

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ»



390013, г.Рязань, Первомайский проспект, д.9. литера А, помещение НЗ
тел: +7 (915) 601-82-61
e-mail: irts.rf@yandex.ru

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «ИРТС»



А.А.Тишков

2017 г.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ОТЧЕТ

О РАЗРАБОТКЕ КОМПЛЕКСНОЙ СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НОВОМИЧУРИНСКОЕ ГОРОДСКОЕ ПОСЕЛЕНИЕ ПРОНСКОГО РАЙОНА РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

по теме:

Модуль 2. Разработка транспортной модели муниципального образования.

Муниципальный контракт № 0159300017817000020

Рязань, 2017

РЕФЕРАТ

Отчет 37 с., 1 ч., 26 рис., 14 табл., 6 источн.

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

Объектом исследования является транспортная система города Новомичуринск Пронского района Рязанской области.

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

В работе использовалось программное обеспечение PTV Vision® VISSIM 5.4 для разработки микромоделей ключевых узлов и PTV Vision® VISUM 11.5 для разработки транспортной макромоделей. В результате моделирования получены предложения по оптимизации организации дорожного движения УДС муниципального образования и на рассматриваемых транспортных узлах.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат	2
Содержание	3
Введение	4
1 Разработка транспортной модели муниципального образования	6
1.1 Проведение транспортного районирования на базе социально-экономической статистики	6
1.2 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов.....	8
1.3 Расчёт перераспределения легкового транспорта, создание матрицы корреспонденции.....	16
1.4 Калибровка мультимодальной макромодели по интенсивности легкового потока	16
1.5 Разработка вариантов транспортной макромодели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования.....	19
2 Разработка моделей ключевых транспортных узлов	23
2.1 Проведение транспортных обследований с целью установления параметров транспортных потоков в ключевых транспортных узлах	23
2.2 Разработка базовых микромоделей ключевых транспортных узлов на основании результатов проведенных транспортных обследований с возможностью компьютерной симуляции транспортных	24
2.2.1 Подготовка к построению базовых микромоделей	24
2.2.2 Разработка микромоделей исследуемых пересечений	26
2.3 Расчет времени в пути	30
2.3.1 Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования	30
2.3.2 Предложения по оптимизации дорожной нагрузки.....	31
Заключение.....	34
Список использованных источников	35

ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

- провести транспортное районирование на базе социально-экономической статистики;
- ввести параметры улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов;
- разработать методику и создать модель расчёта транспортного спроса для транспортных перемещений на основе результатов опроса и других полученных данных;
- рассчитать перераспределение легкового транспорта, создать матрицу корреспонденций;
- откалибровать мультимодальную макромодель по интенсивности легкового транспорта;

- разработать варианты транспортной макромодели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования;

- провести транспортные обследования с целью установления параметров транспортных потоков в ключевых транспортных узлах;

- разработать базовые микромоделли ключевых транспортных узлов на основании результатов проведенных транспортных обследований с возможностью компьютерной симуляции транспортных потоков;

- произвести расчет перераспределения транспортных потоков в ключевых транспортных узлах на основании планов развития улично-дорожной сети;

- произвести расчет времени в пути транспортного потока в моделируемых ключевых транспортных узлах;

- проанализировать полученные результаты с определением оптимального варианта организации дорожного движения в ключевых транспортных узлах.

Было проведено моделирование с использованием программного обеспечения мирового уровня PTV Vision® VISSIM и PTV Vision® VISUM.

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

1 Разработка транспортной модели муниципального образования

1.1 Проведение транспортного районирования на базе социально-экономической статистики

1.1.1 *Определение размера и границы области моделирования.* В процессе районирования проводится процедура определения размера и границы области моделирования, расположенных на границе моделируемой пространственной области и аккумулирующих все перемещения между ней и «внешним миром». Под областью моделирования типового муниципального образования понимается область исследования, замкнутая контуром моделирования. Под контуром моделирования понимается географическое пространство, занимаемое моделируемым объектом, имеющим следующие характеристики:

- протяжённость территории;
- границы;
- географическое положение.

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

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

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

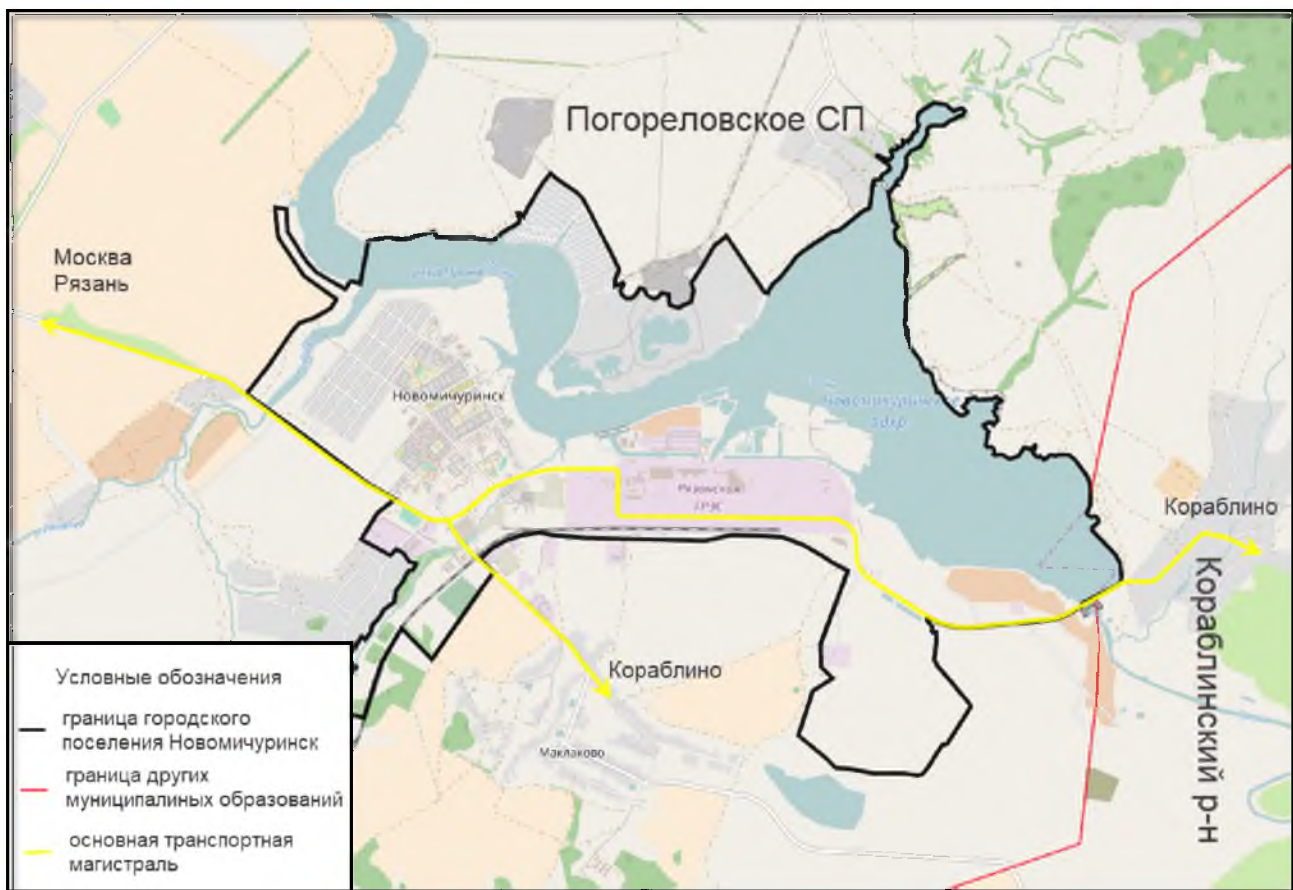


Рисунок 1 – Границы города Новомичуринск

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

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

При районировании территории были учтены и обозначены кордонные районы на транзитных автомобильных дорогах. Схема транспортного районирования в модели PTV Visum показана на рисунке 2.

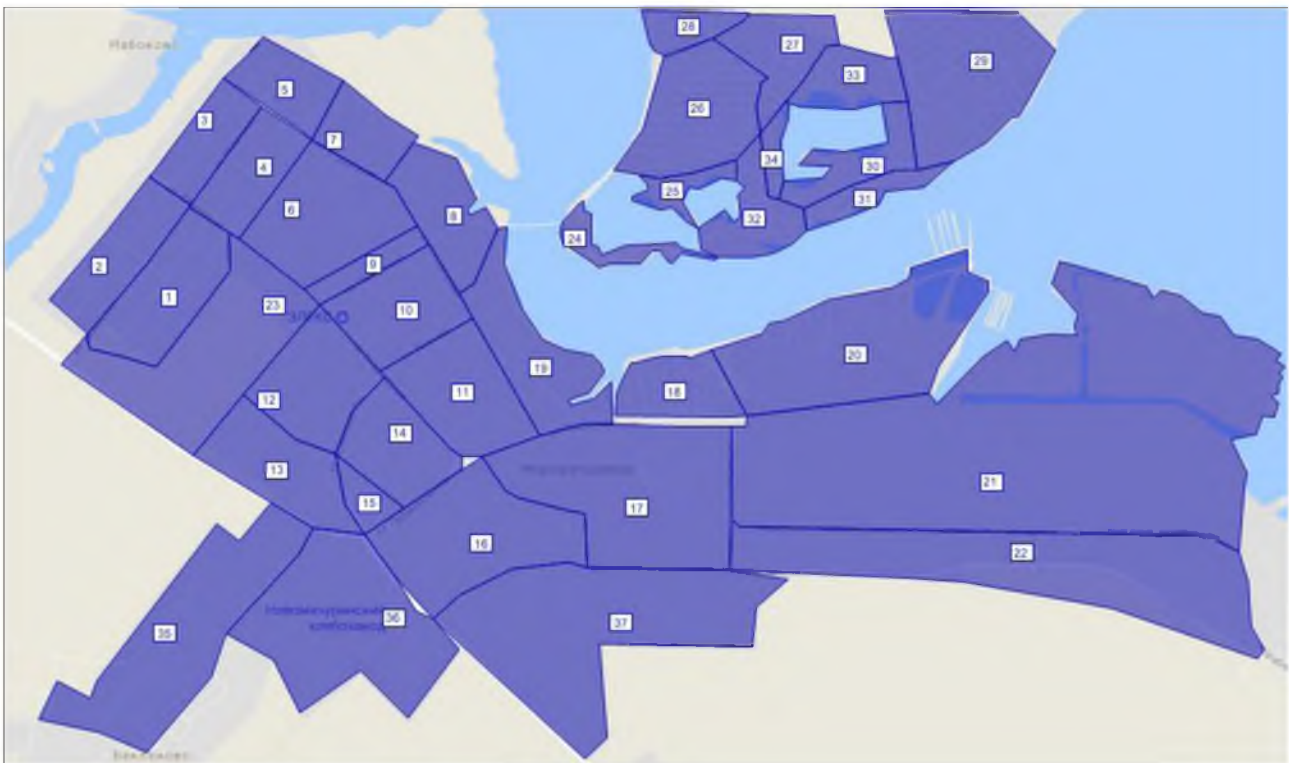


Рисунок 2 – Схема транспортного районирования

1.2 Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов

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

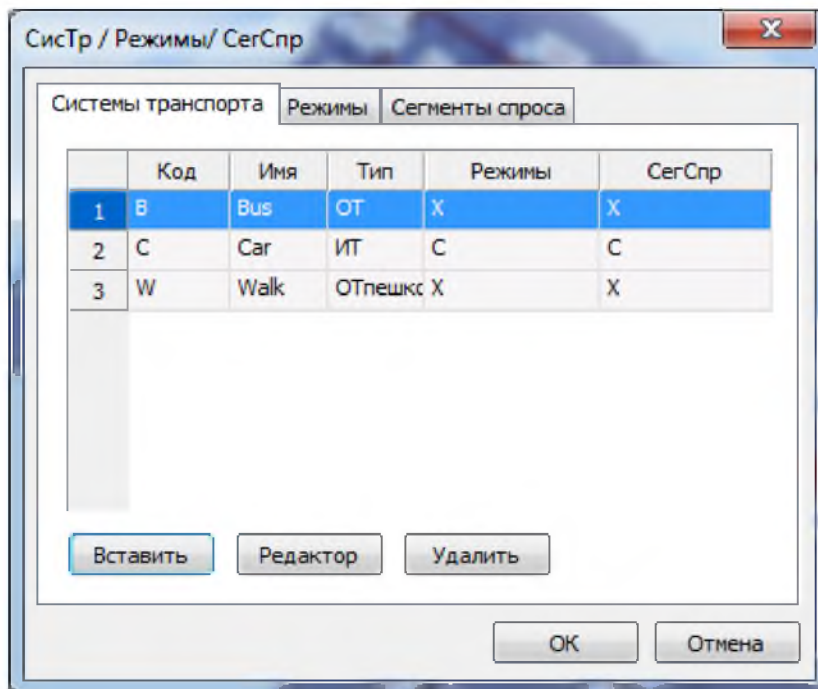


Рисунок 3 – Системы транспорта

Каждая система транспорта относится к одному или нескольким сегментам спроса. Сегменты спроса описывают поездки с использованием одной или нескольких систем транспорта различных групп людей и связаны с матрицами корреспонденций. Каждому сегменту спроса соответствует ровно одна матрица корреспонденций [2]. Иллюстрация сегментов спроса показана на рисунке 4.

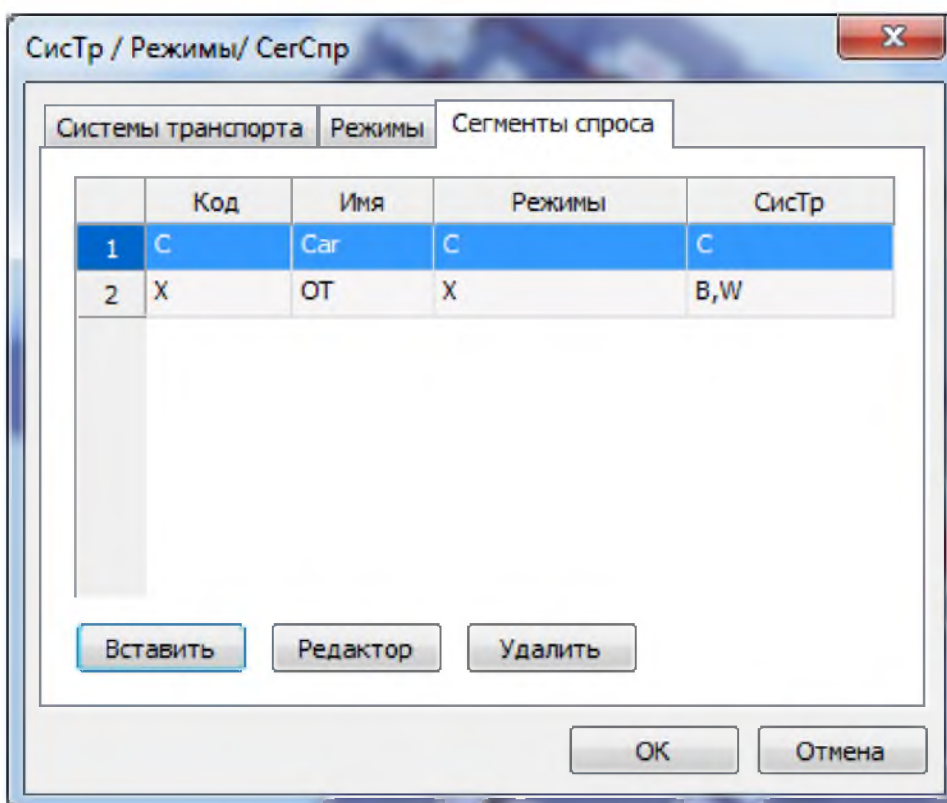


Рисунок 4 – Сегменты спроса

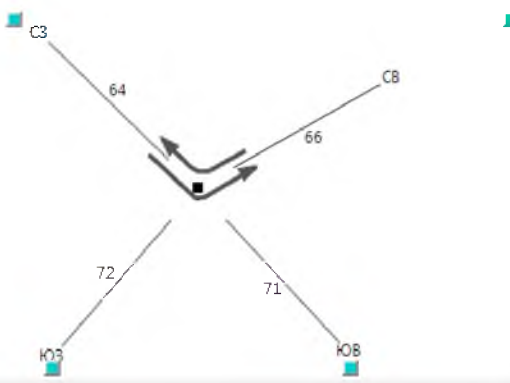
1.2.2 *Ввод узлов транспортного графа.* Для определения положения перекрёстков и пересечений в транспортной модели используются узлы транспортного графа. В редакторе узлов, изображенном на рисунке 5, были заданы приоритеты движения и способ регулирования перекрёстков.

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

При создании узлов транспортного графа в модели было учтено наличие светофорного регулирования на перекрёстке (проспект Энергетиков – проспект Смирягина).

Исходной информацией для создания узлов и имитации в модели организации дорожного движения послужили данные, импортированные из Google Maps с дополнительной самостоятельной отрисовкой при помощи съёмок передвигной лаборатории и спутниковых карт (панорам) улиц. Данный подход рекомендован ведущими специалистами в области транспортного планирования и моделирования [3]. Количество узлов в модели – 161.

Главный поток вручную



Узлы: 1		1
№		44
№Типа		0
Код		
Имя		
Доб.Знач1		0
Доб.Знач2		0
Доб.Знач3		0
ПрепСлИТ		100000
tВИТ		0s
КоордX		1957.6547
КоордY		-1252.6355
КоордZ		0.0000
ТипРегулирования		неизвестно
ИспользуйУстановлМетодСопрНаУзле	<input type="checkbox"/>	
МетодСопрУзел		CR функция для поворотов
ICASneakers		2,00
ICARHFVolAdj		1,00
ICARVolБизнесцентром	<input type="checkbox"/>	

Рисунок 5 – Редактирование узла

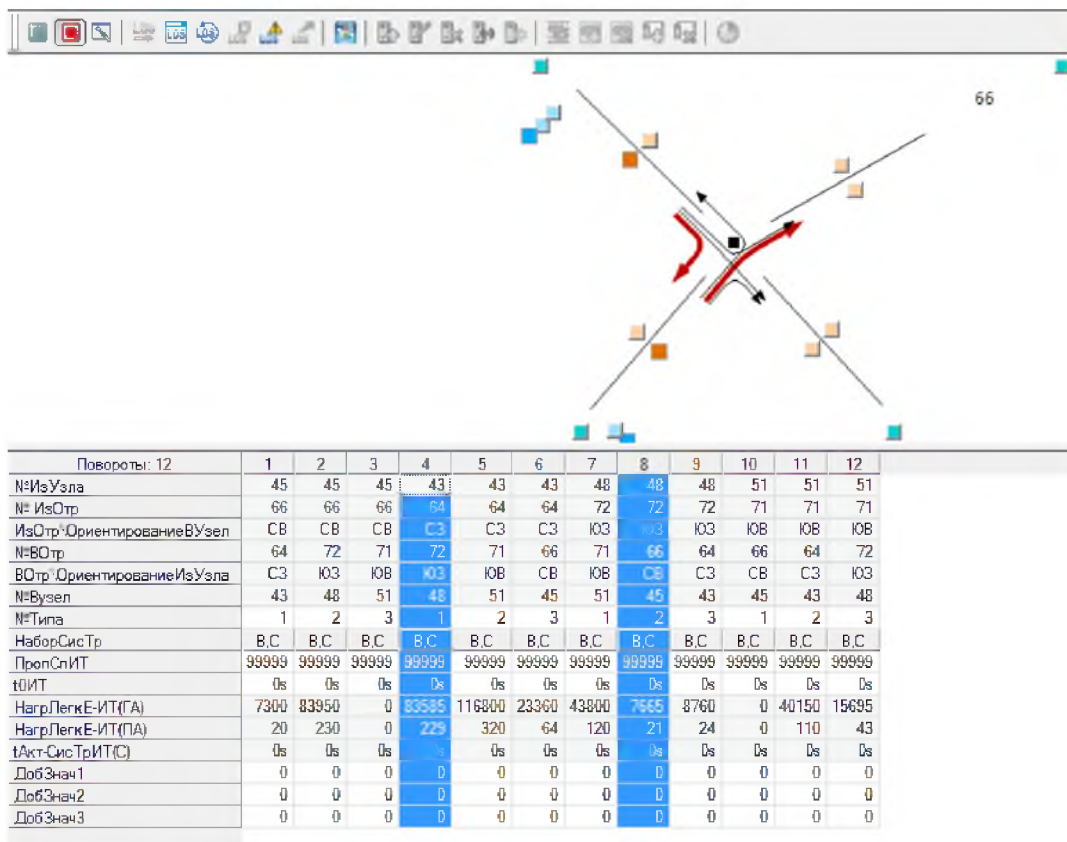


Рисунок 6 – Редактор поворотов

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

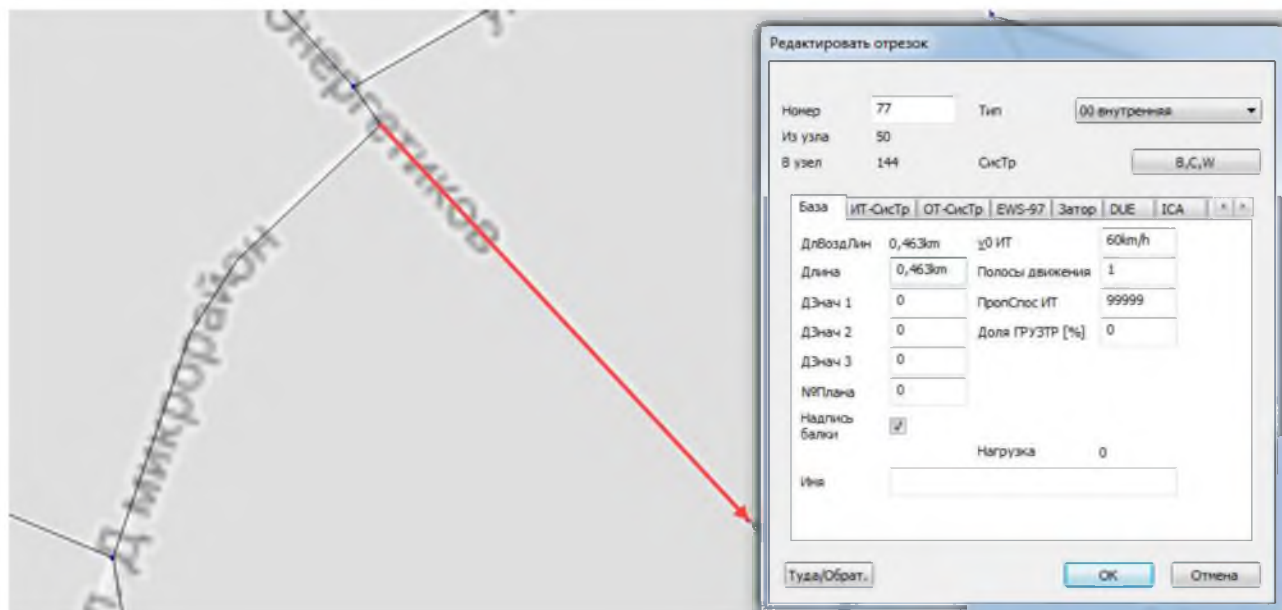


Рисунок 7 – Редактирование отрезка

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

Количество отрезков в модели – 448.

Результатом создания и редактирования отрезков, соединяющих узлы, является граф улично-дорожной сети, изображенный на рисунке 8.



Рисунок 8 – Граф улично-дорожной сети Новомичуринска

1.2.4 *Ввод примыканий.* Для связи центров транспортных районов с УДС используются примыкания, содержащие информацию о затратах (временных или обобщенных) на доступ от центра тяжести транспортного района к системам транспорта, допущенных на примыкании. Для расстановки примыканий индивидуального транспорта использовалась информация о существующих дворовых выездах. Расстановка примыканий в центральной части Новомичуринска показана на рисунке 9. Количество примыканий в модели – 148.



Рисунок 9 – Расстановка примыканий в центральной части города

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

1.4.3 *Создание модели расчёта спроса.* Создание модели расчета спроса (4 - ступенчатая модель) основано на создании последовательного набора процедур, с

назначением определённых параметров каждой из них, рассчитанных по результатам социологического опроса подвижности населения [4].

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

- Дом-Работа;
- Работа-Дом;

Перечисленные слои, введённые в программу, отражены на рисунке 10.

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

Распределение сгенерированных на предыдущем шаге транспортных потоков по корреспонденциям осуществляется на основе гравитационной модели с использованием матриц затрат и оценочных функций. Используется процедура «Распределение транспортного движения». В её параметрах указаны матрицы затрат и параметры функции предпочтения, находящиеся в допустимых пределах.

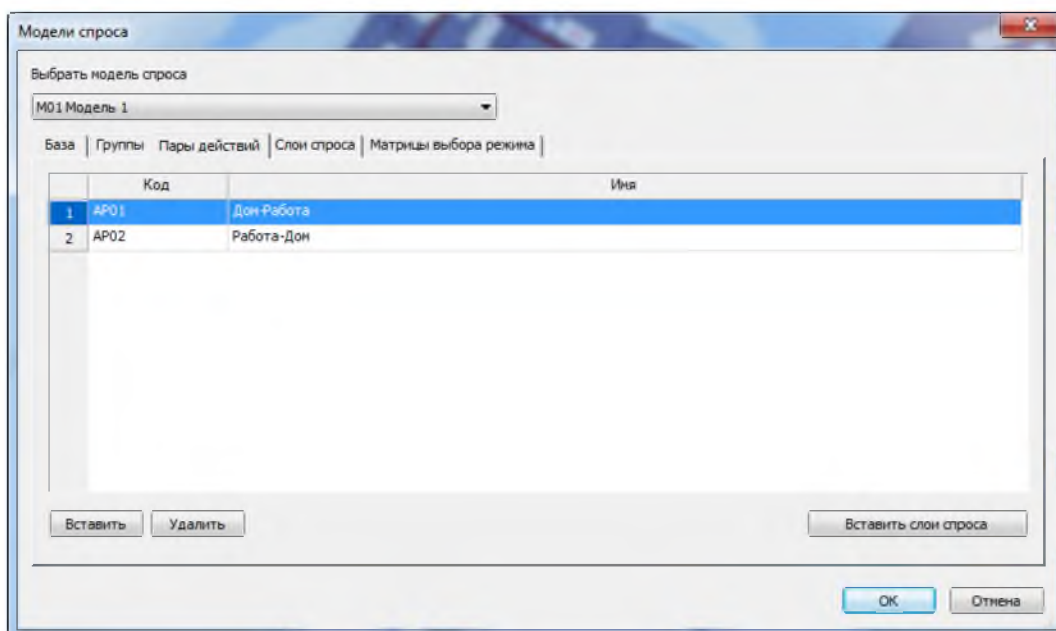


Рисунок 10 – Слой спроса

Перед распределением поездок по сети были просуммированы полученные на предыдущем шаге матрицы по слоям спроса для получения единой матрицы

корреспонденций на определённом виде транспорта с помощью процедуры «Комбинация матриц и векторов», предварительно создав итоговые матрицы корреспонденций и привязав их к сегментам спроса, как показано на рисунке 11.

На рисунке 12 представлен набор параметров процедур в разрабатываемой транспортной модели, используемый при расчёте модели спроса.

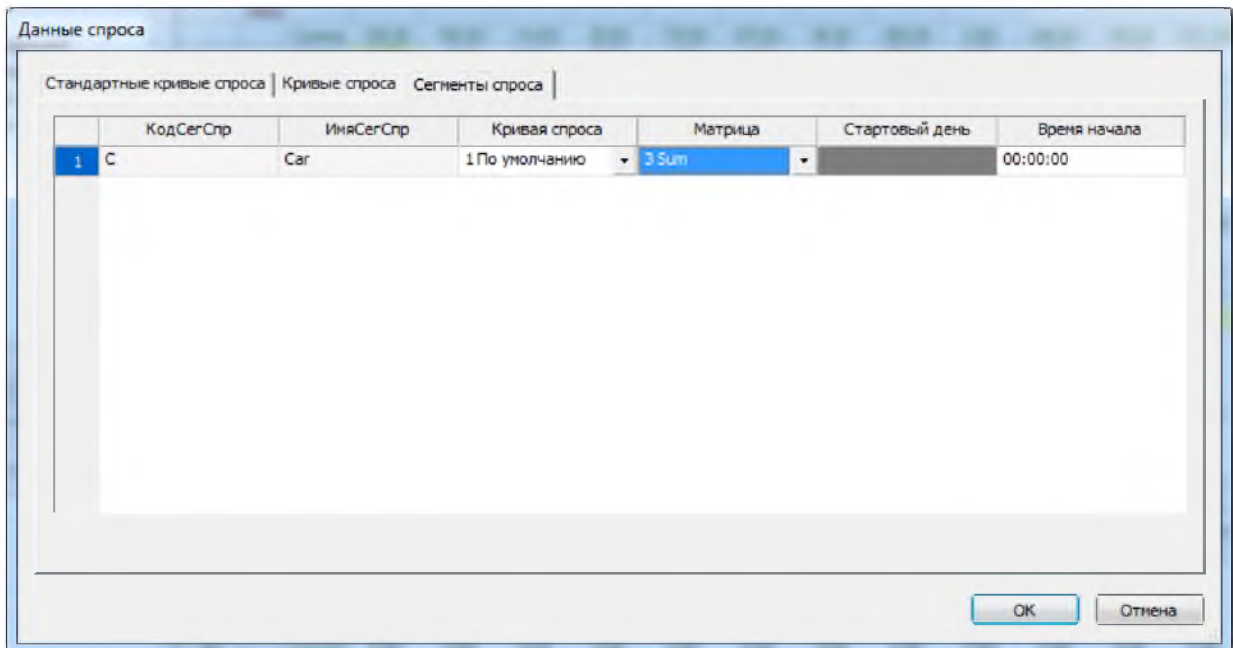


Рисунок 11 – Привязка сегментов спроса к матрицам корреспонденций

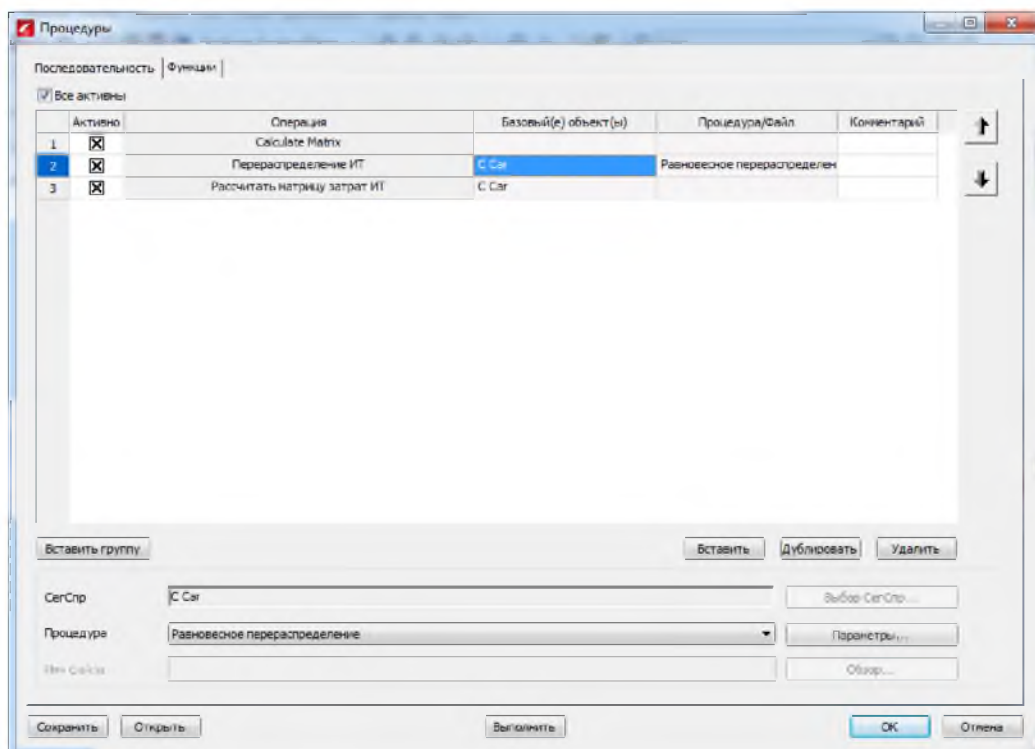


Рисунок 12 – Набор параметров последовательности процедур

1.3 Расчёт перераспределения легкового транспорта, создание матрицы корреспонденции

После создания модели расчёта спроса производятся предварительные расчеты перераспределения на легковом транспорте. На рисунках 13 представлен данный результат.

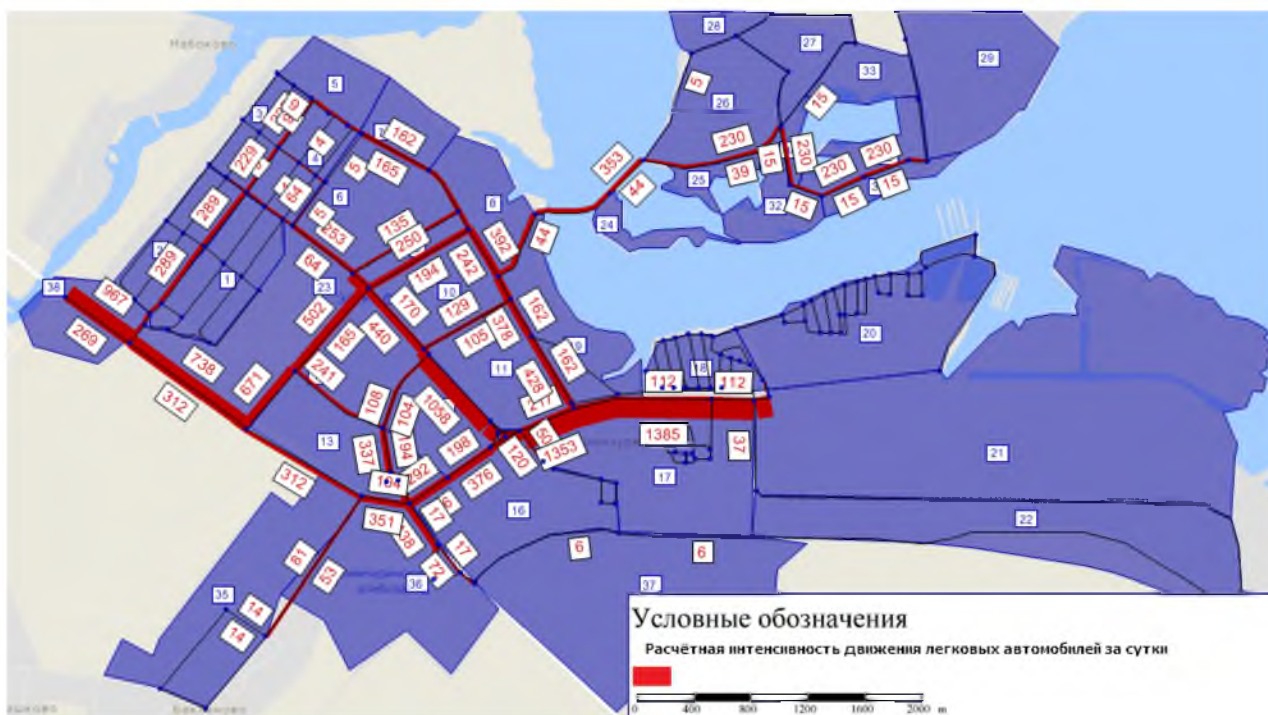


Рисунок 13 – Картограмма расчётной интенсивности движения легковых автомобилей за сутки

1.4 Калибровка мультимодальной макро модели по интенсивности легкового потока

1.4.1 *Ввод данных об интенсивности движения транспорта.* Данные обследований интенсивности движения транспорта необходимы для проверки соответствия модельного расчета реальной ситуации на этапе калибровки модели. В модель были введены значения интенсивности движения транспорта на местах подсчета. Движение легковых транспортных средств изображено на рисунке 14.



Рисунок 14 – Движение потоков в местах подсчета

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

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

Основные показатели, которые используются для оценки качества модели:

- средняя относительная ошибка – среднее отклонение абсолютных значений (разница между наблюдаемыми на местах подсчета и рассчитанными в модели значениями) в процентах;

- коэффициент корреляции – мера связи между фактическими данными об интенсивностях потоков на местах подсчета и рассчитанной на основе модели нагрузкой.

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

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

Таблица 5 – Объекты калибровки транспортной модели

Объект калибровки	Изменение
Данные структуры пространственного развития (степени создания и притяжения)	Количество перемещений по слоям и сегментам спроса
Элементы главных диагоналей матриц затрат	Изменение количеств перемещений внутри района
Скорость и пропускная способность на отрезках	Выбор пути при перераспределении
Функции ограничения пропускной способности: параметры и вид функций, показывающих зависимость задержек в пути от загрузки дороги (отношение интенсивности движения к пропускной способности)	Выбор пути при перераспределении

Местоположение привязки примыканий к сети	Выбор пути при перераспределении
Доли входящих/выходящих потоков, приходящихся на каждое примыкание, в общем потоке транспортного района-источника/района-цели	Изменение пропорций распределения выходящего и входящего потоков района по примыканиям, изменение путей при перераспределении

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

Таблица 6 – Значения параметров качества транспортной модели

Параметр качества расчёта модели	Значение
Коэффициент корреляции	0,77
Средняя относительная ошибка	33,0 %

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

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

В транспортной модели на расчётный 2017 – 2032 года учитывается следующее пункты развития:

- повышение уровня автомобилизации;
- развитие жилой застройки;
- увеличение производственных мощностей Рязанской ГРЭС;
- создание рабочих мест;
- создание свободной инвестиционной зоны;
- создание инвестиционных площадок;
- строительство и организации новых производств, сопровождающиеся увеличением новых рабочих мест;

По каждому транспортному району необходимо определить прогнозные данные социально-экономической статистики на рассматриваемые прогнозные сроки. На рисунках 15 с примерами изменения численности трудоспособного населения на прогнозные года.



Рисунок 15 – Диаграмма изменения количества трудового населения

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

На рисунках 16,17 и 18 представлены картограммы расчётной интенсивности движения в сутки на расчётные 2022, 2027 и 20320 года соответственно.

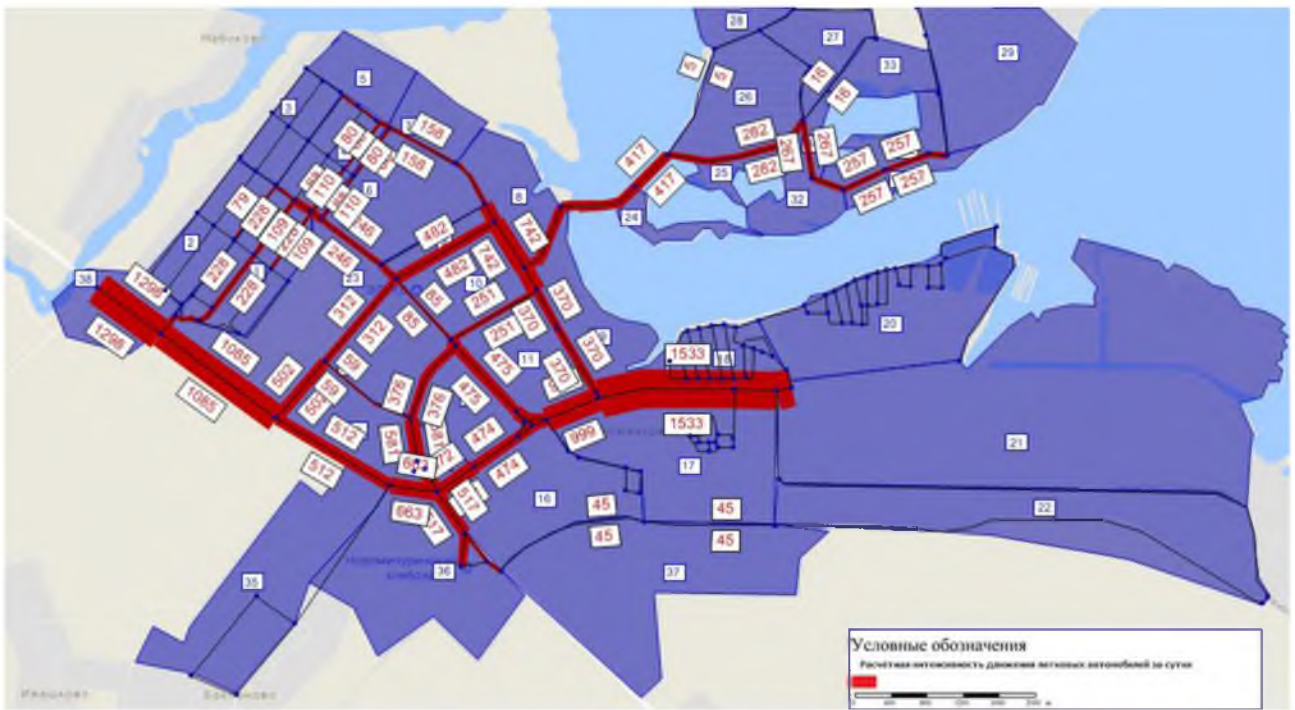


Рисунок 16 - Картограмма расчётной интенсивности суточного движения, 2022 г.

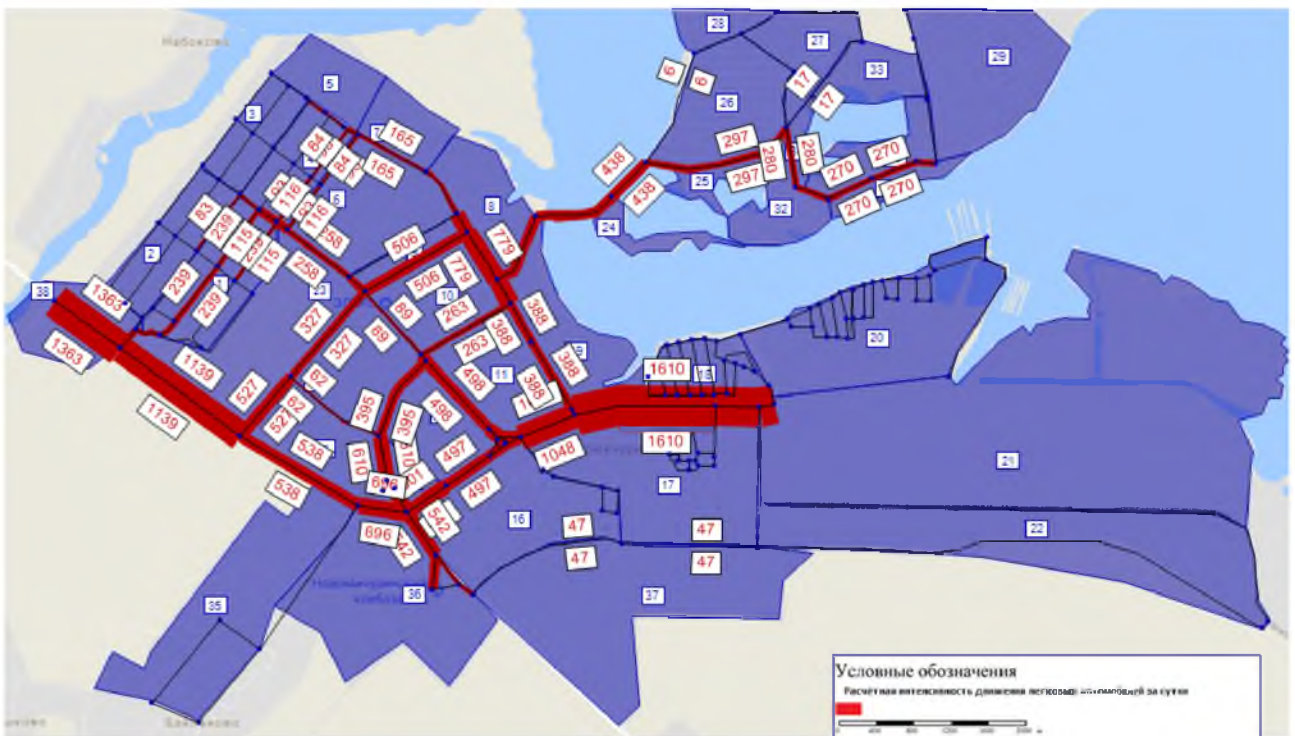


Рисунок 17 - Картограмма расчётной интенсивности суточного движения, 2027 г.

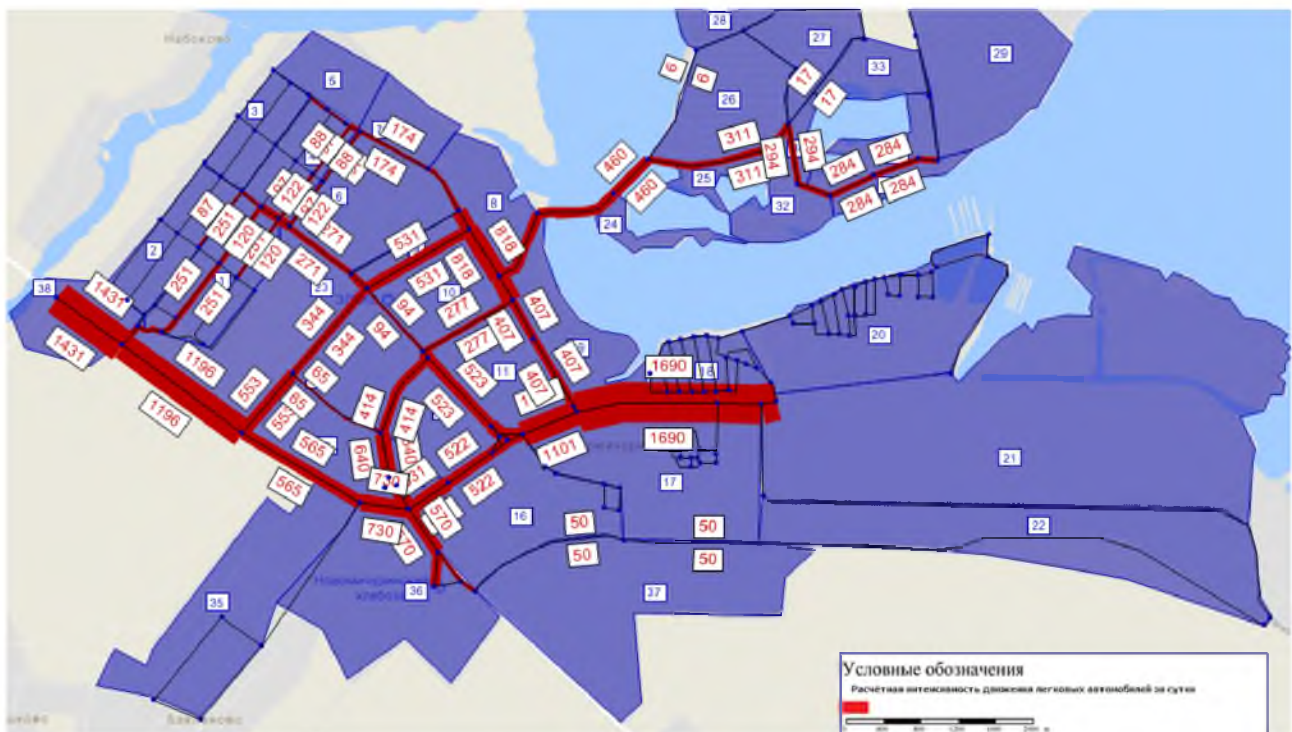


Рисунок 18 - Картограмма расчётной интенсивности суточного движения, 2032 г.

По результатам анализа картограмм интенсивности суточного движения по г.п. Новомичуринск, можно сделать вывод о том, что основная нагрузка приходится на ул. Промышленная, а пропускная способность остальных улиц полностью обеспечивает потребности жителей в транспортных перемещениях на кратко-, средне-, долгосрочную перспективу.

2 Разработка моделей ключевых транспортных узлов

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

В качестве ключевых транспортных узлов для моделирования были выбраны следующие пересечения:

- пересечение улицы Промышленная и проспекта Энергетиков;
- пересечение улиц Промышленная и Строителей.

Геометрические параметры пересечений определялись на основании данных полученных при съемке передвижной дорожной лабораторией КП-514СМП-03 на базе FORD TRANSIT COMBI «Трасса». При просмотре отснятого видеоматериала в модуле «Видеобанк» программного комплекса Титул-2005 были измерены геометрические параметры моделируемых узлов.

Геометрические параметры моделируемых пересечений представлены в Таблицах 10 - 11.

Таблица 10 – Геометрические параметры пересечения улицы Промышленная и проспекта Энергетиков

№ п/п	Подъезд к пересечению	Ширина проезжей части, м	Количество полос движения
1	По улице Промышленная	11.2	2
3	По проспекту Энергетиков	11.1	4

Таблица 11 – Геометрические параметры пересечений улиц Промышленная и Строителей

№ п/п	Подъезд к пересечению	Ширина проезжей части, м	Количество полос движения
1	По улице Промышленная	9.9	2
2	По улице Строителей	7	2

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

2.2.1 Подготовка к построению базовых микромоделей

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

В качестве средства микро моделирования использовалось программное обеспечение PTV Vision® VISSIM [5]. Основными компонентами микро модели являются:

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

ViSSim базируется на моделях транспортного потока и регулировании с помощью светосигнальных установок [5]. Они обмениваются данными измерений детекторов и данными о состоянии светофорного регулирования.

Имитация движения транспортных средств или пешеходов может выполняться в ViSSim в виде анимации. Многие важные транспортно-технические параметры наглядно отображаются в окнах или выводятся в файлы или базы данных, к примеру, распределение времени в пути и распределение времени задержки, дифференцированные по группам пользователей.

Модель транспортного потока определяет модель поведения за впереди

идушим с целью отображения движения в колонне за впереди идущим транспортным средством по одной полосе движения, а также модель смены полосы движения.

Транспортные средства перемещаются в сети с помощью модели транспортного потока. Качество модели транспортного потока оказывает существенное влияние на качество имитации. В отличие от более простых моделей, в которых за основу берутся постоянные скорости и неизменное поведение следования за впереди идущими транспортными средствами, Vissim использует психофизиологическую модель восприятия Видемана (1974 г.) (Виды движения в модели транспортного потока по Видеману) [6].

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

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

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

На первом этапе микромоделирования решаются такие задачи как изучение и анализ исходной информации и документации, уточнение имеющейся информации (план-схемы, карты и пр.), определение недостающей информации, разработка плана съемки ключевых элементов моделируемого участка и расчета транспортных потоков, проходящих через район моделирования.

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

проверки ряда основополагающих факторов:

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

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

2.2.2 Разработка микромоделей исследуемых пересечений

Для анализа существующей на пересечении ситуации разрабатывается микромодель узла. В процессе моделирования выявляются проблемы, возникающие при проезде исследуемого участка, или делается вывод об их отсутствии. Для получения более реалистичной картины, было принято решение о том, что необходимо создание общей микромодели двух узлов.

В качестве растровой основы для построения микромоделей использовались данные с сервером Yandex. Основа микромодели изображена на рисунке 19.

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



Рисунок 19 – Основа микромодели

Отрезки представляют собой проезжую часть дороги в разных направлениях с установленным количеством полос движения, которое задается как параметр соответствующих отрезков. Схемы создавались на масштабированной графической основе, что позволило построить геометрию пересечения (рисунок 20) в соответствии с существующими конфигурациями.



Рисунок 20 – Геометрия пересечения

На рисунке 21 приведена транспортная схема рассматриваемого пересечения, на которой отрезки представлены в виде осей (синим цветом выделены основные отрезки, розовым – соединительные отрезки). Такое отображение позволяет лучше представить все возможные на пересечении схемы движения транспортных средств.

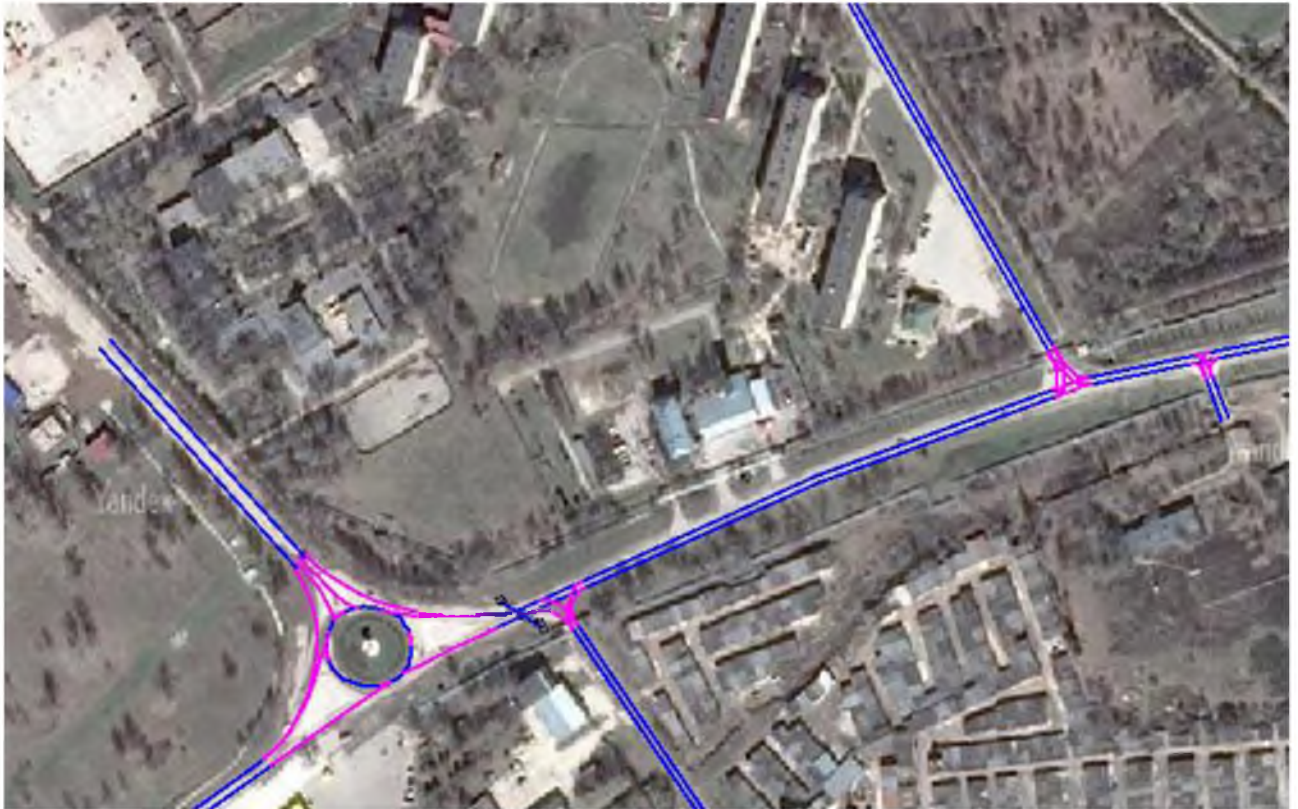


Рисунок 21 — Транспортная схема модели

Так как перекресток нерегулируемый, в модели порядок проезда конфликтных точек определен на основании правил дорожного движения (рисунок 22). Зеленым цветом выделена полоса движения, находясь на которой, транспортное средство обладает приоритетом проезда.





Рисунок 22 – Правила проезда в конфликтных точках пересечения

При выполнении маневра поворота на пересечении, а также при проезде искусственных неровностей и тому подобных препятствий водитель снижает скорость. Для моделирования такого поведения автомобилей были применены зоны малоскоростного движения (рисунок 23).



Рисунок 23 – Зоны малоскоростного движения

Далее были заданы входящие потоки для каждого направления. Стоит учесть, что данные были взяты для временного промежутка с 17:00 до 18:00 буднего дня (период максимальной интенсивности). Также на основании полученных данных были заданы маршруты движения ТС в модели и введены нагрузки по каждому направлению.

Для дальнейшего анализа были установлены детекторы измерения времени в пути на пересечении. Полученные данные с измерителей данные будут использоваться в дальнейшем анализе существующей на перекрестке ситуации.

На следующем этапе моделирования была проведена симуляция функционирования транспортной сети (рисунок 24), проверка адекватности построенной модели и ее калибровка. Проверку адекватности построенная модель

прошла успешно:

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

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



Рисунок 24 – Кадр симуляции движения транспортных потоков в микромодели

2.3 Расчет времени в пути

2.3.1 Анализ транспортной ситуации по результатам моделирования

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

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

Среднее время проезда по наиболее загруженным участкам отображено в таблице 12. Данные значения указаны для 1800 секунды моделирования.

Таблица 12 – Результаты измерения времени в пути транспортных средств

№ п/п	Маршрут	Среднее время, с
1	ГРЭС – Промышленная – проспект Энергетиков	308.5
2	ГРЭС – Промышленная – пересечение Промышленной и Энергетиков - Промышленная	315.3

Состояние сети к 1800 секунде изображено на рисунке 24.



Рисунок 25 – Нагрузка сети к 1800 секунде

Полученные данные с датчика измерения времени в пути свидетельствуют о наличии проблем при перемещении транспортных средств.

2.3.2 Предложения по оптимизации дорожной нагрузки

Анализируя данные, полученные в пункте 2.3.1, а также о том, что к 2032 году в городе Новомичуринск трудовое население увеличится, примерно, на 15 процентов, можно сделать вывод о том, что данные факторы спровоцируют увеличение транспортной нагрузки на исследуемый участок, и которая приведет к осложнению существующей ситуации и заторообразованию.

С целью исключения существующей напряженной ситуации на исследуемом

участке, а также во избежание будущих серьезных проблем требуется увеличение количества полос по улице Промышленной до двум со стороны ГРЭС. Данное уширение необходимо произвести в 400 метрах от пересечения улиц Промышленной и Строителей и закончить в 200 метрах после пересечения Промышленной улицы и проспекта Энергетиков. Данная модель продемонстрирована на рисунке 26.



Рисунок 26 – Состояние сети после расширения

Стоит отметить, что состояние сети продемонстрировано к 1800 секунде. Далее следует определить время, потраченное транспортными средствами, при выполнении аналогичного маршрута, что и в пункте 2.3.1. Результаты отражены в таблице 13.

Таблица 13 – Результаты измерения времени в пути транспортных средств

№ п/п	Маршрут	Среднее время, с
1	ГРЭС – Промышленная – проспект Энергетиков	139.4
2	ГРЭС – Промышленная – пересечение Промышленной и Энергетиков - Промышленная	134.9

Результаты дают, понять, что при проведении мероприятий по уширению дорог приведет к уменьшению времени преодоления основным направлений,

приблизительно, в 3 раза.

Теперь стоит определить время, потраченное транспортными средствами, при выполнении аналогичного маршрута, но уже при количестве транспортных средств, прогнозируемых к 2037 году. Результаты отражены в таблице 14.

Таблица 14 – Результаты измерения времени в пути транспортных средств

№ п/п	Маршрут	Среднее время, с
1	ГРЭС – Промышленная – проспект Энергетиков	157,4
2	ГРЭС – Промышленная – пересечение Промышленной и Энергетиков - Промышленная	154,6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Разработка транспортных макромоделей прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития и развития транспортной инфраструктуры муниципального образования продемонстрировала рост интенсивности транспортных потоков на дорогах ввиду увеличения таких естественных статистических показателей, как численность населения и рабочих мест, а также коэффициента автомобилизации. Был проведен анализ транспортной ситуации в ключевых узлах. Были сформированы картограммы скорости и интенсивности ТП для исследуемых участков. Таблично представлены данные об отсутствии заторов и задержек на пересечении. Было выявлено транспортно-дорожные проблемы на исследуемых участках. Также были предложены мероприятия по решению этих проблем

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Якимов М.Р. Транспортное планирование: Создание транспортных моделей городов: монография. – М.: Логос, 2013. – 188 с.
- 2 Якимов М.Р. Транспортное планирование: Практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision® VISUM. – М.: Логос, 2014. – 200 с.
- 3 Горев А.Э., Бёттгер К., Прохоров А.В., Гизатуллин Р.Р. Основы транспортного моделирования: Практическое пособие. – СПб.: ООО «ИПК «КОСТА», 2015. – 168 с.
- 4 PTV Visum 13 Руководство пользователя: PTV AG, A+S, 2014 – 890 с.
- 5 PTV VISSIM 6 Руководство пользователя // А+С Консалт, 2014 г – 830 с.
- 6 Якимов М.Р., Арепьева А.А. Транспортное планирование. Особенности моделирования транспортных потоков в крупных российских городах: монография – М: Логос, 2016. – 280 с.