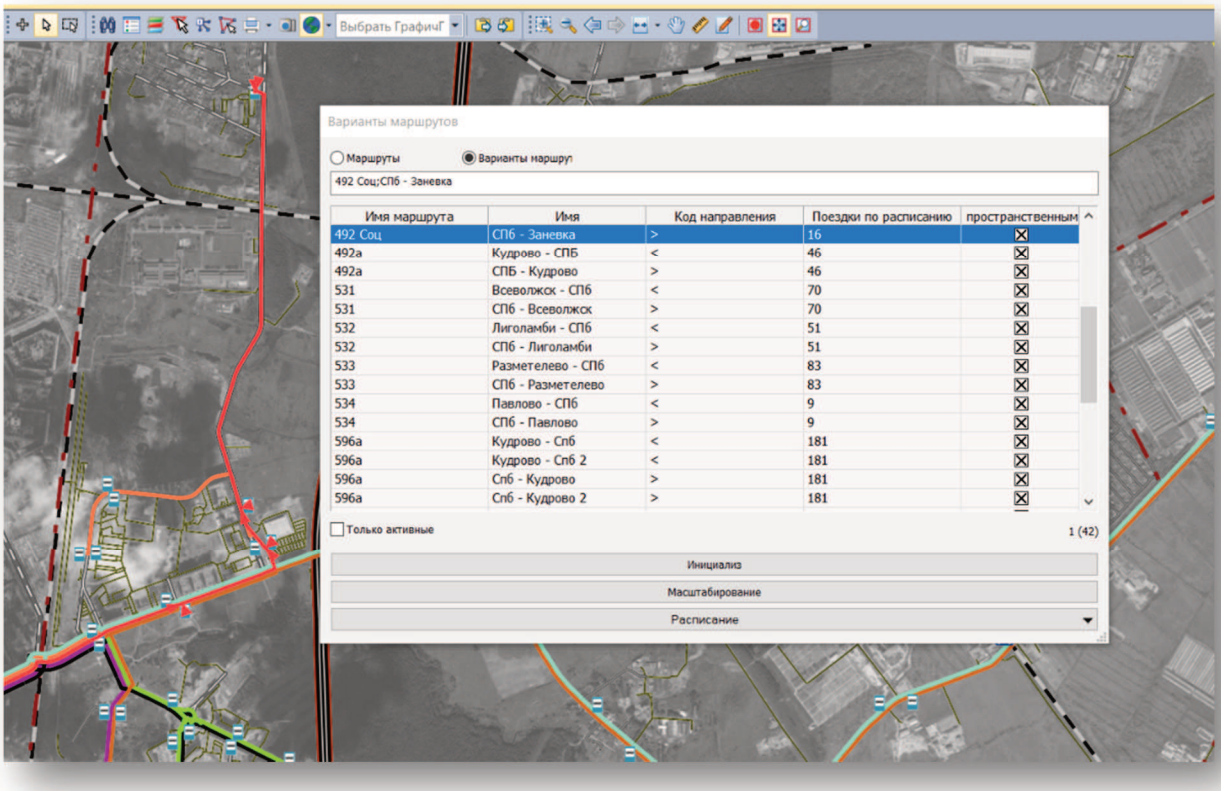


Рисунок 3.2.5 – Маршрут общественного транспорта в модели

Для каждого маршрута выполняется настройка точного расписания движения и состава транспортных средств с указанием общего количества мест и количества сидячих мест.

Схема маршрутной сети пассажирского транспорта, обслуживающего территорию Заневского городского поселения, представлена на рисунке 3.2.6.

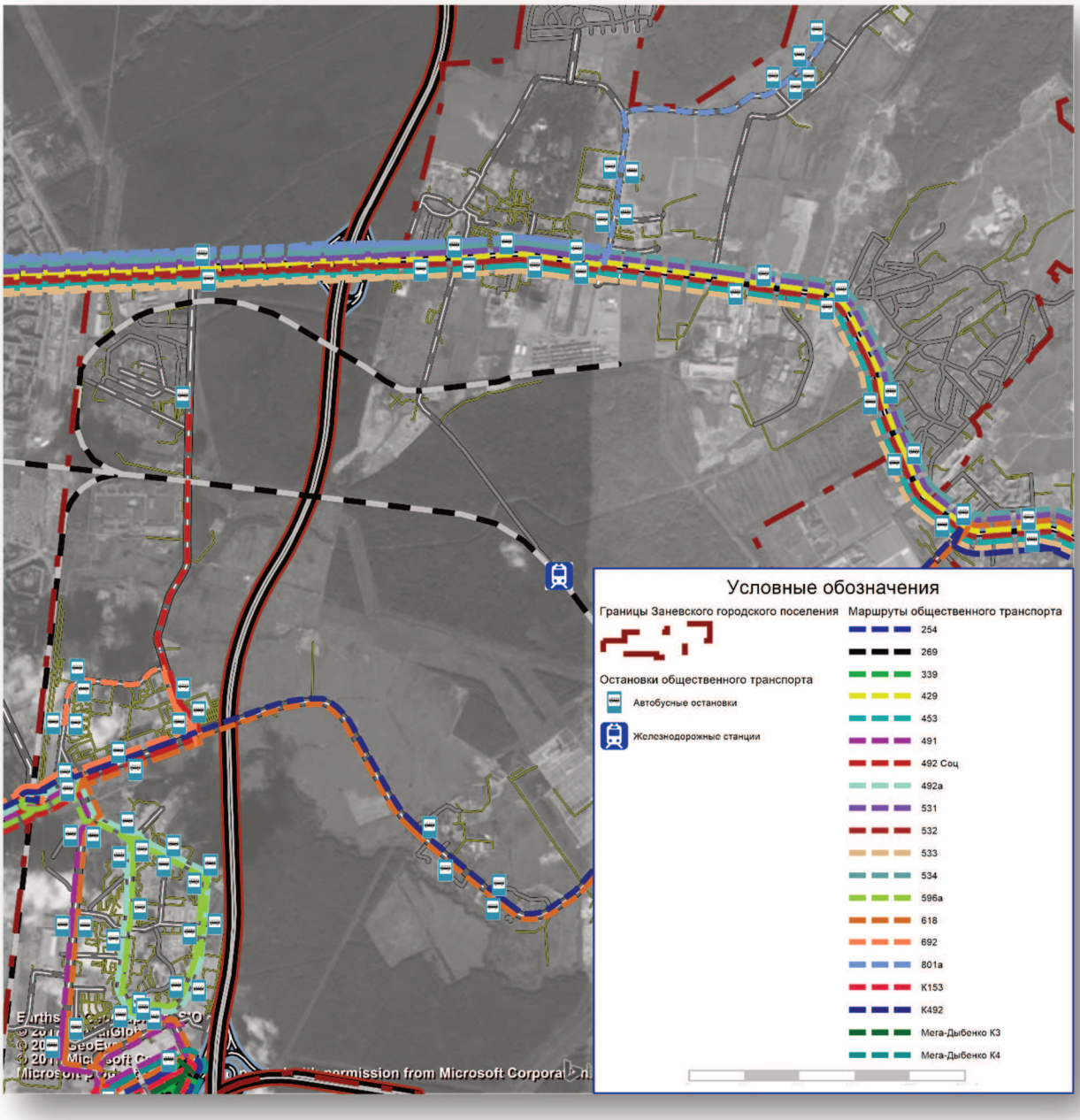


Рисунок 3.2.6 – Схема маршрутной сети пассажирского транспорта, обслуживающего территорию Заневского городского поселения

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

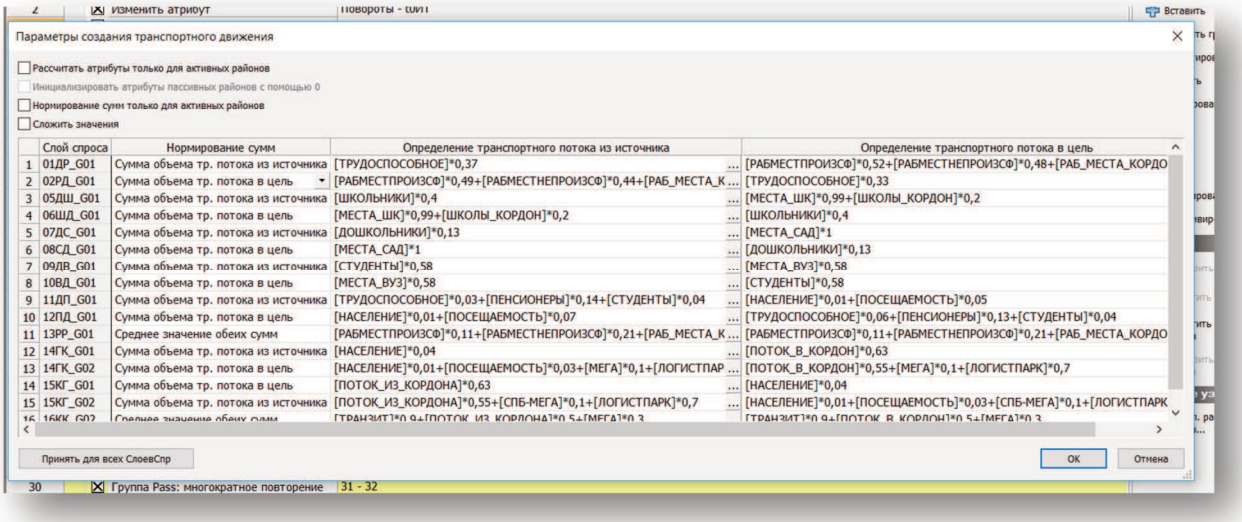
4.1. Четырёхшаговая модель расчета транспортного спроса

При разработке транспортной модели используется стандартная четырёхшаговая модель расчета транспортного спроса. Преимущества использования именно этой модели связаны с тем, что она достаточно точно описывает 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 сценариев в единицу времени. Расчет проводится по отдельным слоям спроса. Результатом работы вычислительного алгоритма модели являются расчетные (модельные) значения интенсивности движения.

Стандартная четырехшаговая модель состоит из следующих этапов:

Этап 1 – Модель создания (генерации) транспортного движения.

На данном этапе рассчитываются объемы движения из источника и объемы движения в цель для всех транспортных районов, детализированные по слоям спроса (рисунок 4.1.1).



	Слой спроса	Нормирование сумм	Определение транспортного потока из источника	Определение транспортного потока в цель
1	01ДР_G01	Сумма объема тр. потока из источника	[ТРУДОСПОСОБНОЕ]*0,37	[РАБМЕСТПРОИЗСФ]*0,52+[РАБМЕСТНЕПРОИЗСФ]*0,48+[РАБ_МЕСТА_КОРДО
2	02РД_G01	Сумма объема тр. потока в цель	[РАБМЕСТПРОИЗСФ]*0,49+[РАБМЕСТНЕПРОИЗСФ]*0,44+[РАБ_МЕСТА_К	[ТРУДОСПОСОБНОЕ]*0,33
3	05ДШ_G01	Сумма объема тр. потока из источника	[ШКОЛЬНИКИ]*0,4	[МЕСТА_ШК]*0,99+[ШКОЛЫ_КОРДОН]*0,2
4	06ШД_G01	Сумма объема тр. потока в цель	[МЕСТА_ШК]*0,99+[ШКОЛЫ_КОРДОН]*0,2	[ШКОЛЬНИКИ]*0,4
5	07ДС_G01	Сумма объема тр. потока из источника	[ДОШКОЛЬНИКИ]*0,13	[МЕСТА_САД]*1
6	08СД_G01	Сумма объема тр. потока в цель	[МЕСТА_САД]*1	[ДОШКОЛЬНИКИ]*0,13
7	09ДВ_G01	Сумма объема тр. потока из источника	[СТУДЕНТЫ]*0,58	[МЕСТА_ВУЗ]*0,58
8	10ВД_G01	Сумма объема тр. потока в цель	[МЕСТА_ВУЗ]*0,58	[СТУДЕНТЫ]*0,58
9	11ДП_G01	Сумма объема тр. потока из источника	[ТРУДОСПОСОБНОЕ]*0,03+[ПЕНСИОНЕРЫ]*0,14+[СТУДЕНТЫ]*0,04	[НАСЕЛЕНИЕ]*0,01+[ПОСЕЩАЕМОСТЬ]*0,05
10	12ПД_G01	Сумма объема тр. потока в цель	[НАСЕЛЕНИЕ]*0,01+[ПОСЕЩАЕМОСТЬ]*0,07	[ТРУДОСПОСОБНОЕ]*0,06+[ПЕНСИОНЕРЫ]*0,13+[СТУДЕНТЫ]*0,04
11	13РР_G01	Среднее значение обеих сумм	[РАБМЕСТПРОИЗСФ]*0,11+[РАБМЕСТНЕПРОИЗСФ]*0,21+[РАБ_МЕСТА_К	[РАБМЕСТПРОИЗСФ]*0,11+[РАБМЕСТНЕПРОИЗСФ]*0,21+[РАБ_МЕСТА_КОРДО
12	14ГК_G01	Сумма объема тр. потока из источника	[НАСЕЛЕНИЕ]*0,04	[ПОТОК_В_КОРДОН]*0,63
13	14ГК_G02	Сумма объема тр. потока в цель	[НАСЕЛЕНИЕ]*0,01+[ПОСЕЩАЕМОСТЬ]*0,03+[МЕГА]*0,1+[ЛОГИСТПАР	[ПОТОК_В_КОРДОН]*0,55+[МЕГА]*0,1+[ЛОГИСТПАРК]*0,7
14	15КГ_G01	Сумма объема тр. потока в цель	[ПОТОК_ИЗ_КОРДОНА]*0,63	[НАСЕЛЕНИЕ]*0,04
15	15КГ_G02	Сумма объема тр. потока из источника	[ПОТОК_ИЗ_КОРДОНА]*0,55+[СПБ-МЕГА]*0,1+[ЛОГИСТПАРК]*0,7	[НАСЕЛЕНИЕ]*0,01+[ПОСЕЩАЕМОСТЬ]*0,03+[СПБ-МЕГА]*0,1+[ЛОГИСТПАРК

Рисунок 4.1.1 - Параметры создания транспортного движения в модели Заневского городского поселения

Таблица 4.1.1. Распределение перемещений по слоям спроса

№	Слои спроса	Источник	Цель
1	ДР	дом	работа
2	РД	работа	дом
3	ДС	дом	детский сад
4	СД	детский сад	дом
5	ДШ	дом	школа
6	ШД	школа	дом
7	ДВ	дом	ВУЗ, колледж
8	ВД	ВУЗ, колледж	дом
9	ДП	дом	культурно-бытовые цели
10	ПД	культурно-бытовые цели	дом
11	РР	работа	работа
12	ГК	город	кордон
13	КГ	кордон	город
14	КК	транзитное движение	транзитное движение

Результатами расчета являются итоговые строки и столбцы матриц корреспонденций.

Этап 2 – Модель распределения транспортного движения по районам.

На этапе распределения транспортного движения по районам рассчитываются объемы перемещений между всеми транспортными районами, детализированные по слоям спроса, но без детализации по видам транспорта. Результатами расчета являются элементы матриц корреспонденций.

Согласно результатам проведенных социологических исследований, для перемещений «дом-работа» функция Combined $\boldsymbol{f(U) = aU^b * e^{(cU)}}$, где a = 0,09; b = 0,95; c = -0,032.

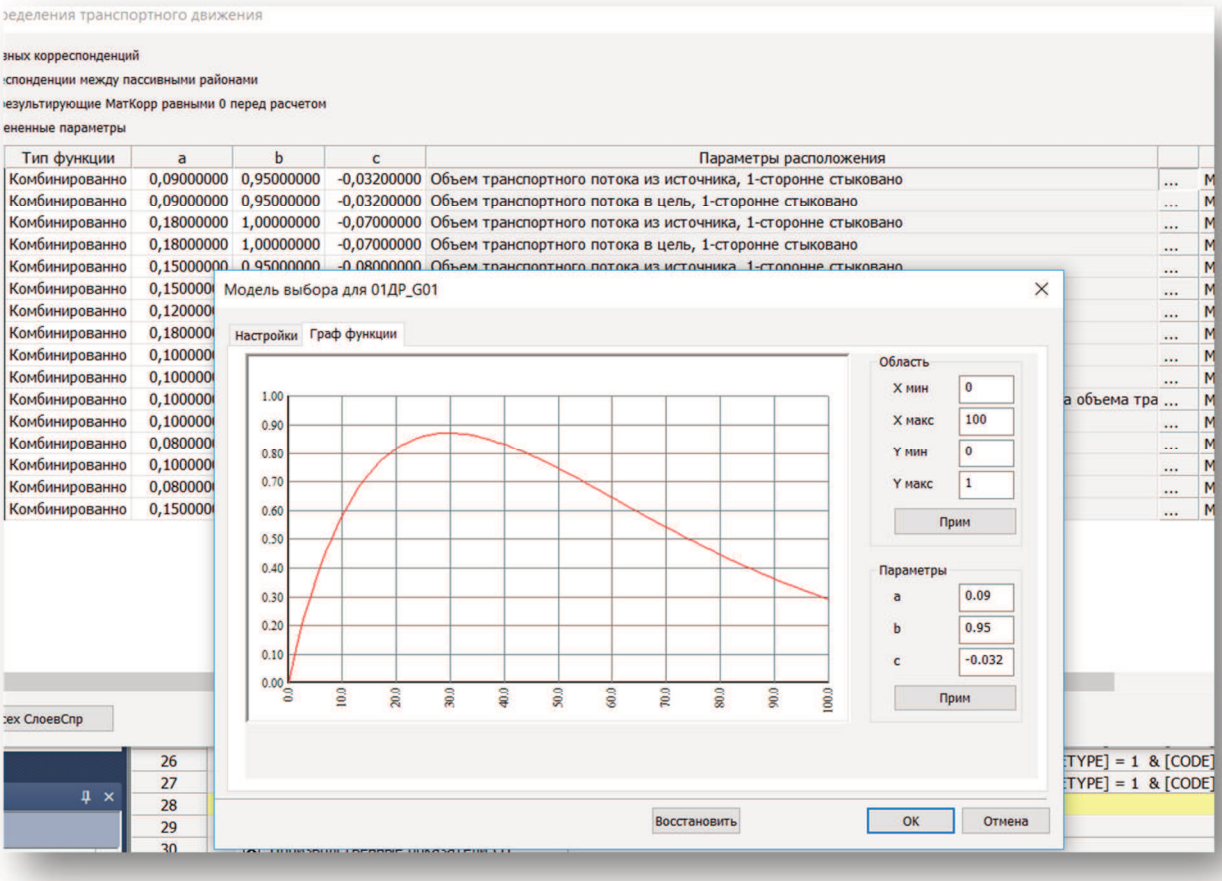


Рисунок 4.1.2 - Параметры распределения слоя спроса «дом-работа» в транспортной модели Заневского городского поселения

Этап 3 – Модель выбора транспорта.

На этапе выбора вида транспорта рассчитываются матрицы корреспонденций, каждая из которых соответствует поездкам с использованием определенного вида транспорта. Результатами расчета являются матрицы корреспонденций с распределением по слоям спроса и видам транспорта (рисунок 4.1.3).

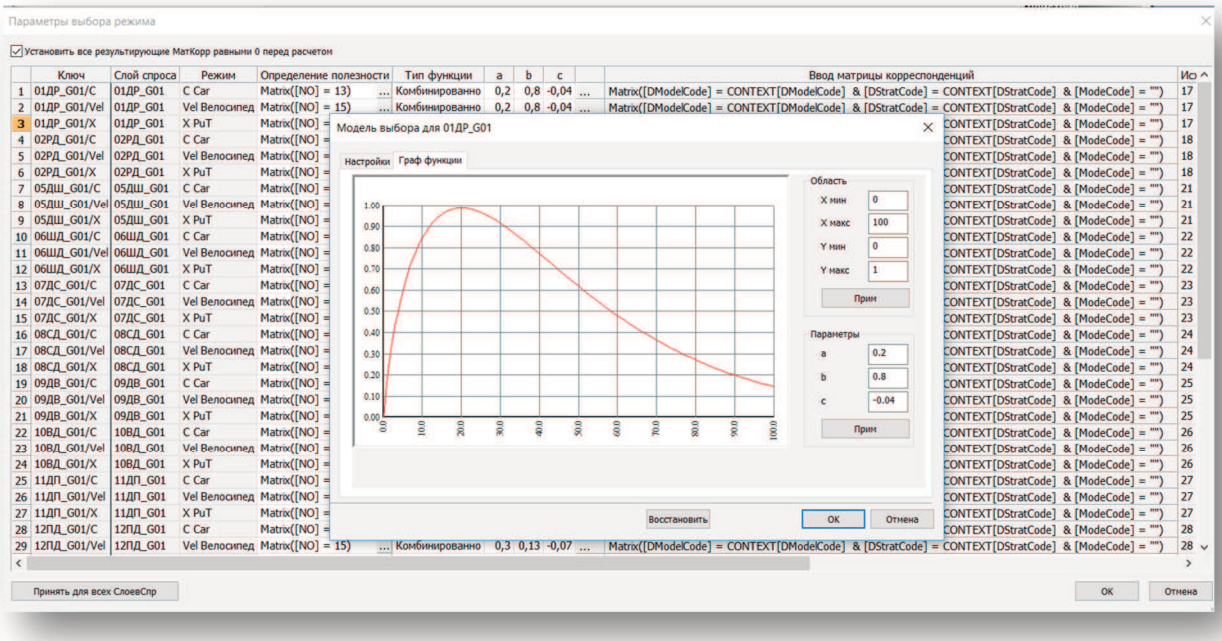


Рисунок 4.1.3 - Параметры разделения слоев спроса по видам транспорта

Этап 4 – Модель перераспределения (выбора пути).

Расчет перераспределения, дифференцированный по видам транспорта, позволяет получить модельные значения интенсивности транспортных потоков. Этап перераспределения является завершающим в цикле расчёта спроса (рисунок 4.1.4).

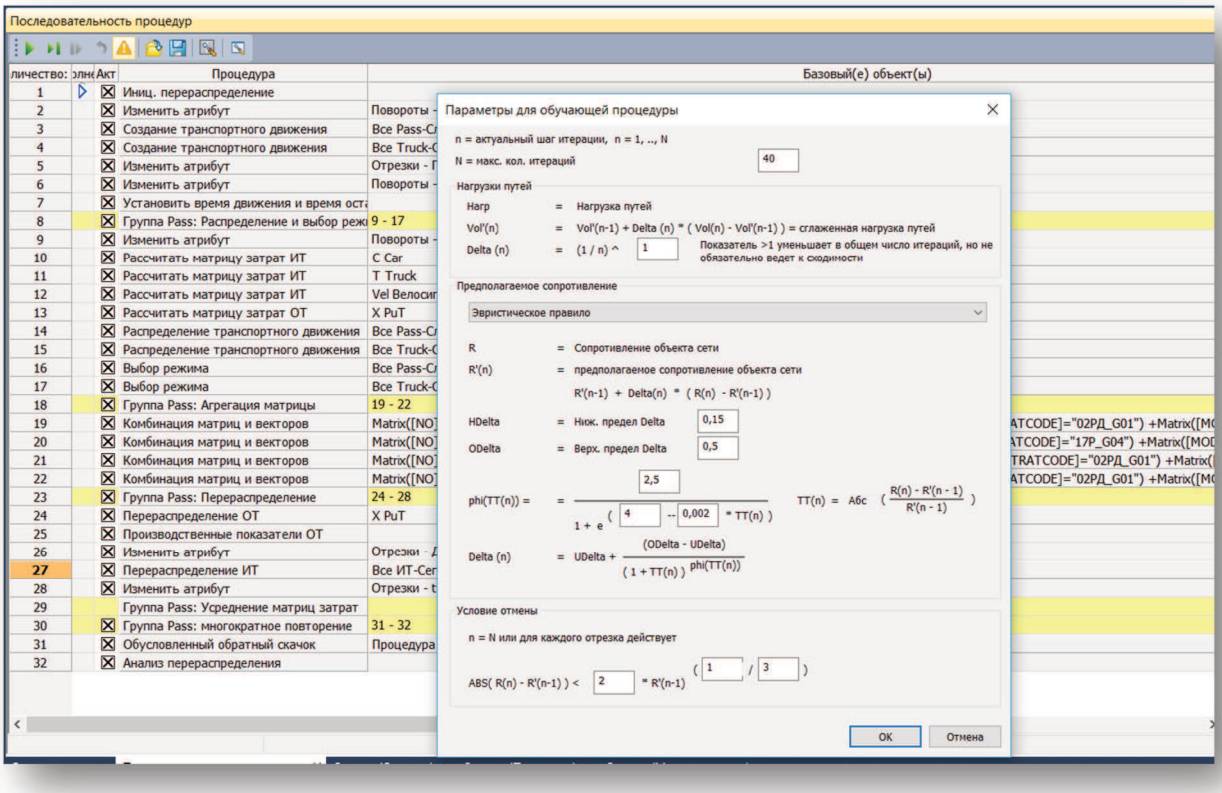


Рисунок 4.1.4 - Параметры перераспределения индивидуального транспорта.

4.2. Расчет с помощью разработанной модели спроса данных об источнике, цели, количестве желаемых поездок

В модели спрос на транспорт представляется в виде матрицы (матрицы корреспонденций): для элемента матрицы корреспонденций личного транспорта единицей измерения является «поездка автомобиля», для элемента матрицы корреспонденций пассажирского транспорта – «поездка человека».

Каждый элемент матрицы корреспонденций представляет собой количество необходимых перемещений из транспортного района *i* в транспортный район *j*. Матрица корреспонденций относится к интервалу времени (время моделирования) и поэтому содержит только поездки, которые совершаются в пределах этого интервала времени, которым может быть час, сутки, год.

Поездки, сведенные в матрицу, могут относиться к системам транспорта (например пешком, на велосипеде, на пассажирском транспорте, на личном транспорте), к группе людей (например работающие, учащиеся) или к целям поездки (поход за покупками, свободное время и развлечения).

В ходе анализа данных социально-экономической статистики транспортных районов определяются так называемые коэффициенты создания и притяжения. Эти коэффициенты показывают, какая доля от общего числа людей конкретного слоя спроса (референтных лиц) в каждом транспортном районе будет перемещаться с определенной целью и какая доля от числа объектов притяжения (например, рабочих мест) каждого транспортного района будет заполнена перемещающимися референтными лицами в рамках данного слоя спроса.

Например, коэффициент создания для референтных лиц «Трудоспособное население», равный 0,6, будет означать, что 60% проживающих трудоспособных лиц в данном районе будут перемещаться из этого района. Также в этом районе существуют рабочие места, являющиеся источником притяжения для перемещающихся, коэффициент притяжения 0,4 будет значить, что район притягивает число людей, эквивалентное 40% от количества рабочих мест, причем некоторая часть трудоспособного населения будет притягиваться в свой район проживания, к этим рабочим местам.

На основании данных о среднем времени поездки каждого слоя спроса каждым видом транспорта рассчитываются корреспонденции между референтными лицами из источника (например, трудоспособное население) и цели (например, рабочие места). Таким образом, получаются матрицы корреспонденций для всех слоев спроса для каждого вида транспорта (рисунок 4.2.1).

распределение трудовых корреспонденций	значение	во Всеволожский р-н				в г.Санкт-Петербург				в пределах Заневского ГП				за пределы Всеволожского р-на			
		кол-во респонд.	t сред.	t min.	t max.	кол-во респонд.	t сред.	t min.	t max.	кол-во респонд.	t сред.	t min.	t max.	кол-во респонд.	t сред.	t min.	t max.
индивидуальный транспорт	66,6%	146	0:51:39	0:15:00	2:30:00	1008	1:10:12	0:05:00	4:00:00	169	0:58:38	0:08:00	2:00:00	24	1:15:57	0:05:00	3:00:00
общественный транспорт	33,4%	50	0:47:53	0:20:00	2:20:00	524	1:15:23	0:10:00	2:50:00	99	0:37:18	0:10:00	2:30:00	3	1:58:20	0:55:00	2:30:00
общее количество ответивших	2023																

Рисунок 4.2.1 – Распределение трудовых корреспонденций в Заневском городском поселении (слои спроса «дом-работа»; «работа-дом»)

Полученные матрицы корреспонденций содержат данные о количестве людей, совершающих перемещения на личном транспорте между районами. Так как модель распределяет по сети ТС, а не людей, полученную на предыдущем этапе матрицу корреспонденций необходимо разделить на коэффициент наполненности автомобилей, принятый для Заневского городского поселения 1,727 согласно результатам социологических исследований.

Кордонные районы.

Для кордонных районов, в отличие от внутренних транспортных районов, данные социально-экономической статистики не вводят. Это связано с тем, что показатели подвижности населения указанных населенных пунктов будут отличаться. Кордонные районы имеют связь с сетью посредством примыканий к вылетным автомобильным дорогам. Исходными данными для таких районов служит информация о количестве входящих и выходящих транспортных единиц, полученная в ходе проведения транспортного обследования. Такие потоки делятся на транзитный трафик, который проходит дорожную сеть моделируемой области насквозь, и трафик, который распределяется между транспортными районами исследуемой территории в соответствии с указанным параметром притяжения. Таким параметром притяжения является один из атрибутов транспортных районов, соответствующий данным социально-экономической статистики.

Соотношение между количеством ТС, которые являются транзитным трафиком и теми, которые имеют целью перемещения один из внутренних транспортных районов города, задают показателем доли транзита отдельно для каждого кордонного района.

Таким образом, часть выходящего потока из кордонного района притягивается в транспортные районы области моделирования, а часть потока, соответствующая доли транзита, распределяется между другими кордонными районами в соответствии с заданными для них входящими потоками.

В результате получены все перемещения из источника в цель для всех внутренних и кордонных районов, содержащиеся в соответствующих матрицах корреспонденций, но неизвестны пути следования по данным корреспонденциям.

На заключительном этапе четырехшагового расчета транспортного спроса модель определяет пути движения для каждого ТС – это перераспределение транспортных потоков по дорожной сети.

Задача сводится к следующему: каждое ТС каждого сегмента спроса, еще не выехавшее из транспортного (или кордонного) района, имеет источник и цель перемещения, но не имеет пути следования. Необходимо распределить данные ТС по сети. Решение задачи осуществляется итерационным методом, т.е. программа поэтапно распределяет потоки сначала по кратчайшим, с точки зрения временных затрат, путям, затем, с учетом появившейся загрузки дорожной сети, по новым путям, которые с учетом изменившейся загрузки становятся наиболее привлекательными с точки зрения времени в пути. Таким образом, в результате множества проходов транспортные потоки распределяются моделью по сети так, как если данная задача стоит перед реальными людьми, которыми движет желание избежать заторов и сократить затраты времени в пути.

Аналогичным образом модель перераспределяет людей, совершающих поездки на пассажирском транспорте, учитывая при этом существующий уровень загрузки УДС, маршруты пассажирского транспорта и их расписание движения.

Распределение корреспонденций по конкретным путям в сети, производимое для всех видов транспорта с учетом их взаимного влияния, позволяет получить в модели расчетные значения интенсивности транспортных потоков.

Результатом выполнения данного шага моделирования является получение нагрузки на каждый элемент транспортного графа по каждому типу транспорта.

5. Калибровка транспортной модели по интенсивности транспортных потоков

Транспортная модель является модельным представлением реальной транспортной ситуации. После ввода исходных данных и расчета транспортного спроса проводится проверка модели и определяется, насколько точно модель совпадает с реальной ситуацией. При отклонении заранее определенных показателей от допустимой нормы – проводится калибровка модели.

5.1. Приведение различных групп транспортных средств к легковому автомобилю

При калибровке транспортной модели используются данные о входящих транспортных потоках на пересечениях. Для ввода натурных данных в модель выполнено приведение различных групп транспортных средств к условному легковому автомобилю на основании коэффициентов приведения согласно таблицы 4.2 СП 34.13330.2012 «Автомобильные дороги» и таблицы К.5 ГОСТ 32965-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока.» (таблица 5.1.1).

Таблица 5.1.1 – Коэффициенты приведения различных транспортных средств к легковым автомобилям

Транспортные средства	Коэффициенты приведения	Источник
Легковой автомобиль	1,0	ГОСТ 32965-2014
Микроавтобус, автобус малой вместимости	1,4	СП 34.13330.2012
Грузовой автомобиль грузоподъемностью, т: до 2,5 2,5 – 3,5 более 3,5	 1,3 1,5 2,0	 СП 34.13330.2012 ГОСТ 32965-2014 ГОСТ 32965-2014
Автобус: средней вместимости большой вместимости	 2,5 3,0	 СП 34.13330.2012 СП 34.13330.2012
Автопоезд	3,0	ГОСТ 32965-2014

Затем был выполнен переход от показателей часовой интенсивности транспортных потоков к среднегодовой суточной интенсивности с применением местных коэффициентов неравномерности для Заневского городского поселения, рассчитанных по результатам проведенных исследований интенсивности ТП (рисунок 5.1.1).

Значения коэффициентов неравномерности							
K_r - месяца года		K_n -дни недели		K_t – часы суток по ОДМ		K_t – часы суток для Заневского ГП	
		коэффициент	день недели	коэффициент	час	коэффициент	час
0,064	январь	0,14	понедельник	0,022	0:00–1:00	0,0150	0:00 – 1:00
				0,02	1:00–2:00	0,0137	1:00 – 2:00
0,074	февраль			0,02	2:00–3:00	0,0137	2:00 – 3:00
		0,14	вторник	0,02	3:00–4:00	0,0137	3:00 – 4:00
0,078	март			0,022	4:00–5:00	0,0150	4:00 – 5:00
				0,024	5:00–6:00	0,0164	5:00 – 6:00
0,079	апрель			0,04	6:00–7:00	0,0273	6:00 – 7:00
		0,145	среда	0,06	7:00–8:00	0,0534	7:00 – 8:00
0,085	май			0,055	8:00–9:00	0,0647	8:00 – 9:00
				0,055	9:00–10:00	0,0625	9:00 – 10:00
0,091	июнь			0,05	10:00–11:00	0,0590	10:00 – 11:00
		0,145	четверг	0,05	11:00–12:00	0,0599	11:00 – 12:00
0,091	июль			0,052	12:00–13:00	0,0634	12:00 – 13:00
		0,16	пятница	0,05	13:00–14:00	0,0668	13:00 – 14:00
0,094	август			0,06	14:00–15:00	0,0629	14:00 – 15:00
				0,06	15:00–16:00	0,0643	15:00 – 16:00
0,094	сентябрь			0,065	16:00–17:00	0,0681	16:00 – 17:00
		0,15	суббота	0,065	17:00–18:00	**0,0714**	17:00 – 18:00
0,09	октябрь			0,05	18:00–19:00	0,0685	18:00 – 19:00
				0,05	19:00–20:00	0,0383	19:00 – 20:00
0,084	ноябрь			0,04	20:00–21:00	0,0273	20:00 – 21:00
		0,13	воскресенье	0,03	21:00–22:00	0,0205	21:00 – 22:00
0,076	декабрь			0,03	22:00–23:00	0,0205	22:00 – 23:00
				0,02	23:00–24:00	0,0137	23:00 – 24:00

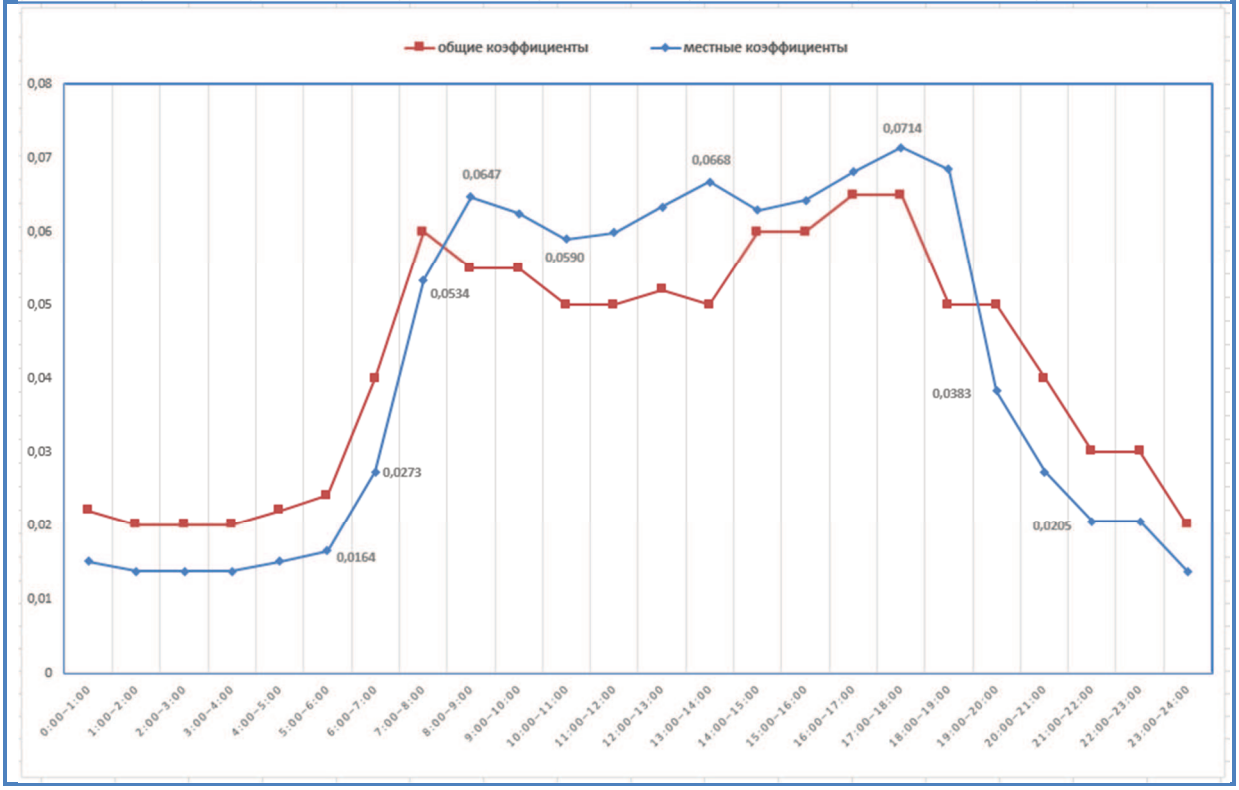


Рисунок 5.1.1 - Расчетные значения местных коэффициентов неравномерности для Заневского городского поселения

Для пунктов учета, на которых проводились 12-часовые замеры интенсивности ТП (с 7:00 до 19:00), был определен процент от общей суточной интенсивности и выполнен дорасчет на ночное время суток.

Для пунктов учета, на которых замеры проводились в утренние и вечерние часы пиковой интенсивности, дорасчет на остальные часы суток выполнялся в соответствии со значениями коэффициентов неравномерности $К_t$ (коэффициент, зависящий от часа суток) для Заневского городского поселения.

Переход к среднегодовой суточной интенсивности выполнялся в соответствии с п.3 Приложения В ОДМ 218.2.020-2012 по формуле:

$$Nсут = \frac{4Nч}{KtКнКг365},$$

где Nч - часовая интенсивность движения, прив. ед. ТС/ч;

Kt, Кн, Кг - коэффициенты неравномерности соответственно по часам суток, дням недели, месяцам года определяются как ориентировочно средние и могут уточняться по результатам проведенных исследований интенсивности транспортных потоков (рисунок 5.1.1).

Полученные показатели среднегодовой суточной и пиковой интенсивности для Заневского городского поселения приведены в таблице 5.1.2.

Таблица 5.1.2 – Среднегодовая суточная и пиковая интенсивность, прив. ед. ТС

Точка	Поток	сутки	утро	вечер
МСС-1 12ч	1	5913	946	266
МСС-1 12ч	2	6308	287	601
МСС-1 12ч	3	304	4	16
МСС-1 12ч	4	473	40	37
МСС-2 12ч	1	18864	1310	1126
МСС-2 12ч	2	21098	1340	1612
МСС-2 12ч	3	3859	777	204
МСС-3	1	4631	542	150
МСС-3	2	1135	84	88
МСС-3	3	3105	164	308
МСС-4	1	11678	944	1156
МСС-4	2	2392	220	177
МСС-4	3	14641	1146	1184
МСС-5	1	2673	270	120
МСС-5	2	1090	40	119
МСС-5	3	1424	152	56
МСС-7 12ч	1	10198	670	719
МСС-7 12ч	2	10644	696	796
МСС-7 12ч	3	273	16	6
МСС-9	1	3002	242	255
МСС-9	2	7811	563	473
МСС-9	3	3835	361	212
МСС-10	1	4648	222	466
МСС-10	2	3854	249	330
МСС-10	3	10711	276	1277

МСС-10	4	6132	379	541
МСС-12 12ч	1	4185	260	318
МСС-12 12ч	2	4879	158	579
МСС-12 12ч	3	2882	338	184
МСС-13	1	5190	315	443
МСС-13	2	7121	309	731
МСС-13	3	4546	157	507
МСС-14 12ч	1	10457	919	546
МСС-14 12ч	2	6112	585	377
МСС-14 12ч	3	9410	499	620
МСС-14 12ч	4	7061	218	593
МСС-15	1	397	28	30
МСС-15	2	1137	120	46
МСС-15	3	474	20	49
МСС-16	1	768	52	60
МСС-16	2	1451	66	146
МСС-16	3	1611	195	40
МСС-17 12ч	1	2078	150	140
МСС-17 12ч	2	2155	285	157
МСС-17 12ч	3	777	90	36
МСС-17 12ч	4	599	0	37
МСС-18	1	8570	696	735
МСС-18	2	6995	632	536
МСС-18	3	590	42	56
МСС-18	4	625	67	37
МСС-19 12ч	1	9701	717	647
МСС-19 12ч	2	6711	213	666
МСС-19 12ч	3	862	8	72
МСС-20	1	1427	121	94
МСС-20	2	992	53	97
МСС-20	3	372	33	23
МСС-21 12ч	1	2808	200	151
МСС-21 12ч	2	3391	158	345
МСС-21 12ч	3	2254	108	155
МСС-21 12ч	4	5365	327	369
МСС-22 12ч	1	7879	221	690
МСС-22 12ч	2	4214	208	275
МСС-22 12ч	3	2420	41	224
МСС-23	1	1880	145	141
МСС-23	2	260	29	12
МСС-23	3	1973	95	196
МСС-24	1	2174	87	231
МСС-24	2	1790	159	102
МСС-24	3	1323	114	79
МСС-26	1	6099	319	512
МСС-26	2	6497	79	653
МСС-26	3	2669	294	120
МСС-26	4	177	35	0

МСС-27	1	2651	75	312
МСС-27	2	2309	105	232
МСС-27	3	411	28	32
МСС-28	1	1143	53	121
МСС-28	2	1135	84	88
МСС-28	3	324	16	33
МСС-29	1	1725	76	176
МСС-29	2	794	58	58
МСС-29	3	630	44	48
МСС-30	1	31	0	4
МСС-30	2	63	4	4
МСС-31	1	62	0	8
МСС-31	3	186	12	13
МСС-32	3	33	0	4
МСС-33	1	68	10	0
МСС-33	2	136	15	4
МСС-34 12ч	1	10247	504	964
МСС-34 12ч	2	11864	778	904
МСС-35 12ч	1	5969	352	348
МСС-35 12ч	2	2789	235	212
МСС-35 12ч	3	4570	254	315
МСС-36	1	9265	804	571
МСС-36	2	1451	34	169
МСС-36	3	6133	191	673
МСС-36	4	841	16	101
МСС-37	1	4924	277	434
МСС-37	2	6055	163	978
МСС-37	3	4696	369	263
МСС-38	1	1353	145	86
МСС-38	2	1694	78	198
МСС-38	3	819	114	29
МСС-39	1	1420	132	50
МСС-39	2	3304	128	244
МСС-39	3	208	13	13
МСС-41	1	11730	967	1126
МСС-41	2	9747	653	924
МСС-41	3	525	18	87
МСС-41	4	258	0	48
МСС-42	1	1292	53	134
МСС-42	2	415	45	17
МСС-42	3	1055	85	70
МСС-42	4	1070	91	66
МСС-43	1	253	32	4
МСС-43	3	168	8	17
МСС-44	1	10114	703	774
МСС-44	2	10509	726	809
МСС-44	3	426	33	29
МСС-46	1	8241	620	570

МСС-46	2	8095	299	836
МСС-46	3	2316	112	230
МСС-47 12ч	1	3594	308	258
МСС-47 12ч	2	3478	206	386
МСС-47 12ч	3	140	30	4
МСС-48	1	5310	264	423
МСС-48	2	4249	289	250
МСС-48	3	420	56	5
МСС-48	4	117	12	10
МСС-49	1	55	0	8
МСС-49	2	192	25	4
МСС-49	3	63	5	4
МСС-50	2	975	39	103
МСС-50	3	173	19	8
МСС-51	1	6051	313	665
МСС-51	2	10140	894	374
МСС-51	3	890	73	61
МСС-52	1	4529	131	540
МСС-52	2	410	10	60
МСС-52	3	366	15	20
МСС-52	4	23	0	0
МСС-53	1	57	4	4
МСС-53	2	228	8	25
МСС-53	3	28	0	4
МСС-55	1	4480	345	333
МСС-55	2	4197	193	442
МСС-55	3	569	56	30

5.2. Ввод в транспортную модель результатов замеров интенсивности транспортных потоков

Добавление в транспортную модель результатов замеров интенсивности транспортных потоков выполняется посредством установки мест проведения замеров на каждом входящем отрезке перед перекрестками, на которых выполнялись замеры интенсивности (рисунок 5.2.1).

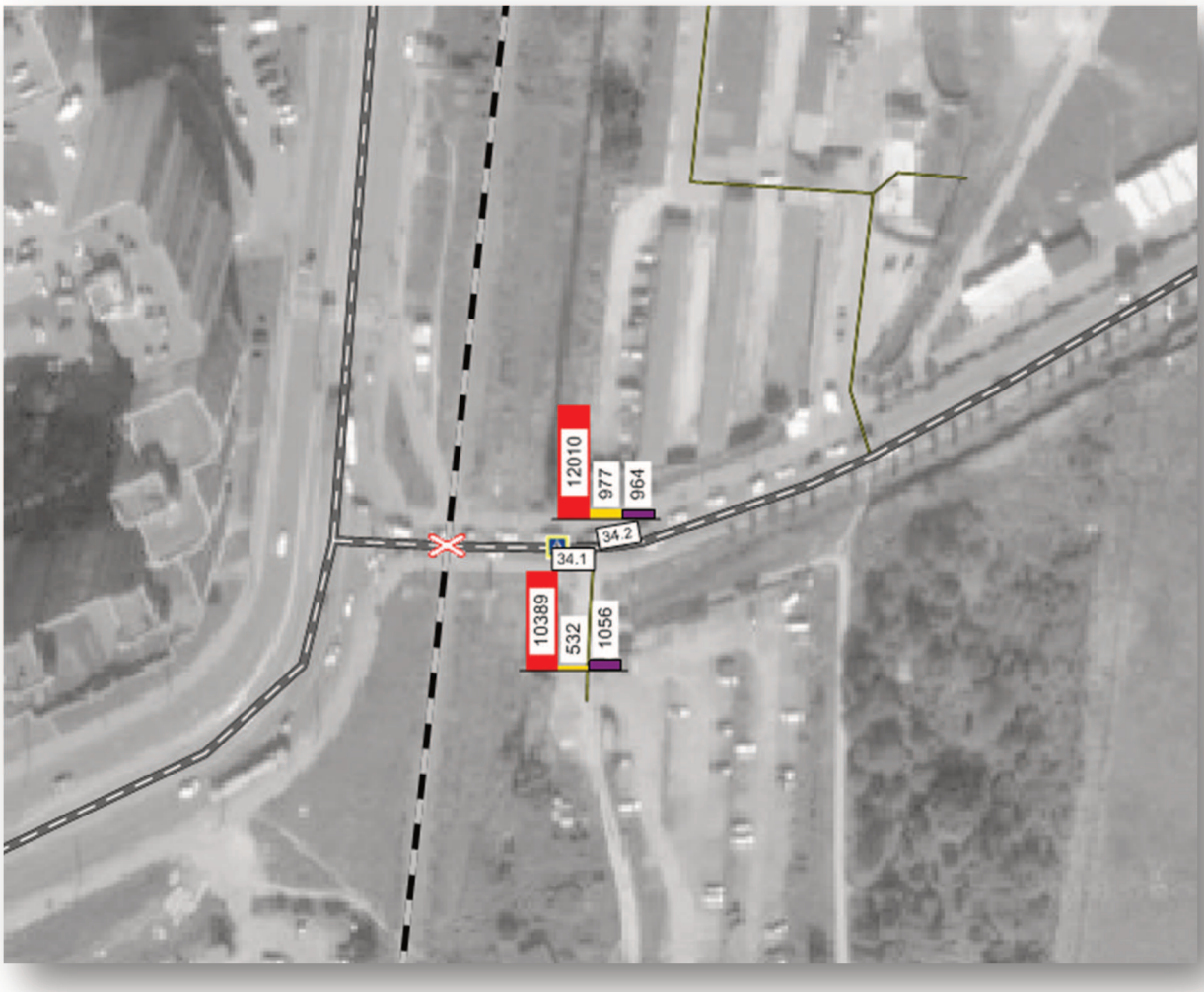


Рисунок 5.2.1 - установка мест подсчета на перекрестках.

Общее количество мест подсчета в транспортной модели приравнивается количеству входящих направлений на исследуемых перекрестках (перегонах) и для Заневского городского поселения составило 89 единиц.

Также местам подсчета добавлены пользовательские атрибуты для ввода показателей среднегодовой суточной и часовых пиковых интенсивностей приведенных ед. ТС по результатам проведенных исследований (рисунок 5.2.2).

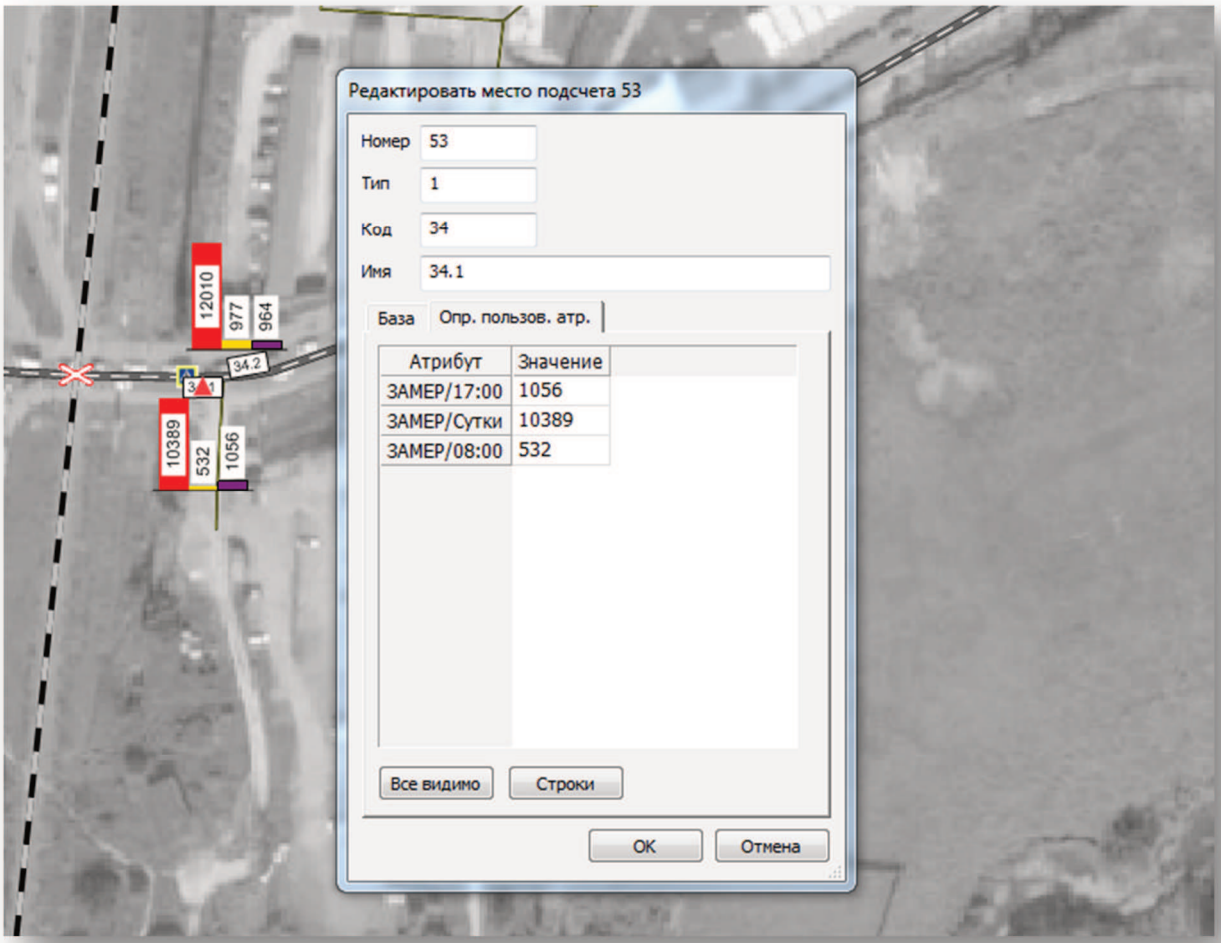


Рисунок 5.2.2 - Пользовательские атрибуты для ввода результатов замеров

5.3. Калибровка базовой транспортной модели на текущую ситуацию по данным замеров интенсивности транспортных потоков

В процессе калибровки разработанной модели проводится серия вычислительных экспериментов с моделью, при этом меняются определенные характеристики или параметры модели с целью достижения максимально возможного уровня соответствия данных натурных обследований расчетным значениям интенсивности.

В результате были вычислены значения стандартного набора показателей, характеризующих точность модели. Общие параметры, используемые при калибровке транспортной модели, представлены в таблице 5.3.1.

Таблица 5.3.1 – Параметры калибровки транспортной модели

Объект калибровки	Изменение
Данные структуры пространственного развития	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 индивидуальным и пассажирским транспортом
Элементы главных диагоналей матриц затрат	Изменение количества перемещений внутри районов
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

Результатом калибровки транспортной модели является достижение перераспределения транспортных потоков, максимально приближенного к реальной ситуации. Фрагменты картограмм уровня загрузки дорожной сети Заневского городского поселения в утренний и вечерний пиковые периоды на 2018 год показаны на рисунках 5.3.1 и 5.3.2.

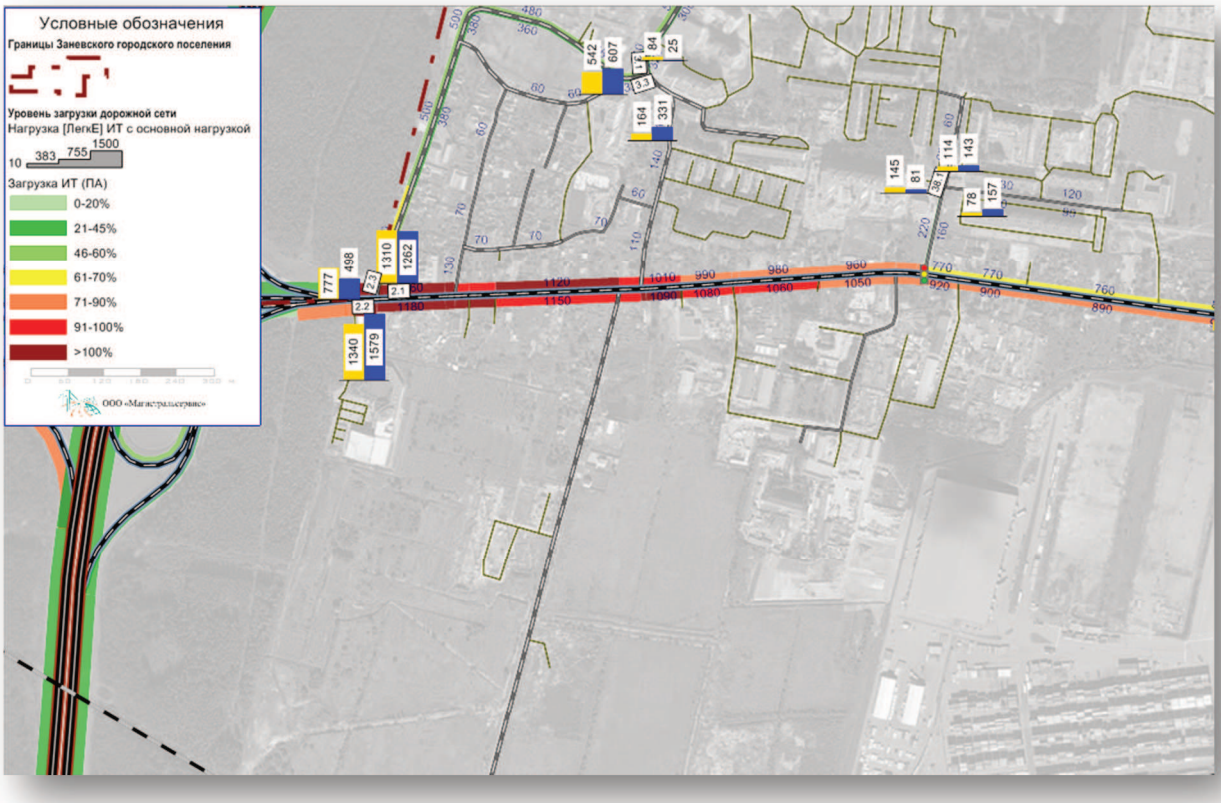


Рисунок 5.3.1 – Фрагмент картограммы уровня загрузки дорожной сети Заневского городского поселения в утренний пиковый период на 2018 год.

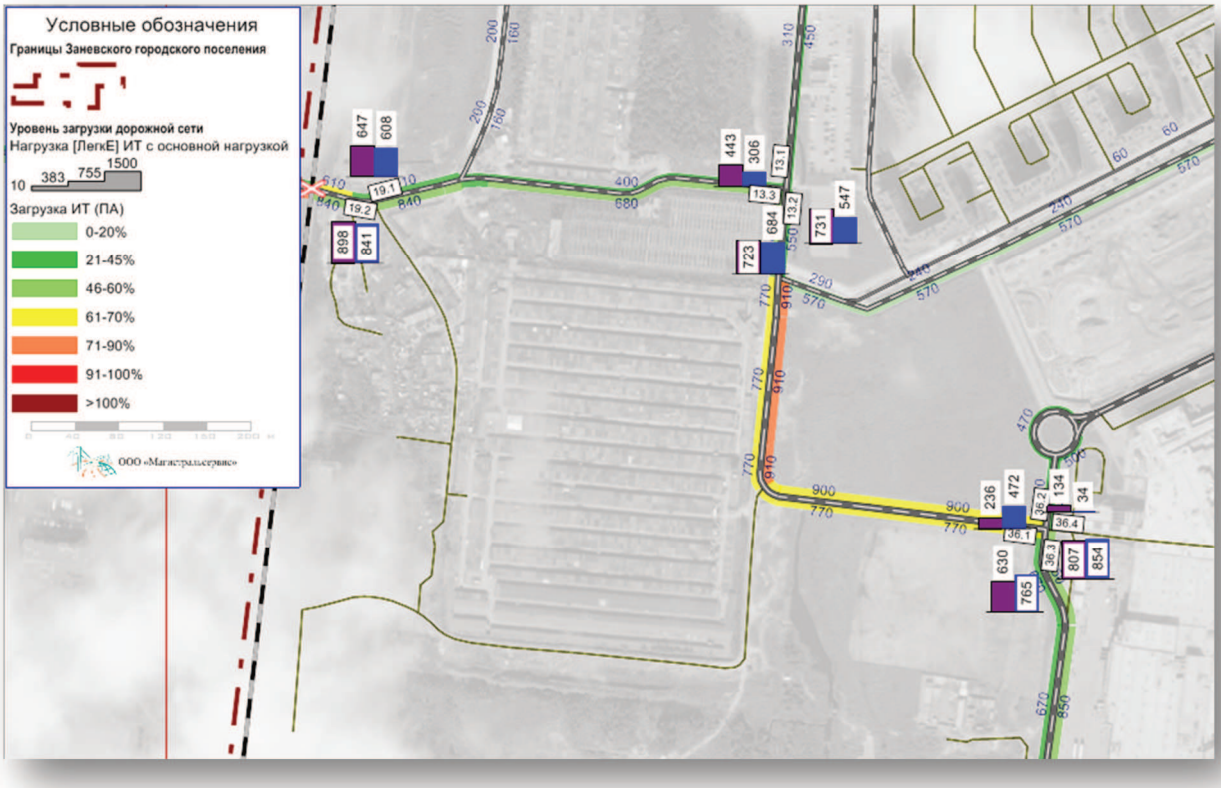


Рисунок 5.3.2 – Фрагмент картограммы уровня загрузки дорожной сети Заневского городского поселения в вечерний пиковый период на 2018 год.

5.4. Оценка показателей качества транспортной модели

Оценка результатов калибровки транспортной модели проводится посредством сравнения показателей, полученных при исследовании интенсивности транспортных потоков, с данными интенсивности, полученными в транспортной модели на местах подсчета (рисунки 5.4.1 и 5.4.2).

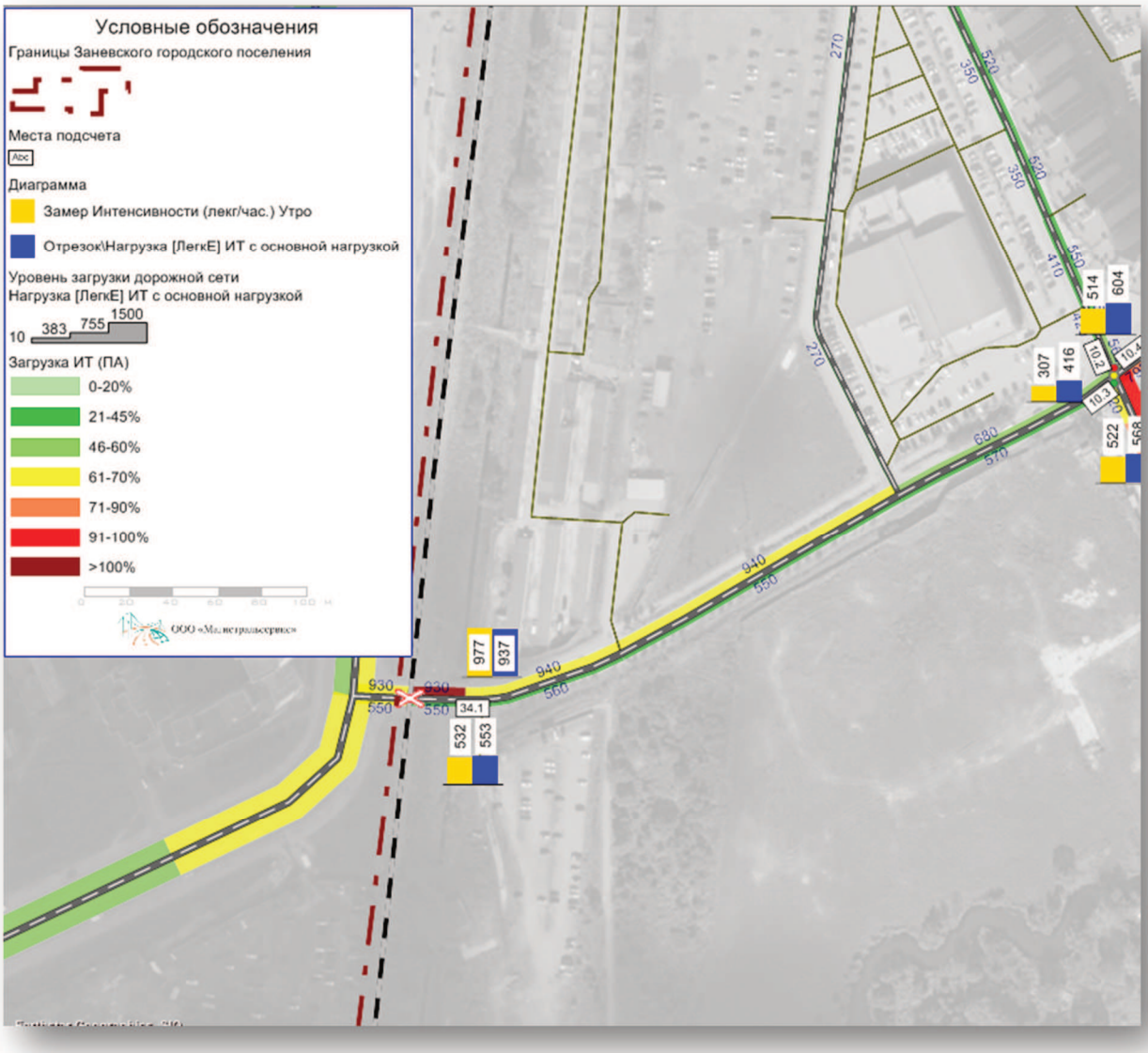


Рисунок 5.4.1 - сравнение показателей в транспортной модели утреннего пикового часа

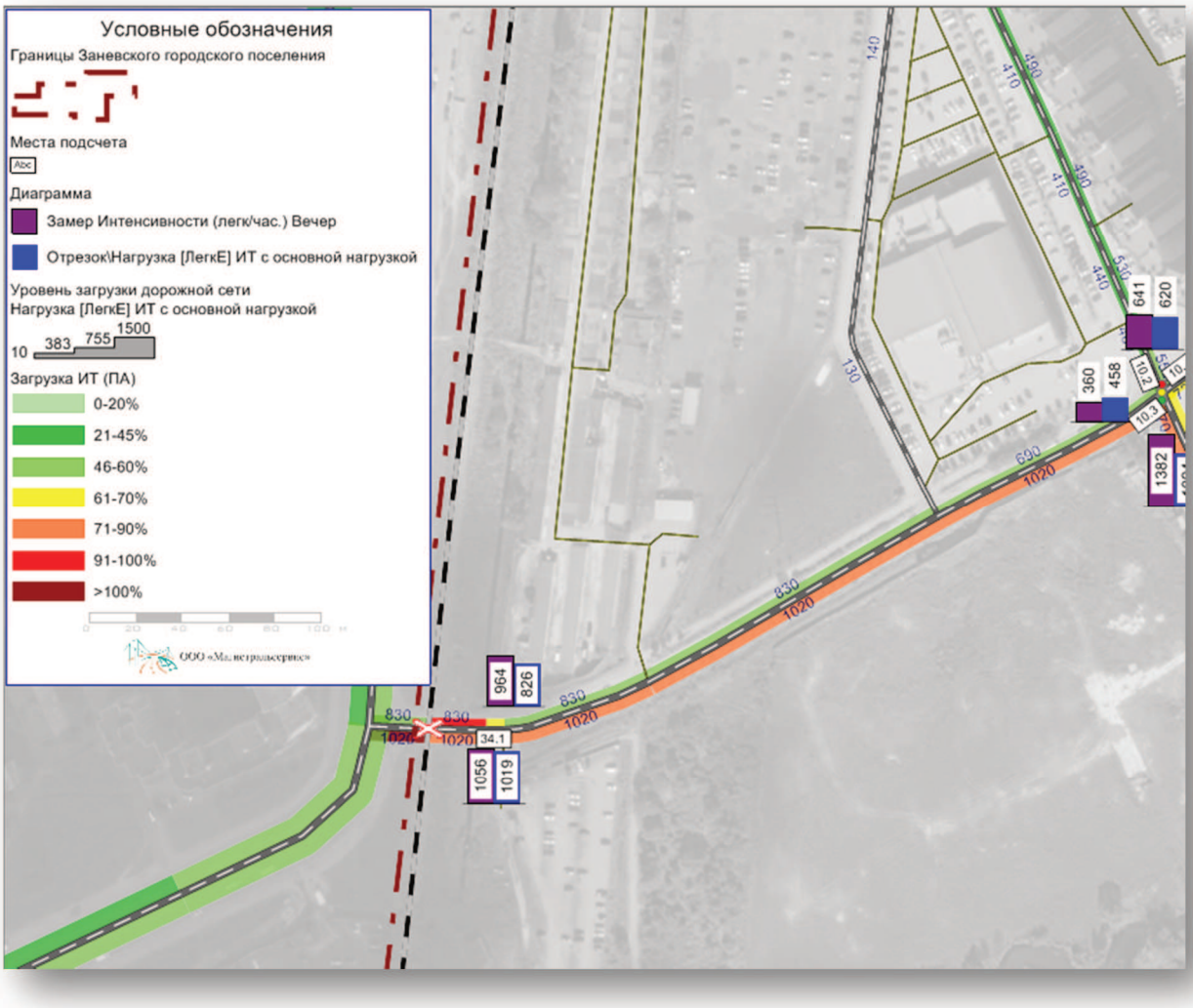


Рисунок 5.4.2 - сравнение показателей в транспортной модели вечернего пикового часа

Основными показателями оценки качества транспортной модели являются "коэффициент корреляции" и "средняя относительная ошибка".

Коэффициент корреляции - это мера тесноты линейной связи между фактическими данными интенсивности транспортных потоков и расчетными значениями в транспортной модели. Значения коэффициента колеблются в диапазоне от -1 до 1. Чем ближе данное значение к 1, тем точнее транспортная модель показывает распределение нагрузки на дорожной сети.

Коэффициент корреляции определяется по формуле:

$$r = \frac{\sum (Z_i - \overline{Z}) \cdot (U_i - \overline{U})}{\sqrt{\sum (Z_i - \overline{Z})^2 \cdot \sum (U_i - \overline{U})^2}},$$

$$\overline{Z} = \frac{1}{N} \cdot \sum Z_i, \qquad \overline{U} = \frac{1}{N} \cdot \sum U_i,$$

, где

Z_i - наблюдаемое значение;

U_i- значение, полученное расчетным путём из транспортной модели;

N - количество точек наблюдения.

Для транспортной модели Заневского городского поселения на утренний и вечерний пиковые часы коэффициент корреляции составил 0,924 и 0,926.

Средняя относительная ошибка - это среднее отклонение абсолютных значений (разница между фактическими данными интенсивности транспортных потоков и расчетными значениями в транспортной модели) в процентном соотношении.

Средняя относительная ошибка определяется по формуле:

$$(\delta_p) = \frac{\sum abs(Z_i - U_i)}{\sum Z_i} \cdot 100\%,$$

где

Z_i - наблюдаемое значение;

U_i- значение, полученное расчетным путём из транспортной модели.

Для транспортной модели Заневского городского поселения на утренний и вечерний пиковые часы средняя относительная ошибка составила 28,1% и 28,2%.

Полученные значения показателей качества модели говорят о том, что модель в целом отражает существующую ситуацию с высокой точностью, достаточной для использования построенной модели в целях долгосрочного прогнозирования.

Результаты анализа перераспределения транспортной модели Заневского городского поселения показаны на рисунке 5.4.3.

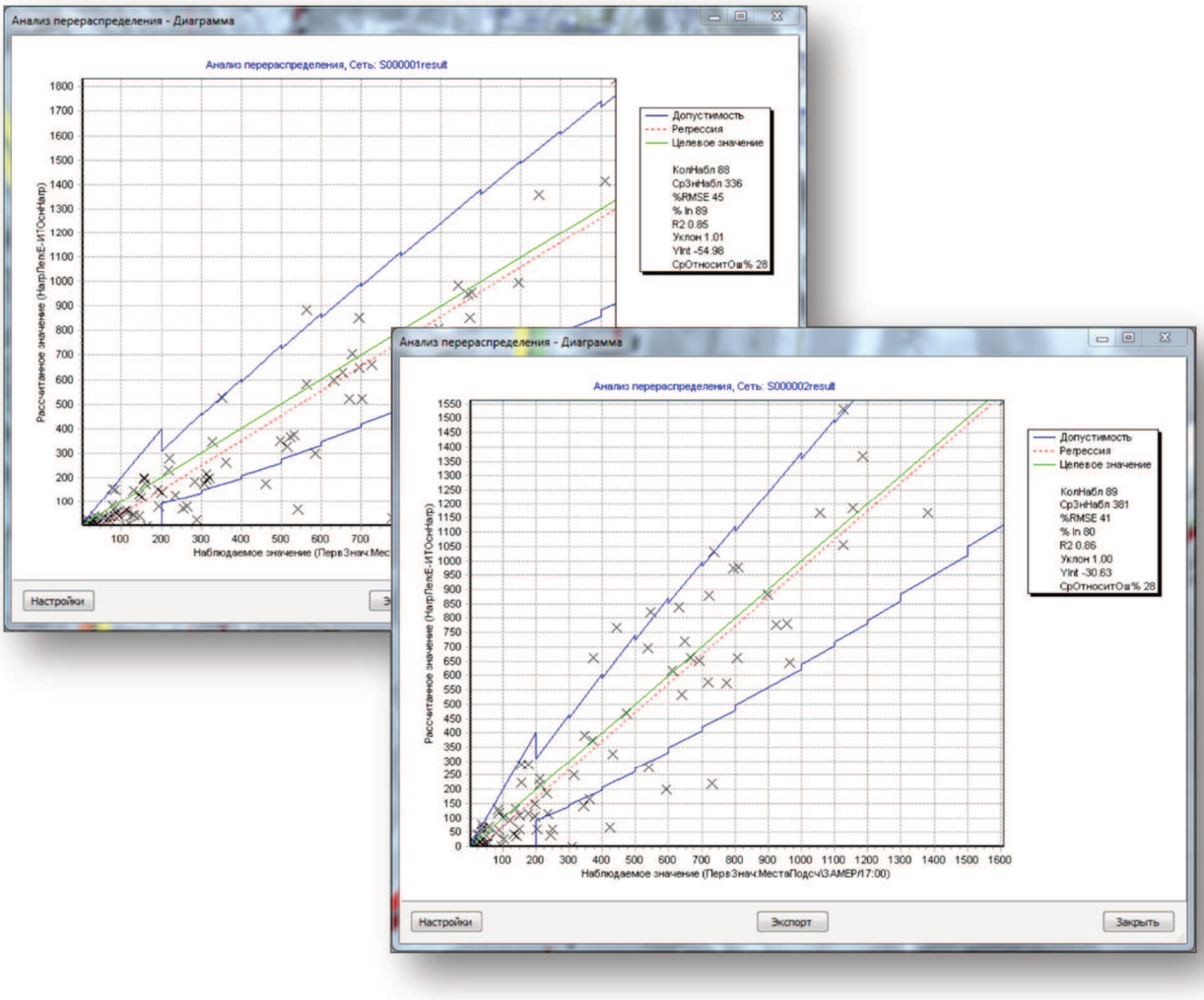


Рисунок 5.4.3 - анализ перераспределения транспортной модели Заневского городского поселения.

В результате выполнения указанных процедур, на выходе получена комплексная транспортная модель, позволяющая установить информацию об интенсивности движения на перегонах, скоростях движения на различных участках, уровнях загрузки участков дорожной сети, времени реализации перемещений различными видами транспорта. Модель позволяет вносить изменения в существующую дорожную сеть и данные о социально-экономической статистике транспортных районов, позволяя прорабатывать различные мероприятия по оптимизации транспортного движения в городе, анализировать их эффективность и сравнивать возможные последствия от различных сценариев развития транспортной инфраструктуры.

В таблице 5.4.1 приведены основные показатели функционирования существующей транспортной системы в транспортной модели Заневского городского поселения на 2018 год.

Таблица 5.4.1 – Основные показатели функционирования транспортной системы в транспортной модели Заневского городского поселения на 2018 год.

Показатель	Значение
Среднесуточные значения	
Объем спроса на индивидуальный транспорт (сумма матрицы ИТ без учета транзитного движения)	129 771 ед/сут
Объем спроса на общественный транспорт (сумма матрицы ОТ без учета транзитного движения)	21 147 ед/сут
Доля режима ИТ	85,99%
Доля режима ОТ	14,01%
Суммарный суточный пассажиропоток ОТ	21 086 пасс/сут
Утренний пиковый период	
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на общественном транспорте	46 мин. 40 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на индивидуальном транспорте в пределах Заневского городского поселения	25 мин. 4 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на индивидуальном транспорте в направлении г.Санкт-Петербург	30 мин. 38 сек.
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 до 90% в утренний час пик	1 043 метра
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90% в утренний час пик	2 080 метров
Вечерний пиковый период	
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на общественном транспорте	46 мин. 44 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на индивидуальном транспорте в пределах Заневского городского поселения	23 мин. 22 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на индивидуальном транспорте в направлении из г.Санкт-Петербург	28 мин. 59 сек.
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 до 90% в вечерний час пик	669 метров
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90% в вечерний час пик	1 512 метров

Графическое представление существующего уровня загрузки дорожной сети в транспортной модели Заневского городского поселения в утренний и вечерний пиковые периоды на 2018 год показано в приложениях 2.2.1 и 2.2.2.

5.5. Анализ наиболее загруженных участков дорожной сети

В результате проведенного анализа уровня загруженности дорожной сети в разработанной транспортной модели, выявлены участки с максимальной загрузкой на

территории Заневского городского поселения. В утренний пиковый период таковыми являются:

- Кудровский проезд от ул. Центральной г. Кудрово в сторону просп. Большевиков г. Санкт-Петербург;

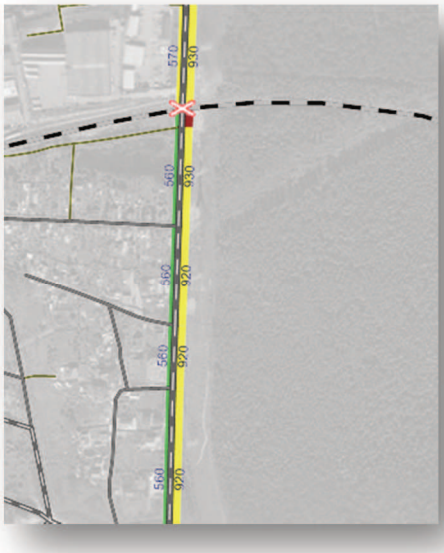
- ул. Центральная г. Кудрово от просп. Строителей в сторону ТЦ «Мега»;

- ул. Центральная г. Кудрово от ул. Альпийской в сторону ул. Промышленной;

- ул. Центральная г. Кудрово от ул. Пражской в сторону ул. Ленинградской;

- проезд от ул. Ленинградской г. Кудрово в сторону ул. Дыбенко г. Санкт-Петербург;

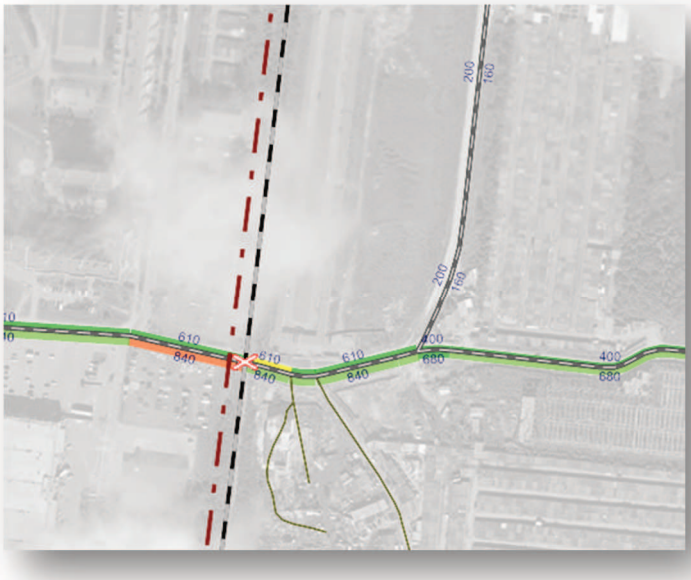
- участки а/д «Подъезд к Заневскому посту» в сторону Колтушского шоссе;



- участок а/д «Колтушское шоссе» в границах г.п. Янино-1.

В вечерний пиковый период наиболее загруженными участками дорожной сети на территории Заневского городского поселения являются:

- Кудровский проезд от просп. Большевиков г. Санкт-Петербург в сторону ул. Центральной г. Кудрово;



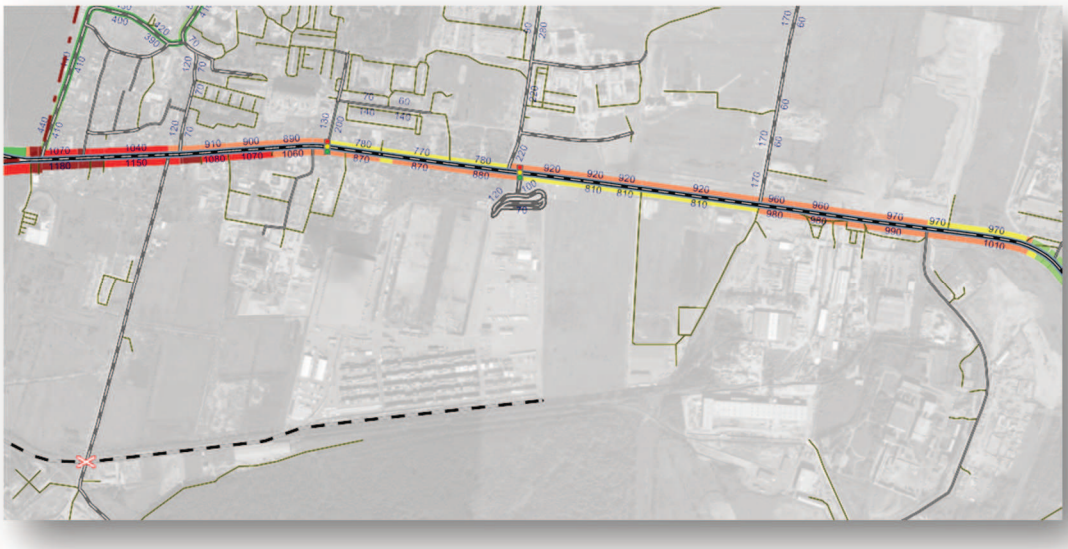
- ул. Центральная г. Кудрово от ТЦ «Мега» в сторону просп. Строителей;

- ул. Центральная г. Кудрово от ул. Ленинградской в сторону ул. Пражской;

- проезд от ул. Дыбенко г. Санкт-Петербург в сторону ул. Ленинградской г. Кудрово;

- участки а/д «Подъезд к Заневскому посту» в сторону г. Кудрово;

- участок а/д «Колтушское шоссе» в границах г.п. Янино-1.



6. Разработка вариантов перспективной транспортной модели

6.1 Разработка первоочередных мероприятий на 2019-2020 годы

Для разработки первоочередных мероприятий по распределению транспортных потоков и снижению уровня нагрузки на дорожную сеть Заневского городского поселения на 2019-2020 годы, интенсивность движения в транспортной модели была увеличена на 30% от текущих значений согласно п. В.7 ОДМ 218.2.020-2012.

Также в модель внесены существующие планы по развитию транспортной инфраструктуры на территории Заневского городского поселения на период 2019-2020 г.:

- ✓ Завершение строительства просп. Строителей г. Кудрово;
- ✓ Завершение строительства просп. Европейский г. Кудрово;
- ✓ Строительство продолжения ул. Центральная г. Кудрово с выходом на Мурманское шоссе в рамках реализации проекта Транспортно-пересадочного узла «Кудрово»;
- ✓ Строительство проезда от просп. Строителей г. Кудрово до кольцевого пересечения в районе ТЦ «Мега»;
- ✓ Строительство проезда от ул. Областная г. Кудрово до ул. Подвойского г. Санкт-Петербург с устройством железнодорожного переезда в одном уровне;
- ✓ Реконструкция ул. Голландская г.п. Янино-1 на участке от а/д на ЖК «ЯсноЯнино» до Колтушского шоссе с организацией 4-полосного движения;
- ✓ Реконструкция Кудровского проезда на участке от ул. Центральной г. Кудрово до границы с г. Санкт-Петербург;
- ✓ Устройство светофорного объекта на примыкании ул. Голландской г.п. Янино-1 к Колтушскому шоссе;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении Европейского просп., ул. Австрийской и ул. Английской г. Кудрово;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении Европейского просп. и просп. Строителей г. Кудрово в районе ТЦ «Мега»;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении просп. Строителей и ул. Английской г. Кудрово;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении просп. Строителей и ул. Пражской г. Кудрово;
- ✓ Устройство светофорного объекта на планируемом пересечении Европейского просп. и просп. Строителей г. Кудрово в районе парка Оккервиль;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении ул. Пражской и ул. Центральной г. Кудрово;

- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении просп. Строителей и ул. Центральной г. Кудрово;
- ✓ Устройство светофорного объекта вызывного типа на Европейском просп. г. Кудрово в районе кольцевого пересечения с ул. Пражской;
- ✓ Устройство светофорного объекта вызывного типа на ул. Пражской г. Кудрово в районе кольцевого пересечения с Европейским проспектом.

Снижение нагрузки на транспортную систему выполняется посредством проработки на транспортной модели комплекса мероприятий по предотвращению заторовых ситуаций и повышению безопасности дорожного движения. К подобным мероприятиям могут относиться: запрет определенных маневров на перекрестках, смена приоритета проезда, оптимизация циклов регулирования существующих светофорных объектов, изменение типа регулирования на перекрестках, ввод участков с односторонним движением, и т.д.

Перечень рекомендуемых мероприятий по организации дорожного движения формируется по результатам их апробирования на перспективной транспортной модели с учетом их максимальной эффективности при наименьших экономических затратах.

В таблице 6.1.1 приведены основные показатели функционирования перспективной транспортной системы в транспортной модели Заневского городского поселения на 2019-2020 годы.

Таблица 6.1.1 – Основные показатели функционирования транспортной системы в транспортной модели Заневского городского поселения на 2019-2020 годы.

Показатель	Значение	Эффект от значений 2018 года
Среднесуточные значения		
Объем спроса на индивидуальный транспорт (сумма матрицы ИТ без учета транзитного движения)	130 192 ед/сут	-
Объем спроса на общественный транспорт (сумма матрицы ОТ без учета транзитного движения)	20 909 ед/сут	-
Доля режима ИТ	86,16%	-
Доля режима ОТ	13,84%	-
Суммарный суточный пассажиропоток ОТ	20 854 пасс/сут	-
Утренний пиковый период		
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на общественном транспорте	45 мин. 19 сек.	-1 мин. 21 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на индивидуальном	26 мин. 4 сек.	-

транспорте в пределах Заневского городского поселения		
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на индивидуальном транспорте в направлении г.Санкт-Петербург	31 мин. 33 сек.	-
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 до 90% в утренний час пик	984 метра	-59 метров
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90% в утренний час пик	1 867 метров	-213 метров
Вечерний пиковый период		
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на общественном транспорте	46 мин. 50 сек.	-
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на индивидуальном транспорте в пределах Заневского городского поселения	23 мин. 22 сек.	-
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на индивидуальном транспорте в направлении из г.Санкт-Петербург	28 мин. 51 сек.	-8 сек.
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 до 90% в вечерний час пик	266 метров	-403 метра
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90% в вечерний час пик	97 метров	-1415 метров

По результатам разработки первоочередных мероприятий на 2019-2020 годы, сформирован перечень дополнительных мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры на территории Заневского городского поселения:

Мероприятия по развитию дорожной сети:

- ✓ Реконструкция ул. Промышленная г. Кудрово на участке от ул. Центральной до Кудровского проезда;
- ✓ Реконструкция ул. Голландская г.п. Янино-1 на участке от а/д на ЖК «ЯснoЯнино» до Бульвара Славы;
- ✓ Реконструкция ул. Кольцевая г.п. Янино-1 на участке от ул. 1-я Линия до ул. 6-я Линия;
- ✓ Реконструкция ул. 2-я и 3-я Линия г.п. Янино-1;
- ✓ Реконструкция ул. 6-я Линия г.п. Янино-1;
- ✓ Реконструкция ул. Центральная д. Заневка на участке от ул. Питерской до Колтушского шоссе с добавлением полосы для движения в сторону Колтушского шоссе.

Мероприятия по организации дорожного движения:

- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении просп. Строителей и ул. Областной г. Кудрово;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении ул. Областной г. Кудрово и проектируемого проезда в сторону ул. Подвойского г. Санкт-Петербург;
- ✓ Устройство светофорного объекта вызывного типа на пересечении Европейского просп. и ул. Венской г. Кудрово;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении ул. Голландской и ул. Ветряных Мельниц г.п. Янино-1;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении ул. Кольцевой и ул. Заневской г.п. Янино-1;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении а/д «Подъезд к Заневскому посту» и ул. Ладожской д. Заневка;
- ✓ Организация одностороннего движения на участке ул. Областной г. Кудрово от ул. Ленинградской до ул. Областной д.1С1;
- ✓ Организация одностороннего движения на участке Кудровского проезда от ул. Промышленной до ул. Центральной;
- ✓ Организация одностороннего движения на участке ул. Центральной г. Кудрово от Кудровского проезда до ул. Промышленной;
- ✓ Организация одностороннего движения на участке ул. Промышленной г. Кудрово от ул. Центральной до Кудровского проезда;
- ✓ Организация одностороннего движения на участке ул. Кольцевой г.п. Янино-1 от ул. 1-я Линия до ул. Кольцевой;
- ✓ Организация одностороннего движения на участке ул. Кольцевой г.п. Янино-1 от ул. Кольцевой до ул. 1-я Линия;
- ✓ Организация одностороннего движения на участке ул. 2-я и 3-я Линия г.п. Янино-1 от ул. Кольцевой до Колтушского шоссе;
- ✓ Организация одностороннего движения на ул. 6-я Линия г.п. Янино-1 в сторону ул. Кольцевой;
- ✓ Организация реверсивного движения на участке а/д «Подъезд к Заневскому посту» от ул. Областная г. Кудрово до Колтушского шоссе;
- ✓ Организация зоны успокоенного движения на участке ул. Ленинградской г. Кудрово от ул. Областной до просп. Строителей;
- ✓ Организация зоны успокоенного движения на участке ул. Голландской г.п. Янино-1 от а/д на ЖК «ЯсноЯнино» до Бульвара Славы;

- ✓ Ввод запрета левого поворота на примыкании существующего одностороннего проезда в районе фитнес-центра «Alex Fitness» к ул. Ленинградской г. Кудрово;
- ✓ Ввод запрета прямого проезда по ул. Центральная г. Кудрово в сторону Кудровского проезда на пересечении ул. Центральной и просп. Строителей;
- ✓ Смена приоритета проезда на пересечении ул. Центральной и просп. Строителей г. Кудрово – направление главной дороги с просп. Строителей налево на ул. Центральную;
- ✓ Смена приоритета проезда на пересечении ул. Центральной г. Кудрово и Кудровского проезда – направление главной дороги с Кудровского проезда налево на ул. Центральную;
- ✓ Смена приоритета проезда на пересечении ул. Центральной и ул. Пражской г. Кудрово – направление главной дороги с ул. Пражской направо на ул. Центральную.

Мероприятия по оптимизации системы пассажирских перевозок:

- ✓ Изменение схемы движения местных автобусных маршрутов № 491, 492а, 596а, 692 в направлении г. Санкт-Петербург – организация движения автобусов по ул. Промышленной г. Кудрово и Кудровскому проезду с выездом на ул. Дыбенко г. Санкт-Петербург через просп. Большевиков;
- ✓ Изменение схемы движения районного автобусного маршрута № 618 – организация движения автобусов по просп. Строителей г. Кудрово.

Графическое представление перспективной маршрутной сети г. Кудрово с учетом предлагаемых изменений на 2019-2020 годы показано на рисунке 6.1.1.

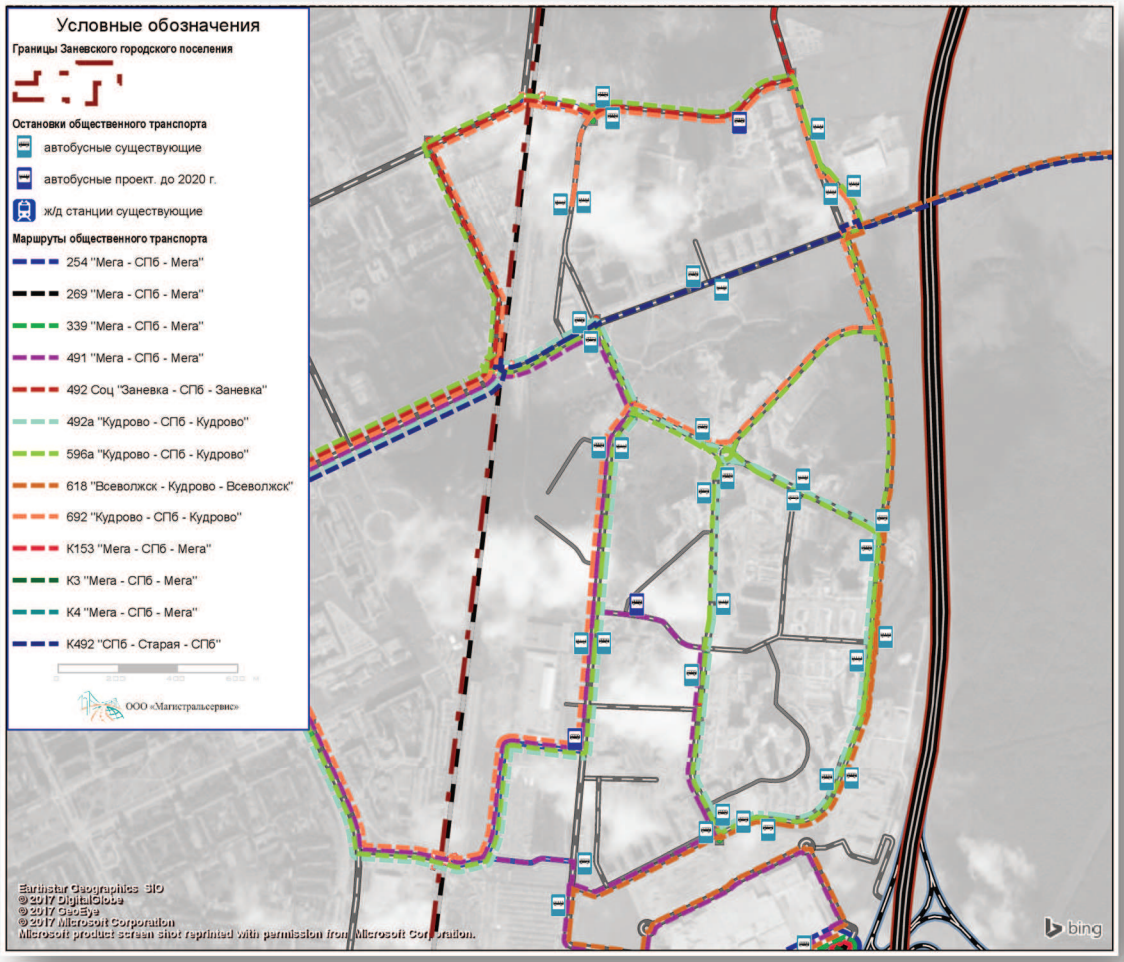


Рисунок 6.1.1 - перспективная маршрутная сеть пассажирского транспорта, обслуживающего территорию г. Кудрово, с учетом предлагаемых изменений на 2019-2020 годы.

Мероприятия по обеспечению доступности пассажирского транспорта:

- ✓ Строительство остановочных пунктов на ул. Промышленная, ул. Австрийская, ул. Областная г. Кудрово.

Графическое представление перспективной доступности пассажирского транспорта на территории г. Кудрово с учетом предлагаемых изменений на 2019-2020 годы показано на рисунке 6.1.2.

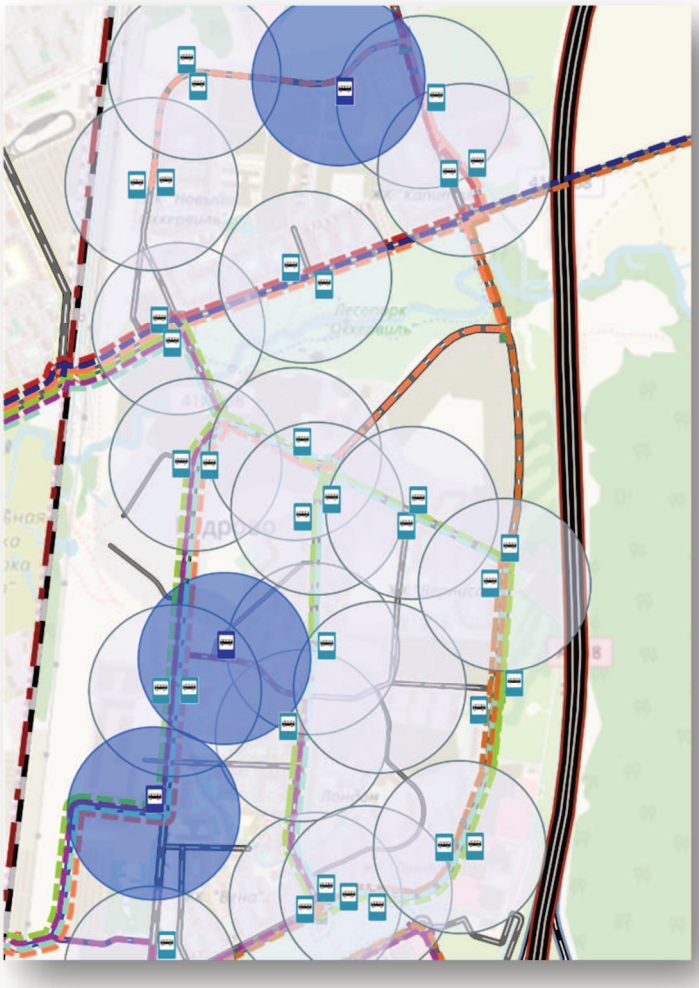


Рисунок 6.1.2 - перспективная доступность пассажирского транспорта на территории г. Кудрово с учетом предлагаемых изменений на 2019-2020 годы.

Графическое представление прогнозируемого уровня загрузки дорожной сети в транспортной модели Заневского городского поселения на 2019-2020 годы в утренний и вечерний пиковые периоды показано в приложениях 2.2.3 и 2.2.4.

6.2 Разработка транспортной модели на период до 2024 года

При расчете перспективной интенсивности движения на территории Заневского городского поселения до 2024 года учитывался прогноз социально-экономического развития по результатам анализа исходных данных, полученных в ходе проведения работ 1 этапа, а именно:

- прогнозируемый рост уровня автомобилизации населения на 2023 год, согласно материалам Региональных нормативов градостроительного проектирования Ленинградской области – 12,1 % к существующему состоянию (370 авт./1 000 чел.);

- прогнозируемый рост численности населения на 2023 год согласно результатам проведенных социологических исследований и пространственного анализа планов по развитию территории Заневского городского поселения – 66,4% к численности населения на текущий год (256 206 чел.).

Также в модель внесены существующие планы по развитию транспортной инфраструктуры на территории Заневского городского поселения на период с 2021 по 2023 годы:

- ✓ Развитие дорожной сети в г. Кудрово в рамках реализации проекта Транспортно-пересадочного узла «Кудрово» со строительством транспортных развязок в разных уровнях в районе ТЦ «Мега»;
- ✓ Строительство перспективной трамвайной линии ст.м. «Улица Дыбенко» - ТПУ «Кудрово»;
- ✓ Строительство а/д регионального значения «Широтная магистраль скоростного движения с мостом через реку Нева в створе ул. Фаянсовая – ул. Зольная» с организацией 4-полосного движения и строительством транспортных развязок и путепроводов в разных уровнях (с учетом пользования на платной основе);
- ✓ Строительство а/д регионального значения «Подъезд к городу Всеволожск» с организацией 4-полосного движения и устройством съездов и участков для разворота транспорта;
- ✓ Строительство а/д регионального значения от проектируемой а/д «Широтная магистраль скоростного движения с мостом через реку Нева в створе ул. Фаянсовая – ул. Зольная» до проектируемой а/д «Подъезд к городу Всеволожск» с организацией 4-полосного движения и строительством транспортных развязок и путепроводов в разных уровнях;
- ✓ Строительство дорожного обхода д. Новосергиевка;
- ✓ Строительство участка а/д «дорога на д. Новосаратовка» в части строительства дорожного обхода д. Новосергиевка с организацией 4-полосного движения;
- ✓ Строительство а/д от ж/д. ст. Пятый км. до Колтушского шоссе в районе д. Янино-2 со строительством выезда на ул. Промышленную г.п. Янино-1;
- ✓ Строительство а/д от строящейся пожарной части в районе ЖК «ЯсноЯнино» до ул. Ясной г.п. Янино-1;
- ✓ Строительство продолжения ул. Ветряных Мельниц г.п. Янино-1 до а/д «дорога на д. Орово»;

- ✓ Строительство участков дорожной сети на застраиваемых территориях (согласно актуализированной транспортной схемы в составе внесения изменений в Генеральный план Заневского городского поселения);
- ✓ Реконструкция Колтушского шоссе на участке от КАД до д. Колтуши с организацией 4-полосного движения, устройством участков для разворота транспорта и ликвидацией светофорных объектов на примыканиях к Колтушскому шоссе в границах г.п. Янино-1;
- ✓ Реконструкция а/д «деревня Старая – Кудрово» на участке от д. Старая до д. Новосергиевка с организацией 4-полосного движения и строительством путепровода через железную дорогу в районе ж/д ст. «7 км»;
- ✓ Реконструкция Бульвара Славы г.п. Янино-1 на участке от ул. Голландской до коттеджного поселка Янино с организацией 4-полосного движения;
- ✓ Реконструкция ул. Ленинградская г. Кудрово на участке от ул. Областной до границы с г. Санкт-Петербург с организацией 4-полосного движения;
- ✓ Реконструкция а/д «деревня Старая – Кудрово» на участке от г. Кудрово до д. Новосергиевка;
- ✓ Реконструкция а/д «дорога на д. Орово» на участке от проектируемого продолжения ул. Ветряных Мельниц до ЖК «ЯсноЯнино»;
- ✓ Устройство светофорных объектов в количестве 2 шт. на проектируемой дорожной сети г. Кудрово в рамках реализации проекта Транспортно-пересадочного узла «Кудрово»;
- ✓ Устройство светофорного объекта на пересечении Кудровского проезда, ул. Промышленной г. Кудрово и проектируемой дороги в направлении ТПУ «Кудрово»;
- ✓ Изменение схемы движения местных автобусных маршрутов – организация движения автобусов до проектируемого ТПУ «Кудрово».

На основе данных прогнозов были разработаны модификации транспортной модели на 2024 год с учетом планируемых мероприятий (*Базовый вариант развития*), а также выполнена оптимизация перечня планируемых мероприятий по результатам анализа прогнозируемой нагрузки на дорожной сети Заневского городского поселения (*Оптимальный вариант развития*).

В таблице 6.2.1 приведены основные показатели функционирования перспективной транспортной системы в транспортной модели Заневского городского поселения на 2024 год.

Таблица 6.2.1 – Основные показатели функционирования транспортной системы в транспортной модели Заневского городского поселения на 2024 год.

Показатель	Значение	Эффект от значений 2018 года
Среднесуточные значения		
Объем спроса на индивидуальный транспорт (сумма матрицы ИТ без учета транзитного движения)	178 177 ед/сут	+37%
Объем спроса на общественный транспорт (сумма матрицы ОТ без учета транзитного движения)	52 209 ед/сут	+147%
Доля режима ИТ	77,34%	-8,7%
Доля режима ОТ	22,66%	+8,7%
Суммарный суточный пассажиропоток ОТ	50 439 пасс/сут	+29 353 пасс/сут
Утренний пиковый период		
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на общественном транспорте	35 мин. 13 сек.	-11 мин. 27 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на индивидуальном транспорте в пределах Заневского городского поселения	26 мин. 10 сек.	-
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на индивидуальном транспорте в направлении г.Санкт-Петербург	30 мин. 15 сек.	-23 сек.
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 до 90% в утренний час пик	103 метра	-940 метров
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90% в утренний час пик	62 метра	-2 018 метров
Вечерний пиковый период		
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на общественном транспорте	33 мин. 33 сек.	-13 мин. 11 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на индивидуальном транспорте в пределах Заневского городского поселения	22 мин. 32 сек.	-50 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на индивидуальном транспорте в направлении из г.Санкт-Петербург	27 мин. 55 сек.	-1 мин. 4 сек.
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 до 90% в вечерний час пик	37 метров	-632 метра
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90% в вечерний час пик	0 метров	-1512 метров

По результатам разработки оптимального варианта развития до 2024 года, сформирован перечень дополнительных мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры на территории Заневского городского поселения:

Мероприятия по развитию дорожной сети:

- ✓ Реконструкция ул. Заводская г. Кудрово на участке от Колтушского шоссе до ж/д. ст. Пятый км.;
- ✓ Реконструкция а/д «Подъезд к Заневскому посту» на участке от ул. Питерской д. Заневка до ул. Областной г. Кудрово с добавлением полосы для движения в сторону Колтушского шоссе;
- ✓ Реконструкция ул. Промышленная г.п. Янино-1 на участке от Колтушского шоссе до проектируемой а/д «ж/д. ст. Пятый км. – Колтушское шоссе в районе д. Янино-2».

Мероприятия по организации дорожного движения:

- ✓ Ликвидация нерегулируемых наземных пешеходных переходов на просп. Строителей г. Кудрово и Колтушском шоссе в границах г.п. Янино-1, д. Суоранда, д. Янино-2 с устройством внеуличных пешеходных переходов.

Мероприятия по оптимизации системы пассажирских перевозок:

- ✓ Изменение схемы движения местного автобусного маршрута № 492 Соц – продление маршрута от д. Заневка до ЖК «ЯсноЯнино» г.п. Янино-1.

Графическое представление перспективной маршрутной сети Заневского городского поселения с учетом предлагаемых изменений до 2024 года показано на рисунке 6.2.1.

Рисунок 6.2.1 - перспективная маршрутная сеть пассажирского транспорта, обслуживающего территорию Заневского городского поселения с учетом предлагаемых изменений до 2024 года.

Мероприятия по обеспечению доступности пассажирского транспорта:

- ✓ Строительство остановочных пунктов на просп. Строителей и ул. Областная г. Кудрово, на ул. Центральная д. Заневка и на а/д на ЖК «ЯснoЯнино» г.п. Янино-1.

Графическое представление перспективной доступности пассажирского транспорта на территории Заневского городского поселения с учетом предлагаемых изменений до 2024 года показано на рисунке 6.2.2.

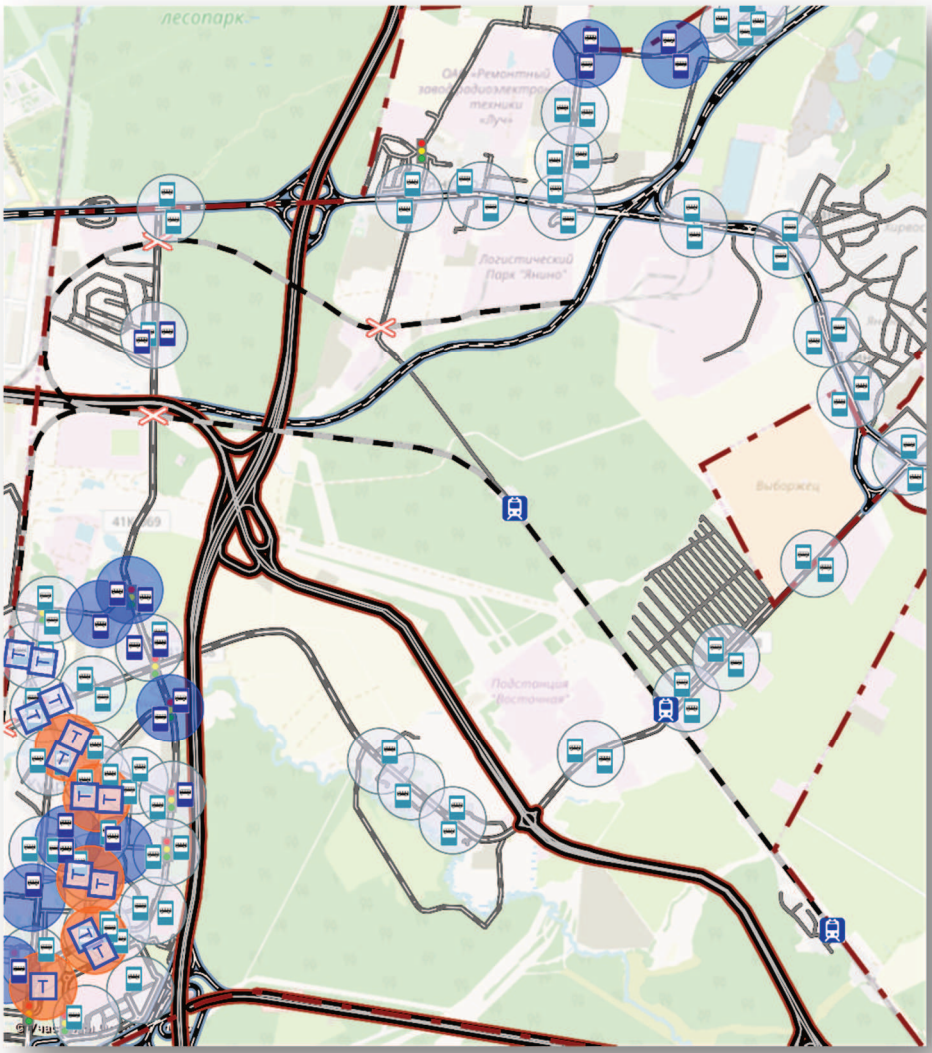


Рисунок 6.2.2 - перспективная доступность пассажирского транспорта на территории Заневского городского поселения с учетом предлагаемых изменений до 2024 года.

Графическое представление прогнозируемого уровня загрузки дорожной сети в транспортной модели Заневского городского поселения на 2024 год в утренний и вечерний пиковые периоды показано в приложениях 2.2.5 и 2.2.6.

6.3 Разработка транспортной модели на период до 2034 года

При расчете перспективной интенсивности движения на территории Заневского городского поселения до 2034 года учитывался прогноз социально-экономического развития по результатам анализа исходных данных, полученных в ходе проведения работ 1 этапа, а именно:

- прогнозируемый рост уровня автомобилизации населения на 2034 год, согласно материалам Региональных нормативов градостроительного проектирования Ленинградской области – 39,4 % к существующему состоянию (460 авт./1 000 чел.);

- прогнозируемый рост численности населения на 2034 год согласно результатам проведенных социологических исследований и пространственного анализа планов по развитию территории Заневского городского поселения – 100,1% к численности населения на текущий год (308 112 чел.).

Также в модель внесены существующие планы по развитию транспортной инфраструктуры на территории Заневского городского поселения на период с 2024 по 2033 годы:

- ✓ Строительство а/д регионального значения «д. Колтуши – д. Новосаратовка» с организацией 4-полосного движения;
- ✓ Развитие дорожной сети в районе проектируемого электродепо;
- ✓ Строительство станции метро «Кудрово» с подключением к 4 линии метрополитена г. Санкт-Петербург (2025 г.);
- ✓ Строительство станции метро «Янино-1» с подключением к проектируемой линии метрополитена г. Санкт-Петербург (после 2030 г.);
- ✓ Строительство продолжения ул. Промышленная г. Кудрово;
- ✓ Строительство участков дорожной сети на застраиваемых территориях (согласно актуализированной транспортной схемы в составе внесения изменений в Генеральный план Заневского городского поселения);
- ✓ Реконструкция ул. Центральная г. Кудрово;
- ✓ Реконструкция а/д «Подъезд к Заневскому посту» с организацией 4-полосного движения;
- ✓ Реконструкция участка а/д «дорога на д. Орово» в границах г.п. Янино-1;
- ✓ Реконструкция а/д от Бульвара Славы до проектируемого разворотного кольца в направлении ул. Кольцевой г.п. Янино-1.

На основе данных прогнозов были разработаны модификации транспортной модели на 2034 год с учетом планируемых мероприятий (*Базовый вариант развития*), а также выполнена оптимизация перечня планируемых мероприятий по результатам анализа прогнозируемой нагрузки на дорожной сети Заневского городского поселения (*Оптимальный вариант развития*).

В таблице 6.3.1 приведены основные показатели функционирования перспективной транспортной системы в транспортной модели Заневского городского поселения на 2034 год.

Таблица 6.3.1 – Основные показатели функционирования транспортной системы в транспортной модели Заневского городского поселения на 2034 год.

Показатель	Значение	Эффект от значений 2018 года
Среднесуточные значения		
Объем спроса на индивидуальный транспорт (сумма матрицы ИТ без учета транзитного движения)	244 337 ед/сут	+88%
Объем спроса на общественный транспорт (сумма матрицы ОТ без учета транзитного движения)	103 118 ед/сут	+388%
Доля режима ИТ	70,32%	-15,7%
Доля режима ОТ	29,68%	+15,7%
Суммарный суточный пассажиропоток ОТ	106 902 пасс/сут	+85 816 пасс/сут
Утренний пиковый период		
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на общественном транспорте	37 мин. 36 сек.	-9 мин. 4 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на индивидуальном транспорте в пределах Заневского городского поселения	27 мин. 49 сек.	-
Среднее время реализации корреспонденций в утренний час пик на индивидуальном транспорте в направлении г.Санкт-Петербург	31 мин. 16 сек.	-
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 до 90% в утренний час пик	597 метров	-446 метров
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90% в утренний час пик	52 метра	-2 028 метров
Вечерний пиковый период		
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на общественном транспорте	35 мин. 22 сек.	-11 мин. 22 сек.
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на индивидуальном транспорте в пределах Заневского городского поселения	23 мин. 36 сек.	-
Среднее время реализации корреспонденций в вечерний час пик на индивидуальном транспорте в направлении из г.Санкт-Петербург	29 мин. 19 сек.	-
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 до 90% в вечерний час пик	313 метров	-356 метров
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90% в вечерний час пик	37 метров	-1 475 метров

По результатам разработки оптимального варианта развития до 2034 года, сформирован перечень дополнительных мероприятий по развитию транспортной инфраструктуры на территории Заневского городского поселения:

Мероприятия по развитию дорожной сети:

- ✓ Реконструкция участка а/д «деревня Старая – Кудрово» в границах д. Новосергиевка;
- ✓ Реконструкция ул. Заневская г.п. Янино-1 на участке от Колтушского шоссе до проектируемого разворотного кольца в направлении Бульвара Славы.

Мероприятия по оптимизации системы пассажирских перевозок:

- ✓ Ввод нового местного автобусного маршрута кольцевого типа «г.п. Янино-1 – д. Заневка – ж/д ст. «5-й км» – г.п. Янино-1».

Графическое представление перспективной маршрутной сети Заневского городского поселения с учетом предлагаемых изменений до 2034 года показано на рисунке 6.3.1.

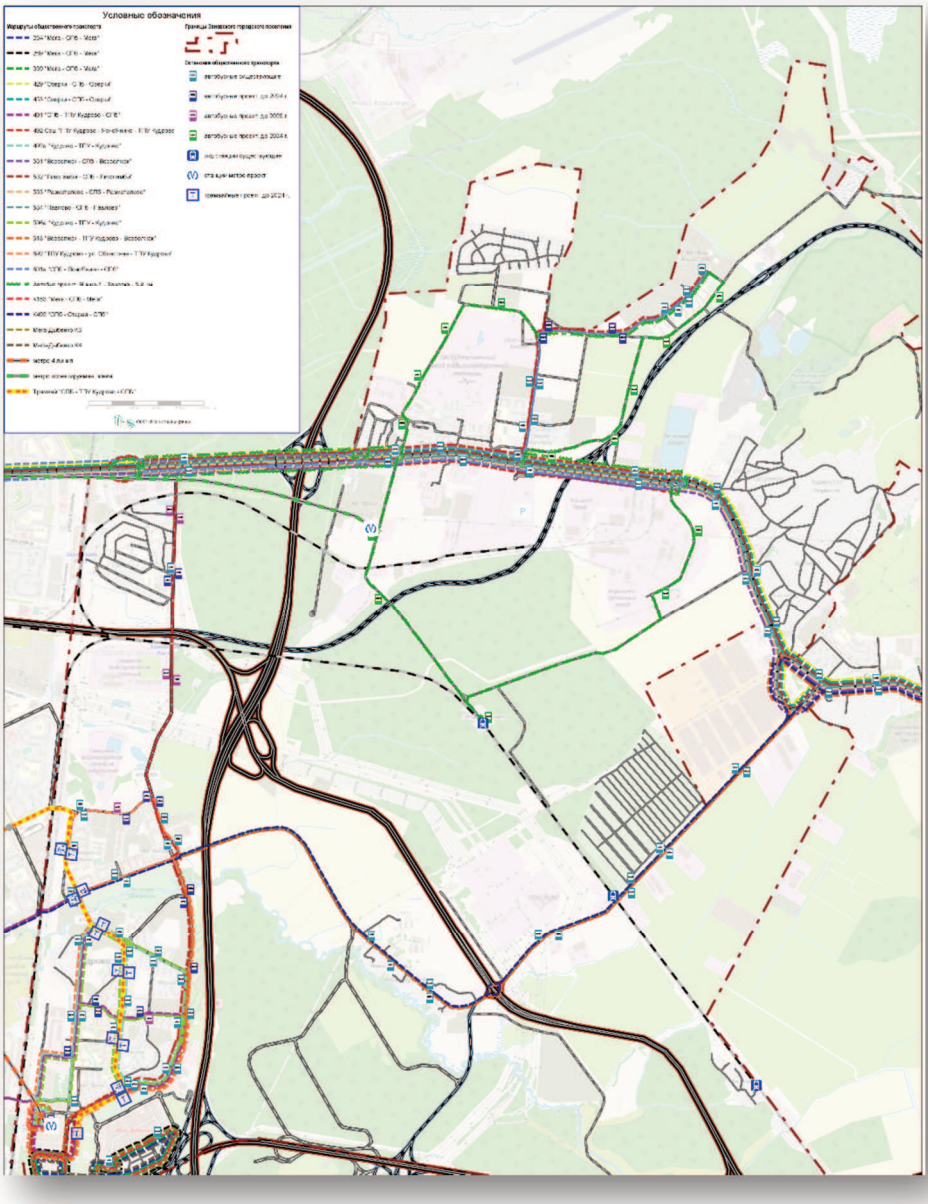


Рисунок 6.3.1 - перспективная маршрутная сеть пассажирского транспорта, обслуживающего территорию Заневского городского поселения с учетом предлагаемых изменений до 2034 года.

Мероприятия по обеспечению доступности пассажирского транспорта:

- ✓ Строительство остановочных пунктов на ул. Английская и ул. Областная г. Кудрово, на ул. Центральная д. Заневка, на а/д от Бульвара Славы до ул. Кольцевая, на ул. Заводская, ул. Промышленная, ул. Ветряных Мельниц г.п. Янино-1, на ж/д ст. «5-й км».

Графическое представление перспективной доступности пассажирского транспорта на территории Заневского городского поселения с учетом предлагаемых изменений до 2034 года показано на рисунке 6.3.2.

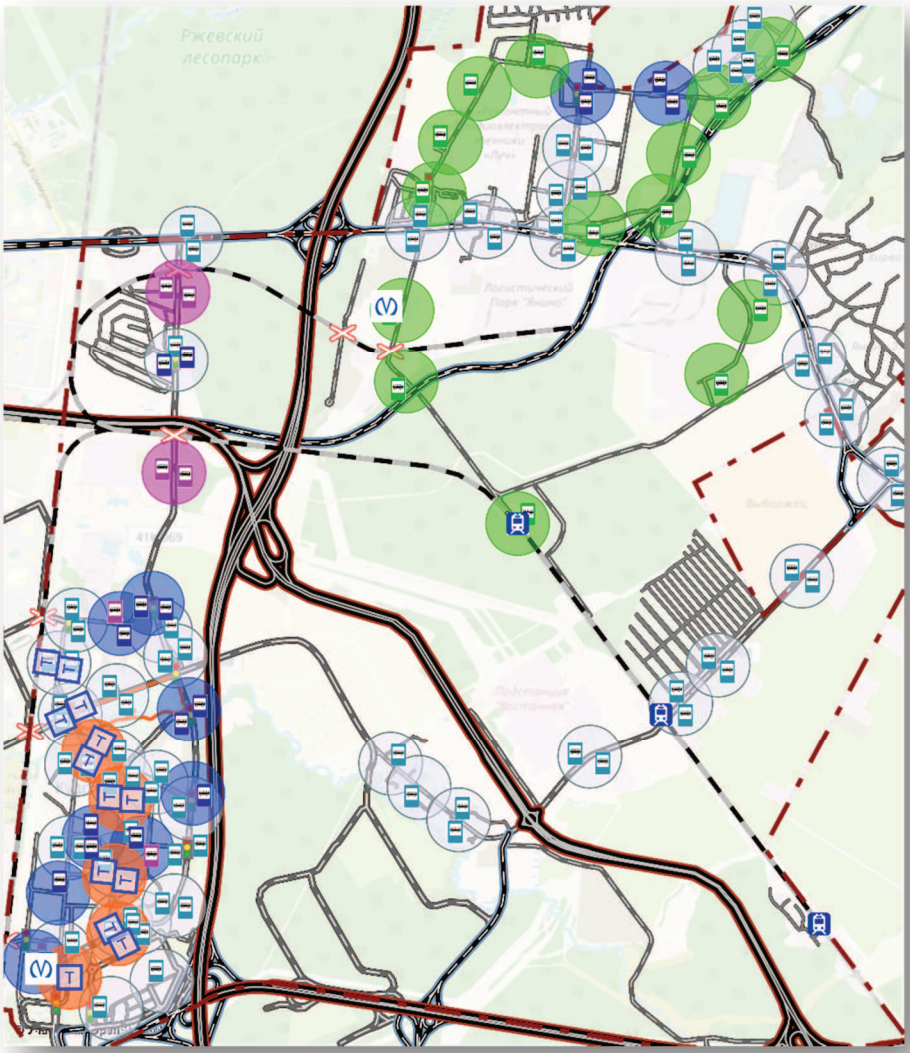


Рисунок 6.3.2 - перспективная доступность пассажирского транспорта на территории Заневского городского поселения с учетом предлагаемых изменений до 2034 года.

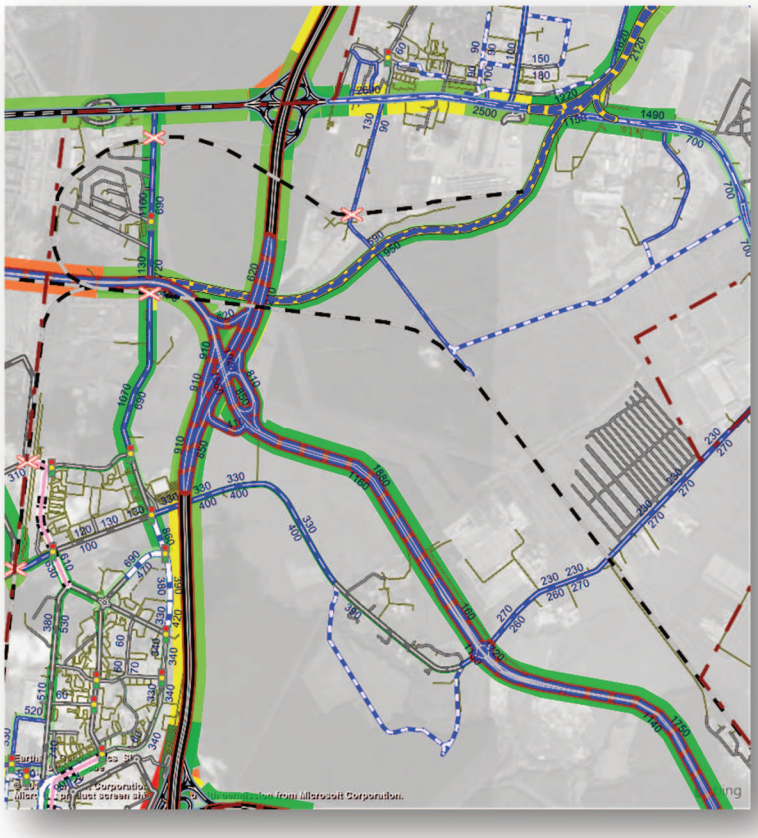
Графическое представление прогнозируемого уровня загрузки дорожной сети в транспортной модели Заневского городского поселения на 2034 год в утренний и вечерний пиковые периоды показано в приложениях 2.2.7 и 2.2.8.

6.4. Анализ перспективных версий транспортной модели Заневского городского поселения

Анализ перспективных версий транспортной модели Заневского городского поселения на 2024, 2029 и 2034 годы показывает снижение уровня нагрузки на элементы транспортной системы поселения до пределов допустимого, отчасти на фоне изменения предпочтений населения в пользу поездок на пассажирском транспорте, а также за счет строительства новых дорог, выполнения реконструкции существующих улиц и дорог, в

том числе в результате реализации предлагаемых мероприятий по организации дорожного движения и по оптимизации системы пассажирских перевозок (рисунок 6.4.1).

первоочередные мероприятия (на 2019-2020 г.)



краткосрочный прогноз (до 2024 г.)

расчетный срок
(до 2034 г.)

Рисунок 6.4.1 – пример сравнения участков УДС в транспортной модели Заневского городского поселения на 2019-2020, 2024 и 2034 годы.

В таблице 6.4.1 приведены результаты сравнительного анализа основных показателей функционирования существующей и перспективной транспортной модели Заневского городского поселения.

Показатель	**Значение**			
	2018 г.	**2020 г.**	**2024 г.**	**2034 г.**
Среднесуточные значения				
Объем спроса на индивидуальный транспорт (сумма матрицы ИТ без учета транзитного движения)	**129771 ед/сут**	**130192 ед/сут**	**178177 ед/сут**	**244337 ед/сут**
Объем спроса на общественный транспорт (сумма матрицы ОТ без учета транзитного движения)	**21147 ед/сут**	**20909 ед/сут**	**52209 ед/сут**	**103118 ед/сут**
Доля режима ИТ	**86,0%**	**86,1%**	**77,3%**	**70,3%**
Доля режима ОТ	**14,0%**	**13,9%**	**22,7%**	**29,7%**
Суммарный суточный пассажиропоток ОТ	**21086 чел**	**20854 чел**	**50439 чел**	**106902 чел**
Утренний пиковый период				

Среднее время реализации корреспонденций на общественном транспорте	**46 мин. 40 сек.**	**45 мин. 19 сек.**	**35 мин. 13 сек.**	**37 мин. 36 сек.**
Среднее время реализации корреспонденций на индивидуальном транспорте в пределах Заневского ГП	**25 мин. 4 сек.**	**26 мин. 4 сек.**	**26 мин. 10 сек.**	**27 мин. 49 сек.**
Среднее время реализации корреспонденций на индивидуальном транспорте в направлении г. Санкт-Петербург	**30 мин. 38 сек.**	**31 мин. 33 сек.**	**30 мин. 15 сек.**	**31 мин. 16 сек.**
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 90%	**1 043 метра**	**984 метра**	**103 метра**	**597 метров**
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90%	**2 080 метров**	**1 867 метров**	**62 метра**	**52 метра**
Вечерний пиковый период				
Среднее время реализации корреспонденций на общественном транспорте	**46 мин. 44 сек.**	**46 мин. 50 сек.**	**33 мин. 33 сек.**	**35 мин. 22 сек.**
Среднее время реализации корреспонденций на индивидуальном транспорте в пределах Заневского ГП	**23 мин. 22 сек.**	**23 мин. 22 сек.**	**22 мин. 32 сек.**	**23 мин. 36 сек.**
Среднее время реализации корреспонденций на индивидуальном транспорте в направлении из г. Санкт-Петербург	**28 мин. 59 сек.**	**28 мин. 51 сек.**	**27 мин. 55 сек.**	**29 мин. 19 сек.**
Протяженность дорог с уровнем загрузки от 80 90%	**669 метров**	**266 метров**	**37 метров**	**313 метров**
Протяженность дорог с уровнем загрузки более 90%	**1 512 метров**	**97 метров**	**0 метров**	**37 метров**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате разработки данного раздела получена транспортная модель Заневского городского поселения, учитывающая различные системы транспорта. Модель разработана на четыре временных периода: текущее состояние (2018 год), первоочередные мероприятия (2019-2020 годы), краткосрочный прогноз (до 2024 года) и расчетный срок (до 2034 года).

В данном разделе выполнен анализ существующих планов по развитию транспортной системы на территории Заневского городского поселения, также проанализированы градостроительные материалы и учтены при разработке перспективных вариантов транспортной модели.

На данном этапе выполнения работ уточнены основные цели КСОДД, а именно: снижение нагрузки на УДС, увеличение пропускной способности УДС, повышение эффективности функционирования транспортной системы, совершенствование организации дорожного движения на территории Заневского городского поселения.

В соответствии с анализом градостроительного развития Заневского городского поселения и анализом национального опыта в области градостроительства и развития транспортных систем городов проработан оптимальный (рекомендуемый) вариант развития, ориентированный на локальные мероприятия по совершенствованию улично-дорожной сети и организации дорожного движения, повышению доступности пассажирского транспорта общего пользования для населения и оптимизации системы пассажирских перевозок на территории Заневского городского поселения.