

**РАЗРАБОТАНО**  
**ООО «СПБ-Энерготехнологии»**  
**Генеральный директор**  
**Д. В. Миронов**

**УТВЕРЖДЕНО**

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года

**СОГЛАСОВАНО**

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года

**«Комплексная схема организации дорожного движения  
(КСОДД) на территории муниципального района  
«Железнодорожный район» Курской области»**

**ТОМ №2**  
**Количество томов 3**

**Санкт-Петербург**  
**2019 год**



СПБ-Энерготехнологии

ООО «СПБ-Энерготехнологии»  
г. Санкт-Петербург, ул. Стародеревенская,  
д.11/2 оф.423-424  
Тел. 8(812) 429-72-84  
www.spbent.ru

## ЛИСТ СОГЛОСОВАНИЯ

### РАЗРАБОТАНО

ООО «СПБ-Энерготехнологии»

Генеральный директор

Д. В. Миронов

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года

### СОГЛАСОВАНО

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года

### УТВЕРЖДЕНО

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 года

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Генеральный директор \_\_\_\_\_ Д. В. Миронов

Технический директор \_\_\_\_\_ А. В. Ардашев

Руководитель проекта \_\_\_\_\_ А.С. Родионова

Ведущий инженер-проектировщик \_\_\_\_\_ К. М. Шаврукова

# СОДЕРЖАНИЕ

№	Наименование	Стр.
	Обозначения и сокращения	5
1.	Проведение транспортного районирования на базе социально-экономической статистики.	6
2.	Ввод параметров улично-дорожной сети, транспортных инфраструктурных объектов.	8
3.	Ввод маршрутной сети, остановок и интервалов движения пассажирского транспорта.	13
4.	Разработка методики и создание модели расчёта транспортного спроса для транспортных и пассажирских перемещений.	18
5.	Расчёт перераспределения транспортных (легкового и грузового транспорта) и пассажирских потоков, создание матрицы корреспонденции.	26
6.	Разработка вариантов транспортной макромодели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития муниципального образования	33
7.	Разработка базовых микромоделей ключевых транспортных узлов на основании результатов проведенных транспортных обследований с возможностью компьютерной симуляции транспортных потоков.	40
8.	Расчет времени в пути, а также распределение средней скорости транспортного потока в моделируемых ключевых транспортных узлах.	49
9.	Анализ полученных результатов с определением оптимального варианта организации дорожного движения в ключевых транспортных узлах.	51
10.	Разработка принципиальных предложений и решений по основным мероприятиям ОДД	53
11.	Проведение укрупненной оценки предлагаемых вариантов проектирования на основе разработки принципиальных предложений по основным мероприятиям ОДД для каждого из вариантов.	55

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

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
ПДД	-	правила дорожного движения
ТСОДД	-	технические средства организации дорожного движения
БДД	-	безопасность дорожного движения
ИДН	-	искусственная дорожная неровность
АСУДД	-	автоматизированная система управления дорожным движением
ОП	-	остановочный пункт
ПП	-	пешеходный поток

## **1 Проведение транспортного районирования на базе социально - экономической статистики.**

Транспортные районы – элементарные единицы пространственной структуры области планирования.

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 18 внутренних транспортных районов. После разбивки Железногорского района на расчетные зоны, в каждой определяем центр тяжести его пассажиропотоков, который обозначаем точкой. В качестве центра тяжести также может быть принят геометрический центр площади района.

Критерием для обозначения границ транспортных районов является наличие искусственных и естественных преград, таких как реки, овраги, парки и полосы зеленых насаждений. На рисунке 1 представлено транспортное районирование Железногорского района.



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

Транспортная сеть сформирована на базе геоинформационных данных и данных открытых источников (Openstreetmaps и др.). Параметры элементов УДС уточнены в ходе полевых обследований. Уровень детализации графа ограничен улицами местного значения включительно, оказывающими влияние на интенсивность движения опорной улично-дорожной сети.

В целях системного анализа транспортной сети разработана классификация из 15 условных типов дорог, детализирующих основные технические и транспортно-эксплуатационные параметры элементов сети в соответствии с «Рекомендациями по проектированию улиц и дорог городов и сельских поселений». Разработанная классификация дорог обеспечивает дифференцированный подход к описанию транспортной сети с учетом специфики конкретного участка.

Для каждого участка дороги с учетом направления движения заданы конкретные показатели основных параметров: категория дороги, разрешенные для движения системы транспорта, длина, количество полос движения, пропускная способность, максимально допустимая скорость движения, скорость движения в ненагруженной сети.

Места пересечения транспортных потоков классифицированы по шести типам:

- Светофорное регулирование;
- Кольцевое пересечение;
- Помеха справа;
- Приоритет проезда «стоп»;
- Приоритет проезда «уступи дорогу»;
- Всем стоп.

### **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 Железногорского района.

Различные виды транспорта представляются в модели с помощью систем транспорта, как показано на рисунке 2.1.



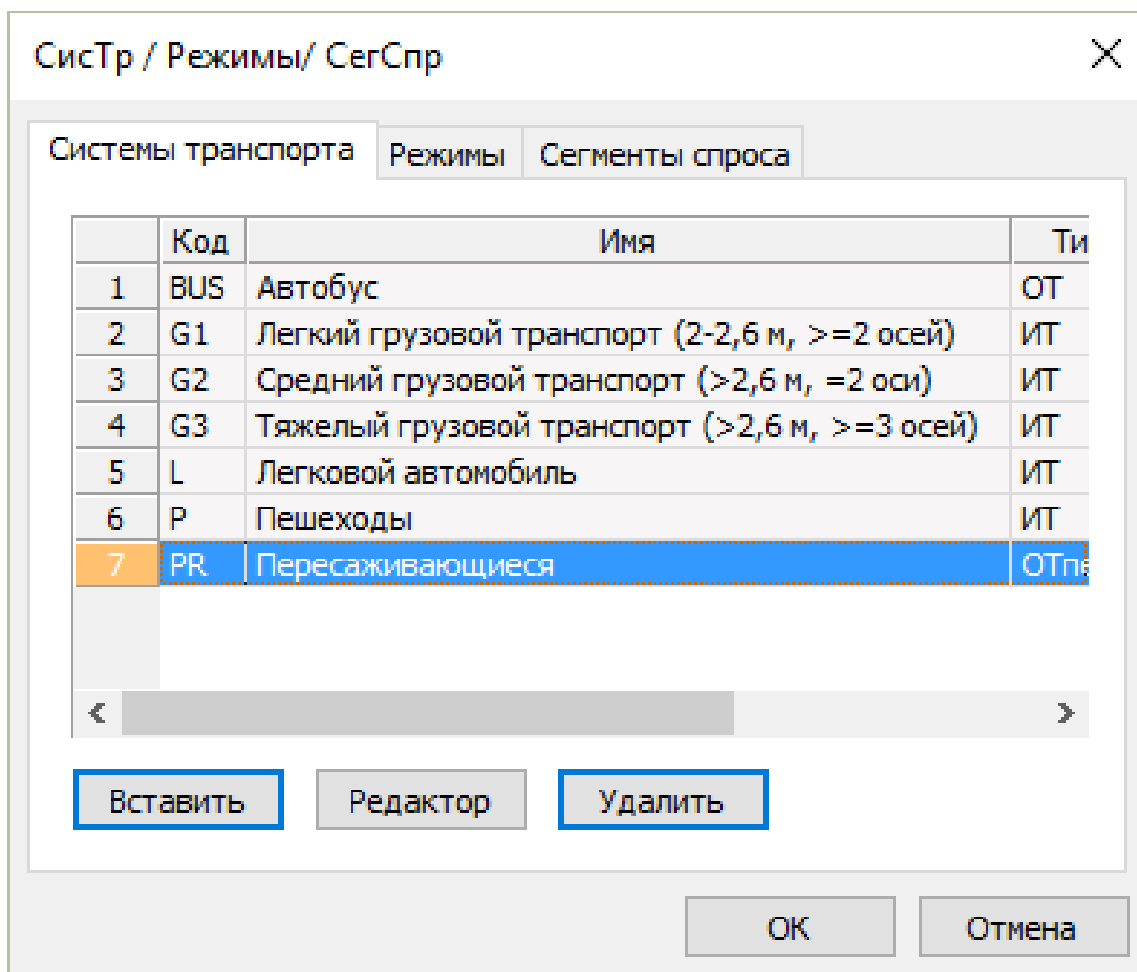


Рис. 2.1 – Системы транспорта

Каждая система транспорта относится к одному или нескольким сегментам спроса. Сегменты спроса описывают поездки с использованием одной или нескольких систем транспорта различных групп людей и связаны с матрицами корреспонденций. Участники движения одного сегмента спроса общественного транспорта имеют возможность сменить систему транспорта в рамках одной поездки, например, в результате пересадки. Каждому сегменту спроса соответствует ровно одна матрица корреспонденций. Иллюстрация сегментов спроса показана на рисунке 2.2.

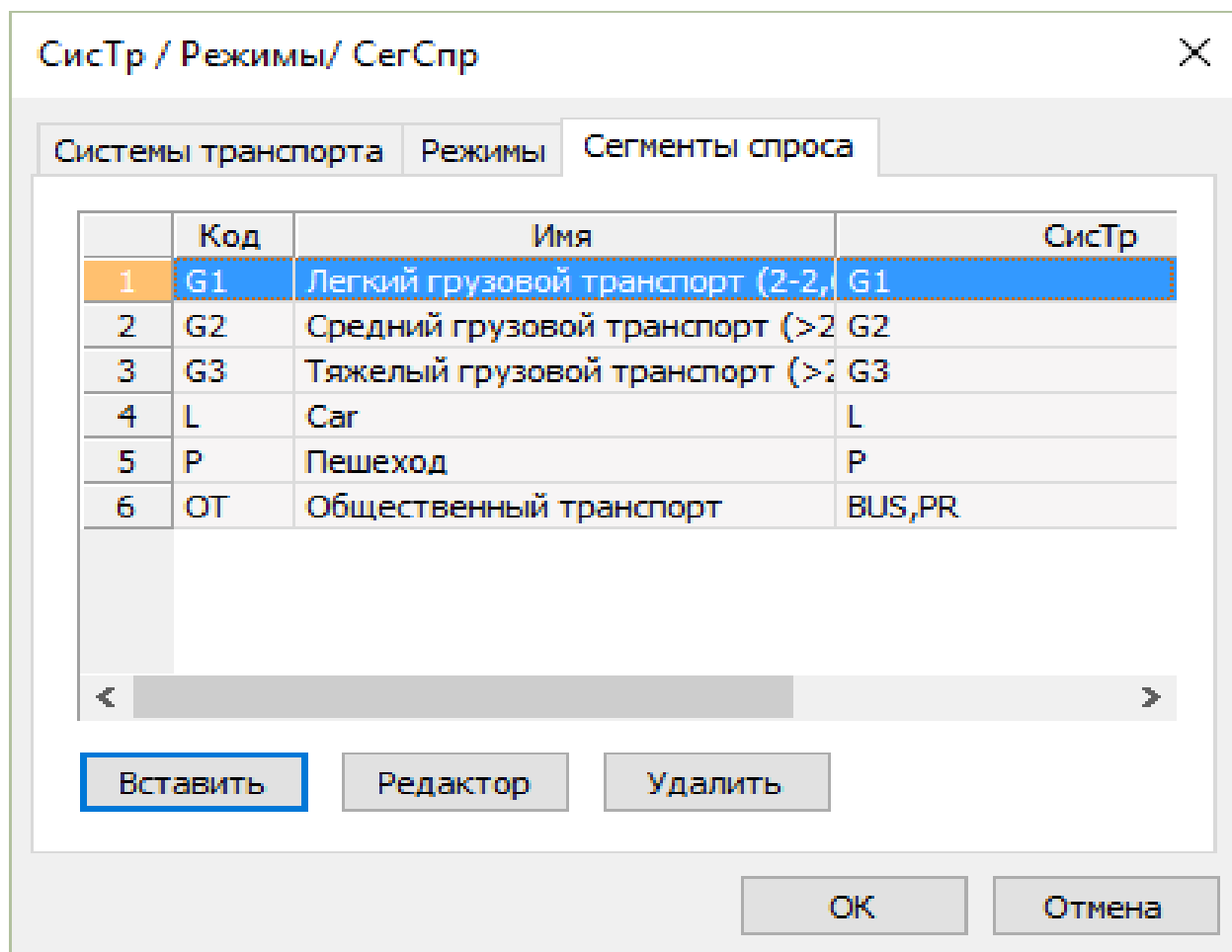


Рис. 2.2 – Сегменты спроса

### Ввод узлов транспортного графа

Для определения положения перекрестков и пересечений в транспортной модели используются узлы транспортного графа. В редакторе узлов, изображенном на рисунке 2.3, были заданы приоритеты движения и способ регулирования перекрестков.

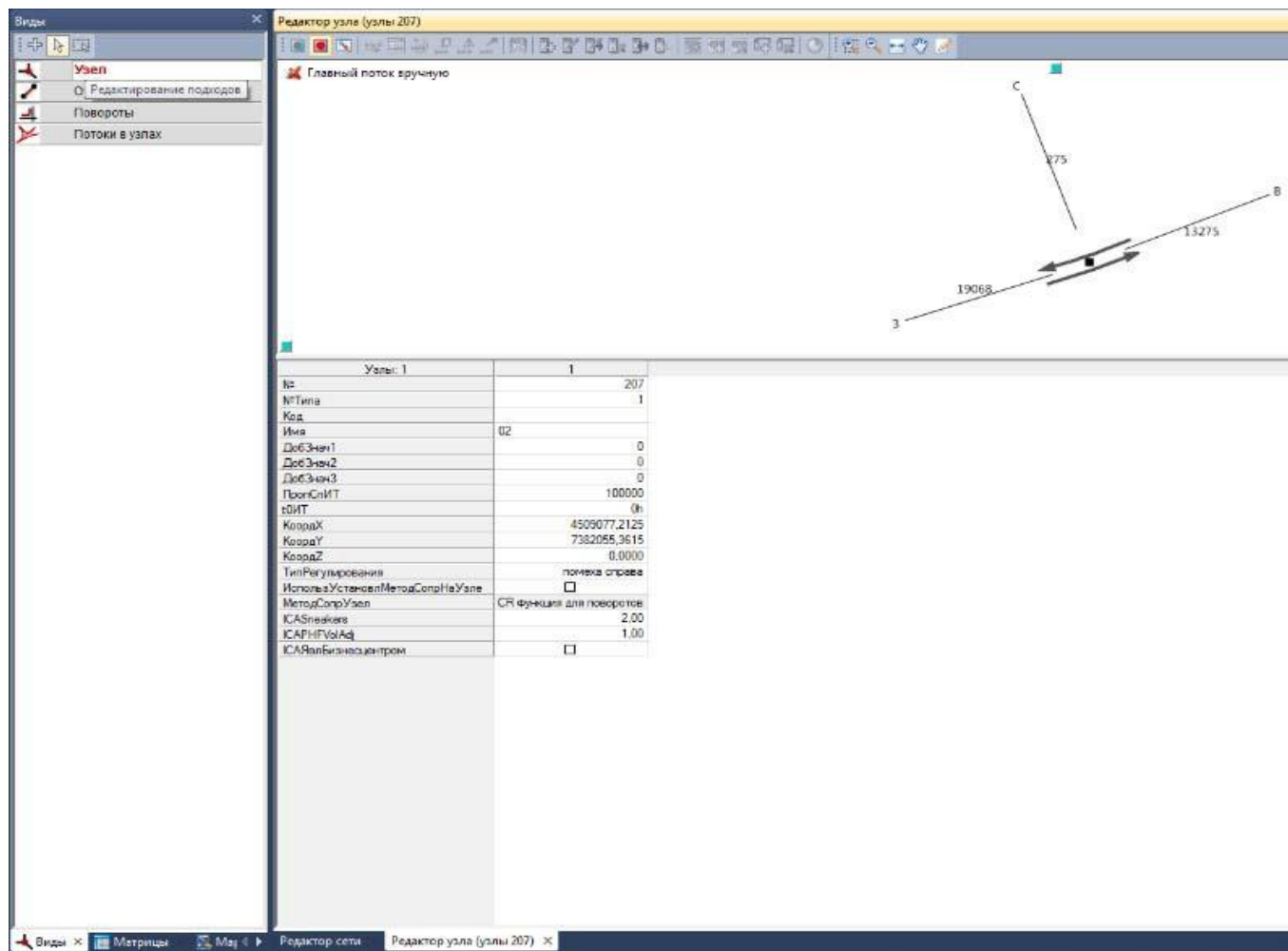


Рис. 2.3 – Редактирование узла

В редакторе поворотов были заданы параметры для всех возможных маневров на каждом из перекрестков. Исходной информацией для создания узлов и имитации в модели организации дорожного движения послужили данные, импортированные из OpenStreetMap с дополнительной самостоятельной отрисовкой при помощи спутниковых карт (панорам) улиц. Данный подход рекомендован ведущими специалистами в области транспортного планирования и моделирования. Количество узлов в модели – 6.

### Ввод отрезков транспортного графа

Отрезки транспортного графа используют также при описании улично-дорожной Железнодорожного района. Характеристики этих отрезков: длина, допустимая скорость различных видов транспорта при свободном транспортном потоке, пропускная способность, количество полос, название.

Все данные о расположении отрезков получены из OpenStreetMap. Произведена дополнительная обработка по слиянию несвязанных участков улично-дорожной сети.

Количество отрезков в модели – 153.

Результатом создания и редактирования отрезков, соединяющих узлы, является граф дорожной сети, изображенный на рисунке 2.4.

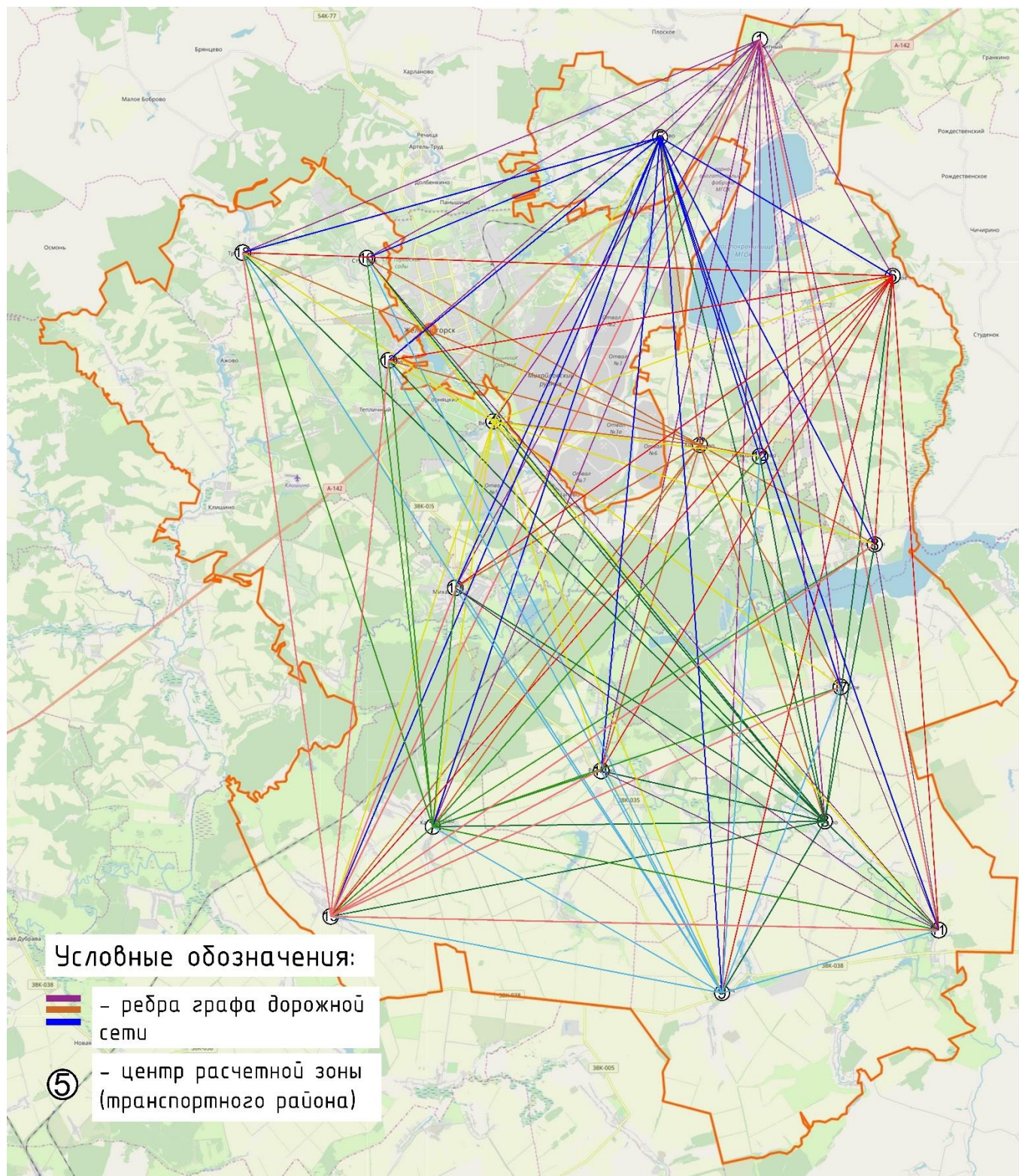


Рис. 2.4 – Граф дорожной сети Железногорского района.

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

#### Ввод информации об единицах подвижного состава

Информация о подвижном составе необходима для оценки способности городского общественного транспорта к провозу пассажиров.

К такой относятся:

- Общая вместимость транспортного средства;
- Количество сидячих мест.

Ввод информации в модель данных представлен на рисунке 3.1.

Редактировать единицу транспортных средств 1

Номер: 1

Код: 01

Имя: ПАЗ 4234

База | Нормы затрат

СисТр: В Bus

☐ Локомотив

Вместимости

Всего мест: 50

Сидячие места: 30

ОК Отмена

Рис. 3.1 – Ввод параметров для единицы подвижного состава

#### Ввод информации о расположении остановочных пунктов

Для моделирования общественного транспорта принималось во внимание информация о расположении остановочных пунктов и данные о видах городского пассажирского транспорта, проходящего через каждую из рассматриваемых остановок.



### Ввод параметров транспортного спроса

Создание модели расчета спроса основано на создании последовательного набора процедур, с назначением определенных параметров каждой из них, рассчитанных по результатам социологического опроса подвижности населения. В модели определены следующие слои спроса, описывающие транспортное поведение населения:

- Дом – Работа;
- Работа – Дом.

Расчет транспортного движения реализован в отдельном программном модуле, использующем современные математические инструменты и позволяющем упростить процедуру расчета транзитных потоков с помощью комплекса PTV Vision® VISUM. Перечисленные слои, введенные в программу, отражены на рисунке 3.2. Для расчета объемов генерации и поглощения в расчетные процедуры добавлена процедура «Создание транспортного движения» (рисунок 3.3), в параметрах которой для каждого слоя спроса были заданы коэффициенты генерации для расчета объемов создания и притяжения и параметры нормирования в соответствии с проведенным социологическим опросом и исследованиями, проводимыми в других городах.

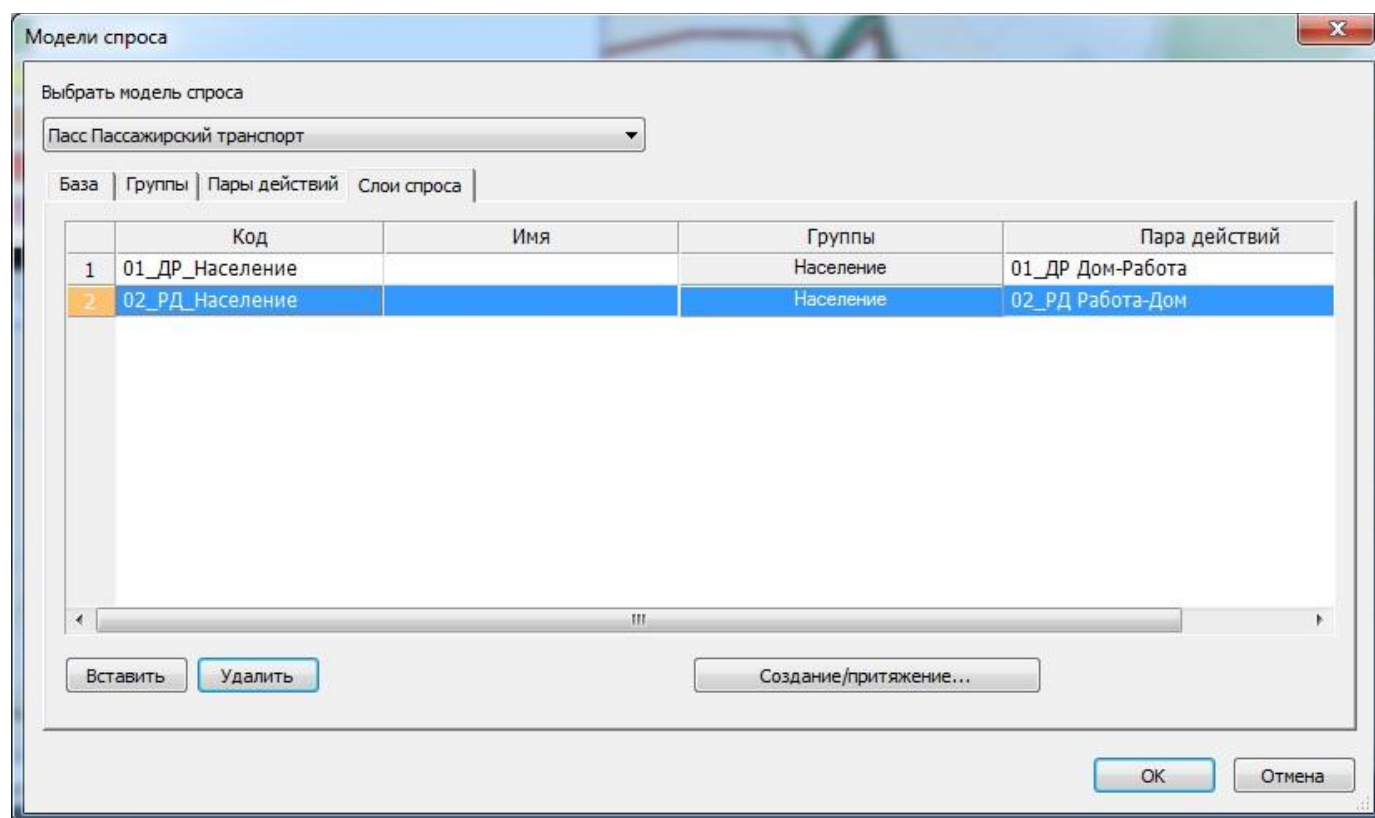


Рис. 3.2 – Слои спроса

Параметры создания транспортного движения

☐ Рассчитать атрибуты только для активных районов  
☐ Инициализировать атрибуты пассивных районов с помощью 0  
☐ Нормирование сумм только для активных районов  
☐ Сложить значения

Число: 2	Слой спроса	Нормирование сумм	Определение транспортного потока из источника	Определение транспортного потока в цель
1	01_ДР_Население	Сумма объема тр. потока из источника	$0.7 * Ч\_Н\_ТРУД$	$0.8 * РМ$
2	02_РД_Население	Сумма объема тр. потока в цель	$0.1 * РМ$	$0.05 * Ч\_Н\_ТРУД$

Принять для всех СлоевСпр
 
 ОК
 Отмена

Рис. 3.3 – Процедура создания транспортного движения

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 ее параметрах указаны матрицы затрат и параметры функции предпочтения, находящиеся в допустимых пределах. График функции Logit для слоя спроса «Дом-Работа» изображен на рисунке 3.4

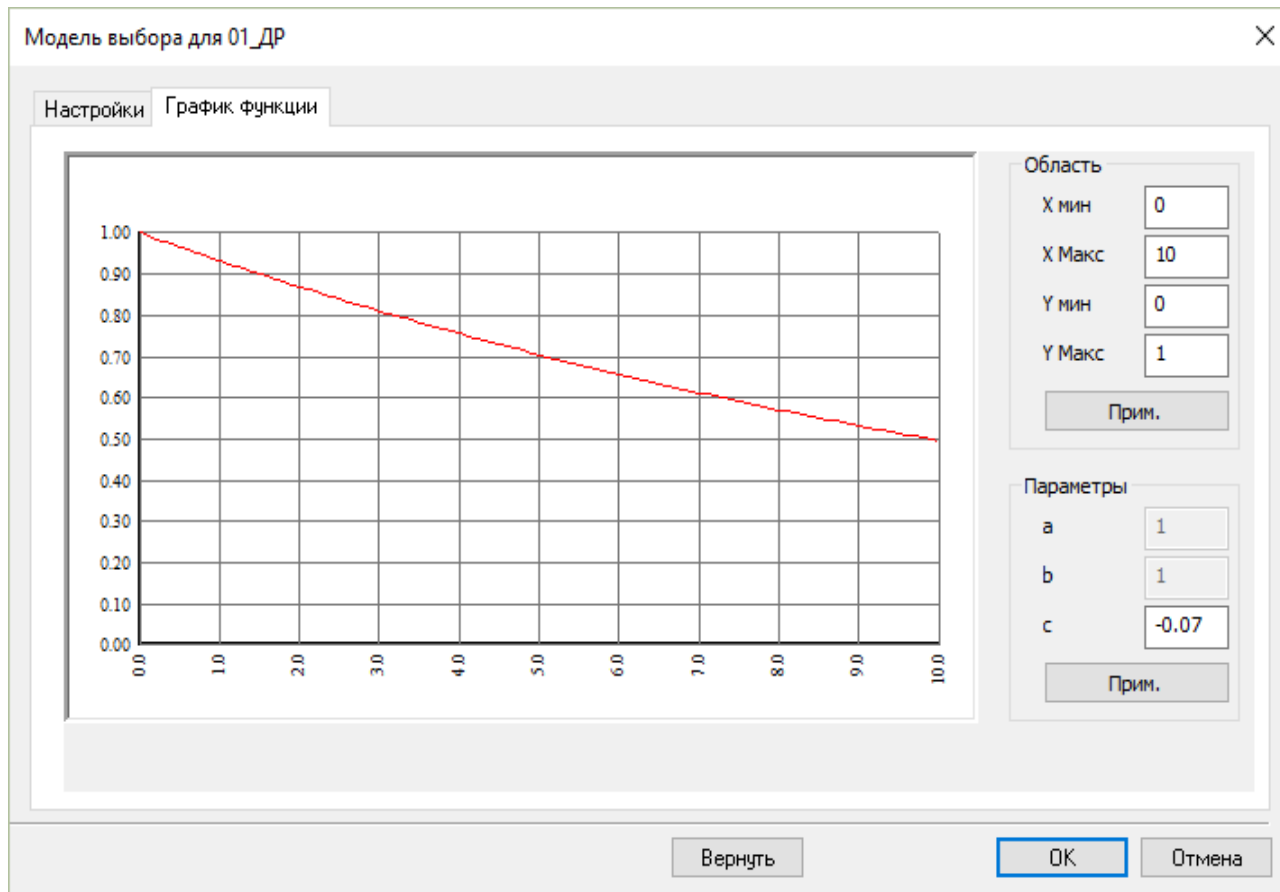


Рис. 3.4 – График функции предпочтения

Распределение спроса на поездки по видам транспорта осуществляется в процедуре «Выбор режима». Корреспонденции между транспортными районами по сегментам спроса распределяются на разные виды транспорта с помощью матрицы затрат и оценочных функций. Перед распределением поездок по сети были просуммированы полученные на предыдущем шаге матрицы по слоям спроса для получения единой матрицы корреспонденций на определенном виде транспорта с помощью процедуры «Комбинация матриц и векторов», предварительно создав итоговые матрицы корреспонденций и привязав их к сегментам спроса, как показано на рисунке 3.5 На рисунке 3.6 представлен набор параметров процедур, используемый при расчете модели спроса в разрабатываемой транспортной модели.

Данные спроса

Стандартные кривые спроса | Кривые спроса | Сегменты спроса

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

OK Отмена

Рис. 3.5 – Привязка сегментов спроса к матрицам корреспонденций



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

Рис. 3.6 – Набор параметров последовательности процедур

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

### Системы транспорта и сегменты спроса

Для описания состава и структуры транспортных потоков, формирующих нагрузку на транспортную сеть, разработана иерархическая классификация понятий, которые определяют содержание матриц корреспонденций. В модели рассматриваются такие виды транспорта как общественный и индивидуальный. При расчете матриц корреспонденций район-источник (назначение) определяется для легкового транспорта. Общественный транспорт вводится в транспортную модель как совокупность реально существующих маршрутов с присущей им информацией в части расчета нагрузки на улично-дорожную сеть в единицах транспортных средств – без расчета перевозимого пассажиропотока.

При разработке модели транспортного спроса была использована стандартная четырехступенчатая модель. Использование этой модели обусловлено 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 проведен по отдельным слоям спроса для утреннего, дневного и вечернего часов «пик». Результатом моделирования являются расчетные (модельные) значения интенсивности движения.

Стандартная четырехступенчатая модель состоит из следующих этапов:

1. Создание (генерации) транспортного движения. На этапе создания транспортного движения рассчитываются объемы движения из источника и объемы движения в цель для всех транспортных районов, детализированные по слоям спроса. Результатами расчета являются итоговые строки и столбцы матриц корреспонденций.
2. Распределение транспортного движения. На этапе распределения транспортного движения рассчитываются объемы транспортного потока между всеми транспортными районами, детализированные по слоям спроса, но без детализации по видам транспорта. Результатами расчета являются элементы матриц корреспонденций.
3. Выбор режима. На этапе выбора режима рассчитываются матрицы корреспонденций, каждая из которых соответствует поездкам с использованием определенного вида транспорта.
4. Перераспределение. Расчет перераспределения, дифференцированный по видам транспорта, позволяет получить модельные значения интенсивности транспортных потоков. Этап перераспределения является завершающим в цикле расчёта спроса.

Модельные значения интенсивности, полученные в результате расчета, приобретают смысл прогнозных оценок интенсивности транспортного движения.

Расчет транспортного спроса выполнен для утреннего и вечернего часов «пик» для рабочих и трудовых целей поездки. В наглядной форме последовательность алгоритма расчета спроса на транспорт представлена на рисунке 4.1.

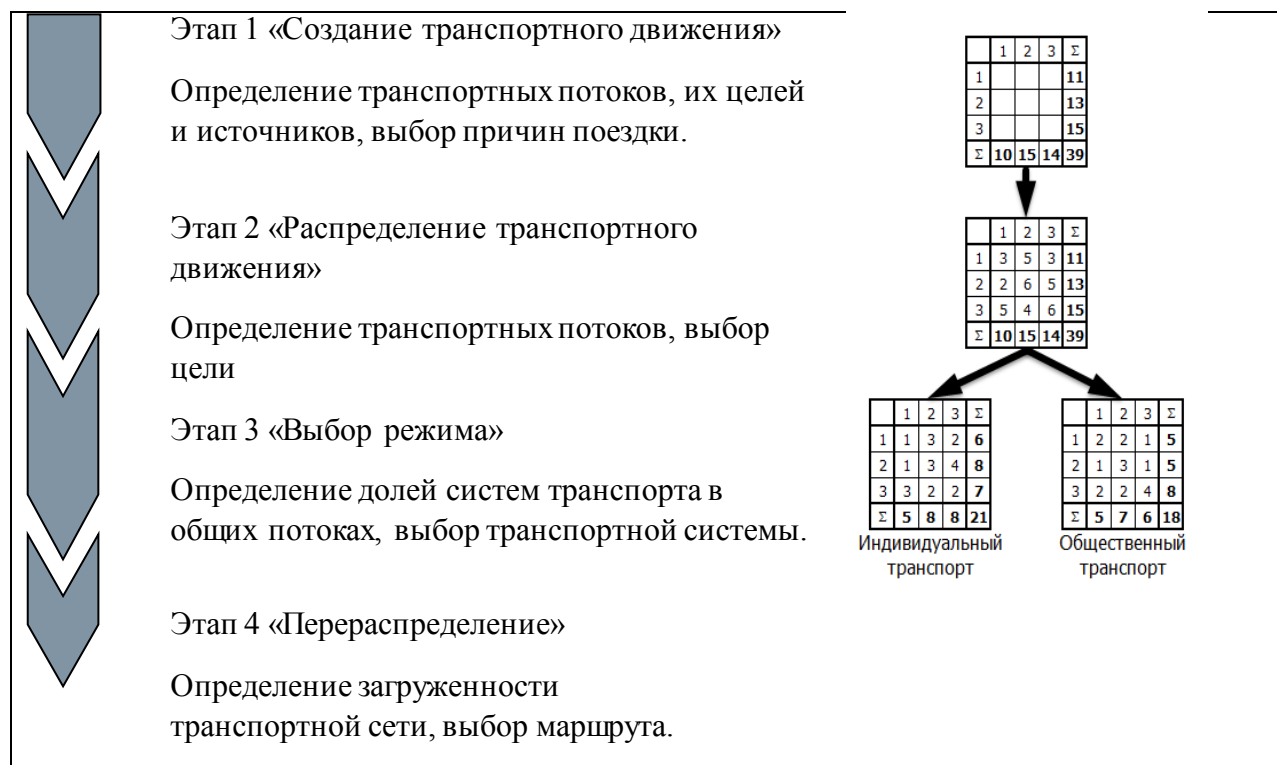


Рис. 4.1 - Последовательность расчета спроса на транспорт

#### Создание транспортного движения

Для расчета объемов движения определены цели поездок. В разработанной транспортной модели рассмотрены трудовые и деловые цели: из дома на работу (ДР); с работы на работу (РР); с работы домой (РД) (в т.ч. с работы в места сферы обслуживания (РП), из мест сферы обслуживания домой (ПД)). Доля от общего транспортного потока, приходящаяся на каждую из целей поездок в рассматриваемый период времени, определена для каждого слоя спроса. Подобная детализация целевой структуры обеспечивает более реалистичное отражение транспортного поведения населения, но и создает дисбаланс между суммарными объемами отправок и прибытий в районы внутри отдельного сегмента спроса. Решение данной проблемы достигнуто за счет нормирования (выравнивания) итоговых сумм отправления и прибытия.

С учетом природы процесса целевых передвижений, нормирование итоговых сумм при движении из дома на работу осуществлено по количеству отправок. Таким образом, в случае несоответствия общего числа занятого населения и рабочих мест последние будут откорректированы для обеспечения вывода из транспортного района занятого населения, что, в свою очередь, отразит характерную для часа пик транспортную ситуацию без необходимости в

дополнительной детализации целей поездок. Для однородных мест зарождения и погашения транспортных потоков, например, в деловых корреспонденциях при следовании от одного места приложения труда к другому нормирование сумм осуществляется по максимальному числу источников и целей. Объемы передвижений, связанных с прочими целями (поездки в магазины, места сервиса и бытового обслуживания), в силу преобладания предложения над спросом нормируются по числу отправок, что исключит избыточные предложения сервиса из ограниченного числа целевых поездок.

Расчет общего объема перемещений на территории Железногорского района

Таблица 4.2 - Расстояние между центрами районов по прямой в км

Номер района	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	—	16,5	20,7	36,9	5,48	10,6	34,5	20,6	38,5	26,1	36,5	16,7	20,3	30,8	39,9	18,9	26,1	23,2
2	16,5	—	16,2	8,4	12,7	10,4	18,9	8,1	22,4	11,9	22,0	2,3	13,2	14,3	24,6	15,6	11,6	20,3
3	20,7	16,2	—	21,1	28,8	22,4	15,8	11,4	7,8	17,6	6,4	15,1	25,8	8,2	20,2	29,7	5,6	33,2
4	36,9	8,4	21,1	—	13,9	17,3	16,5	16,1	25,2	7,3	27,5	10,8	5,0	15,8	21,5	8,6	18,0	12,4
5	5,48	12,7	28,8	13,9	—	10,8	29,8	18,7	35,1	21,0	34,2	13,7	15,0	26,8	35,1	13,6	23,7	18,2
6	10,6	10,4	22,4	17,3	10,8	—	23,5	11,0	29,8	22,2	26,6	9,1	21,0	23,5	34,8	21,7	16,8	26,6
7	34,5	18,9	15,8	16,5	29,8	23,5	—	21,0	13,9	9,18	20,9	19,8	18,9	7,7	5,89	23,3	17,6	24,8
8	20,6	8,1	11,4	16,1	18,7	11,0	21,0	—	19,0	17,2	15,8	5,8	21,0	14,1	26,7	23,8	5,7	28,3
9	38,5	22,4	7,84	25,2	35,1	29,8	13,9	19,0	—	19,7	8,7	21,8	29,3	9,4	16,4	33,6	13,3	33,6
10	26,1	11,9	17,6	7,3	21,0	22,2	9,18	17,2	19,7	—	23,9	13,7	9,9	10,4	14,1	14,4	16,5	16,6
11	36,5	22,0	6,4	27,5	34,2	26,6	20,9	15,8	8,7	23,9	—	20,6	32,2	14,0	24,5	36,1	10,5	39,6
12	16,7	2,3	15,1	10,8	13,7	9,1	19,8	5,8	21,8	13,7	20,6	—	15,6	14,6	25,7	18,1	10,1	22,6
13	20,3	13,2	25,8	5,0	15,0	21,0	18,9	21,0	29,3	9,9	32,2	15,6	—	19,9	23,1	4,4	22,9	7,54
14	30,8	14,3	8,2	15,8	26,8	23,5	7,7	14,1	9,4	10,4	14,0	14,6	19,9	—	13,0	24,2	10,0	27,0
15	39,9	24,6	20,2	21,5	35,1	34,8	5,89	26,7	16,4	14,1	24,5	25,7	23,1	13,0	—	27,3	23,0	27,9
16	18,9	15,6	29,7	8,6	13,6	21,7	23,3	23,8	33,6	14,4	36,1	18,1	4,4	24,2	27,3	—	26,5	4,8
17	26,1	11,6	5,6	18,0	23,7	16,8	17,6	5,7	13,3	16,5	10,5	10,1	22,9	10,0	23,0	26,5	—	30,4
18	23,2	20,3	33,2	12,4	18,2	26,6	24,8	28,3	33,6	16,6	39,6	22,6	7,54	27,0	27,9	4,8	30,4	—

На основании данных таблицы длины передвижений (таблица 4.2) устанавливают коэффициенты передвижений,  $d_3, \dots, d_n$ . Из таблицы берут те значения, которые соответствуют максимальному времени сообщения. Сумма всех коэффициентов для каждого пункта, в который совершаются передвижения, должна быть равна 1. Но так как в границах отдельных интервалов времени могут быть несколько пунктов отправления или же вообще пунктов отправления может не оказаться, то сумма всех коэффициентов, как правило, не будет равна 1. Поэтому необходимо привести их к 1, умножая на коэффициент  $\psi$ :

$$\psi = 1/(d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n),$$

где  $d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$  – коэффициенты распределения передвижения.

Полученные коэффициенты также сводят в табличную форму (таблица 4.3):

Таблица 4.3 – Расчет коэффициентов распределения передвижений

Номер района	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Итого	Sp	Sp, км2	H	Kn
1	—	0,12	0,050	0,034	0,121	0,067	0,042	0,050	0,050	0,042	0,034	0,042	0,034	0,050	0,042	0,034	0,034	0,034	1,0	1345,6	134,56	1095	2,19
2	0,13	—	0,075	0,037	0,130	0,075	0,046	0,046	0,046	0,046	0,030	0,037	0,030	0,046	0,037	0,030	0,030	0,030	1,0	7413,4	741,34	523	25,23
3	0,04	0,06	—	0,066	0,066	0,116	0,066	0,048	0,066	0,048	0,041	0,048	0,041	0,041	0,041	0,041	0,033	0,033	1,0	863,9	86,39	368	4,18
4	0,03	0,03	0,069	—	0,044	0,051	0,122	0,044	0,051	0,069	0,069	0,051	0,051	0,044	0,044	0,051	0,044	0,035	1,0	278,6	27,86	876	0,57
5	0,09	0,09	0,055	0,034	—	0,099	0,041	0,055	0,055	0,041	0,034	0,041	0,034	0,055	0,041	0,034	0,034	0,034	1,0	2807,4	280,74	619	8,07
6	0,04	0,044	0,080	0,032	0,080	—	0,080	0,080	0,080	0,080	0,027	0,044	0,044	0,044	0,044	0,032	0,032	0,032	1,0	1532,5	153,25	2008	1,36
7	0,02	0,023	0,038	0,069	0,028	0,069	—	0,038	0,069	0,170	0,069	0,069	0,069	0,038	0,038	0,038	0,038	0,028	1,0	1907,3	190,73	2673	1,27
8	0,02	0,019	0,026	0,019	0,034	0,064	0,034	—	0,064	0,064	0,034	0,064	0,034	0,196	0,064	0,034	0,034	0,064	1,0	1942,2	194,22	1834	1,89
9	0,02	0,019	0,029	0,022	0,029	0,055	0,055	0,055	—	0,148	0,055	0,148	0,055	0,055	0,055	0,055	0,029	0,029	1,0	2523,8	252,38	923	4,87
10	0,01	0,014	0,017	0,022	0,017	0,042	0,114	0,042	0,114	—	0,114	0,114	0,114	0,042	0,042	0,042	0,042	0,022	1,0	3650,8	365,08	1044	6,22
11	0,01	0,010	0,019	0,032	0,019	0,019	0,058	0,032	0,058	0,143	—	0,058	0,143	0,032	0,050	0,143	0,050	0,032	1,0	1663,5	166,35	659	4,49
12	0,01	0,010	0,017	0,017	0,017	0,022	0,042	0,042	0,114	0,114	0,042	—	0,114	0,114	0,114	0,042	0,042	0,042	1,0	3552,1	355,21	1057	5,98
13	0,01	0,008	0,016	0,019	0,016	0,026	0,047	0,026	0,047	0,116	0,116	0,116	—	0,026	0,116	0,116	0,041	0,041	1,0	1554,0	155,40	771	3,59
14	0,02	0,017	0,017	0,017	0,029	0,029	0,029	0,168	0,055	0,055	0,029	0,168	0,029	—	0,055	0,029	0,055	0,055	1,0	1326,9	132,69	2487	0,95
15	0,01	0,010	0,016	0,016	0,016	0,022	0,022	0,041	0,041	0,041	0,041	0,111	0,111	0,041	—	0,111	0,111	0,111	1,0	4688,6	468,86	921	9,06
16	0,01	0,009	0,017	0,021	0,017	0,021	0,028	0,028	0,051	0,051	0,127	0,051	0,127	0,028	0,127	—	0,127	0,051	1,0	1860,5	186,05	1272	2,60
17	0,01	0,009	0,013	0,017	0,017	0,021	0,029	0,029	0,029	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,128	0,128	—	0,128	1,0	2574,3	257,43	924	4,96
18	4,6	4,1	6,6	2,5	3,6	5,3	5,0	5,7	6,7	3,3	7,9	4,5	1,5	5,4	5,6	1,0	6,1	—	1,0	1917,4	191,74	1046	3,26

Передвижения между расчетными зонами происходит пропорционально численности населения зон отправления, емкости мест тяготения и коэффициентам относительной густоты расселения. Коэффициенты пропорциональности по численности населения определяют следующим образом:

$$K_1 = \frac{H_1}{H}; K_2 = \frac{H_2}{H}; K_3 = \frac{H_3}{H} \text{ и т. д.}$$

где  $K_1, K_2, K_3, \dots$  - коэффициенты пропорциональности для расчетных зон 1, 2, 3, ...;  $H_1, H_2, H_3, \dots$  - численность категории населения расчетных зон 1, 2, 3, ...;

$H$  – общая численность населения города.

Таблица 4.4 – Расчетное число передвижений из пунктов отправления, в сут.

Номер района	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Итого
1	—	133	55	37	133	74	46	55	55	46	37	46	37	55	46	37	37	37	966
2	68	—	40	20	68	40	25	25	25	25	16	20	16	25	20	16	16	16	481
3	18	25	—	25	25	43	25	18	25	18	16	18	16	16	16	16	13	13	346
4	31	31	61	—	39	45	107	39	45	61	61	45	45	39	39	45	39	31	803
5	62	62	35	22	—	62	26	35	35	26	22	26	22	35	26	22	22	22	562
6	89	89	160	66	160	—	160	160	160	160	54	89	89	89	89	66	66	66	1812
7	62	62	103	184	75	184	—	103	184	456	184	184	184	103	103	103	103	75	2452
8	48	36	48	36	62	118	62	—	118	118	62	118	62	360	118	62	62	118	1608
9	21	18	27	21	27	51	51	51	—	138	51	138	51	51	51	51	27	27	852
10	15	15	18	24	18	44	120	44	120	—	120	120	120	44	44	44	44	24	978
11	10	7	13	22	13	13	38	22	38	95	—	38	95	22	33	95	33	22	609
12	16	11	18	18	18	24	45	45	121	121	45	—	121	121	121	45	45	45	980
13	10	7	13	15	13	21	37	21	37	90	90	90	—	21	90	90	32	32	709
14	55	42	42	42	73	73	73	419	138	138	73	419	73	—	138	73	138	138	2147
15	13	9	16	16	16	20	20	38	38	38	38	103	103	38	—	103	103	103	815
16	17	11	22	27	22	27	37	37	65	65	162	65	162	37	162	—	162	65	1145
17	13	8	13	16	16	20	27	27	27	48	48	48	48	48	119	119	—	119	764



18	14	9	14	14	17	21	21	51	29	29	29	51	51	51	126	51	126	—	704
----	----	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	-----	---	-----

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

Закономерности выбора цели и способа совершения передвижений установлены на основе результатов обследования интенсивности движения и откорректированы с учетом прогнозируемых изменений в его социально-демографической структуре, развития объектов трудового и культурно-бытового тяготения. Основным инструментом описания транспортного поведения населения при выборе пары «район отправления – район прибытия» в разработанной модели является функция «предпочтения» (рисунок 5.1).

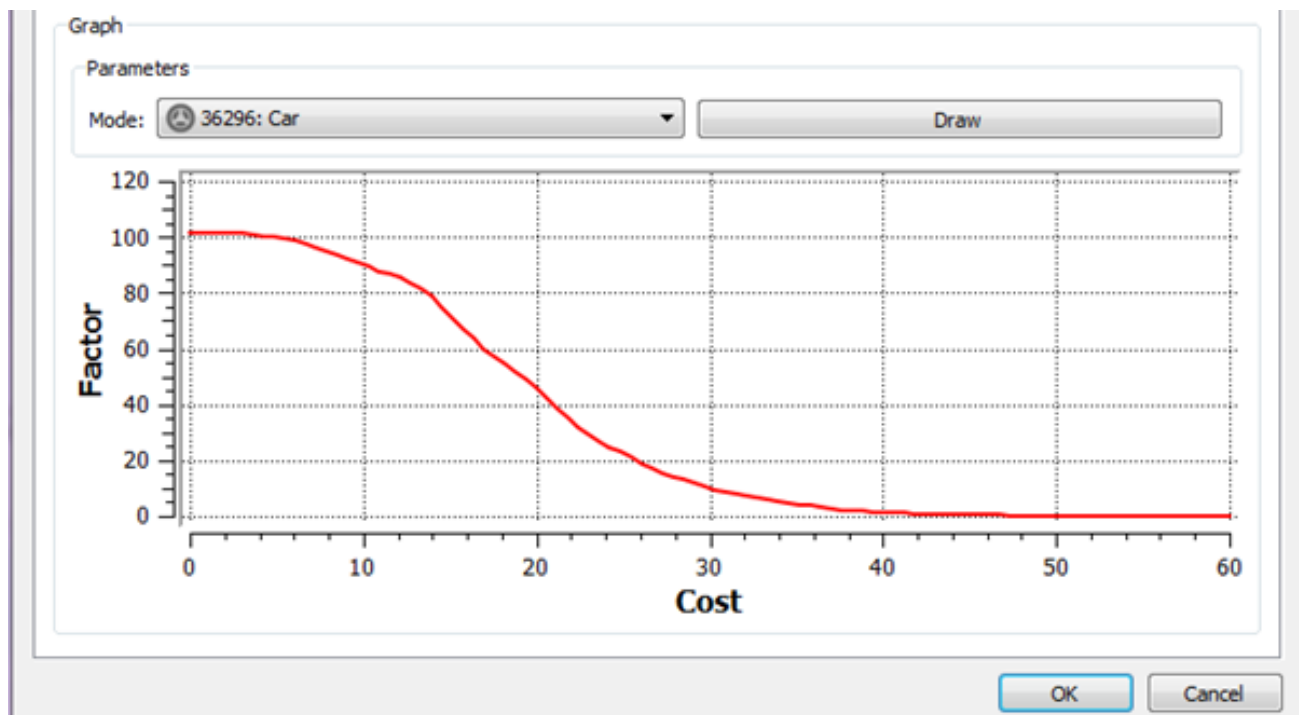


Рис. 5.1 – Окно настройки функции предпочтения

Выбор района отправления и прибытия осуществляется в зависимости от затрат времени на передвижения. Для индивидуального транспорта затраты времени определяются с помощью функций снижения пропускной способности в нагруженной сети.

### Выбор между общественным и индивидуальным транспортом

Выбор между общественным и индивидуальным видами транспорта зависит в основном от двух факторов:

- Уровня доходов и образа жизни населения;
- Уровня развития общественного (массового) транспорта.

Увеличение потребности в использовании индивидуальных видов транспорта происходит вследствие усложнения поведения человека при планировании деловых и трудовых передвижений. Усложнение обусловлено:

- Увеличением числа мест приложения труда, приходящихся на одного трудящегося;
- Увеличением потребности в индивидуальном общении (в том числе с деловыми целями).

Ограничивают использование индивидуального транспорта такие факторы как: высокие затраты на приобретение и эксплуатацию транспортных средств (включая затраты на хранение), ограничения для водителей (водитель вынужден выполнять строго регламентированную работу в процессе вождения), а также возрастные ограничения (школьники и студенты до 18 лет не имеют возможности водить автомобиль) и ограничения по состоянию здоровья.

Общественный (массовый) транспорт привлекателен для населения, совершающего регулярные поездки к местам приложения труда и местам проведения досуга, расположенным около крупных узлов общественного транспорта, либо в центр города. Важнейшее значение для выбора в качестве основного вида общественного транспорта имеет его надежность.

В современных условиях развития транспортной системы можно полагать, что администрация города может влиять на перераспределение пассажиров между массовым и индивидуальным транспортом двумя способами:

- Увеличением привлекательности общественного (массового) транспорта;
- Введением запретов и ограничений на въезд в определенные районы города, установлением платы за парковку автомобилей.

На выбор пути следования в разработанной модели 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 его длины и заданной максимальной скорости движения. Также учитываются затраты времени, обусловленные снижением пропускной способности в нагруженной улично-дорожной сети. При расчете фактической скорости движения учитываются следующие факторы:

- Доля тихоходных видов транспорта;
- Уплотнение потока транспортных средств;
- Уровень помех для движения по крайней правой полосе.

Задержка на регулируемом пересечении определяется исходя из параметров цикла регулирования, количества транспортных средств, подходящих к пересечению, наличия «зеленой волны», наличия разрешенного левого поворота. Время движения подвижного состава общественного транспорта на участках улично-дорожной сети определяется временем движения потока с учетом дополнительного времени, необходимого для входа и выхода пассажиров.

### **Определение времени сообщения.**

Передвижения населения района на транспорте и пешком связаны с затратой времени. Это время увеличивается с ростом территории.

С увеличением времени, затрачиваемого на поездку, число передвижений уменьшается. Такая закономерность характерна для всех категорий передвижения, за исключением передвижений к пунктам тяготения, имеющим общерайонное значение (стадион, парк культуры и отдыха, районные культурные и административные центры), а также к месту учебы или

работы. При определении корреспонденции условно можно считать, что количество передвижений к стадиону, парку культуры и отдыха, городскому культурному и административному центру (культурно-бытовые передвижения), к институтам и средним учебным заведениям (трудовые передвижения учащихся) в каждом транспортном районе пропорционально численности его населения. В остальных случаях все передвижения распределяются в зависимости от времени, затрачиваемого на передвижение. Эта зависимость выражается коэффициентами  $d_{ij}$ , которые получаются для данного района на основании обследований или теоретических величин, предложенных Г.В. Шелейховским.

Значения функции  $d_{ij}$

Интервал времени, мин	$d_{ij}$ при максимальном времени поездки ( $T_{\max}$ )					
	40	50	60	70	80	90
0...10	54,4	49,9	47,4	44,9	42,4	39,9
10...20	37	36	35	34	33	32
20...30	9,1	10,3	11,4	12,2	12,8	13,4
30...40	1,5	2,4	3,2	4	4,7	5,4
40...50	-	1,4	1,7	2,1	2,5	3
50...60	-	-	1,3	1,6	1,9	2,2
60...70	-	-	-	1,2	1,6	1,8
70...80	-	-	-	-	1,1	1,4

Среднее время  $T$ , необходимое для преодоления расстояния между пунктами, суммируется из времени подхода к остановке, времени ожидания транспорта на остановке, времени движения на транспорте и времени подхода от остановки к пункту назначения.

При определении корреспонденции следует учитывать, что часть населения расчетных зон будет совершать трудовые и культурно-бытовые передвижения в пределах самих расчетных зон. Можно считать, что время, затрачиваемое на передвижение в пределах зон, в среднем будет составлять 5...7 мин (из расчета среднего расстояния пешего передвижения на 350...450 м или поездки на расстояние до 1 км). Результаты расчетов по определению среднего времени, необходимого для преодоления расстояния между зонами и пунктами тяготения, записывают в табличной форме.

### Расчет объема транспортных перемещений между транспортными районами

Таблица 5.2 - Среднее время, необходимое для преодоления расстояния между расчетными зонами на транспорте, ч

Номер района	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Среднее время передвижения
1	-	0,6	0,7	1,2	0,2	0,4	1,2	0,7	1,3	0,9	1,2	0,6	0,7	1,0	1,3	0,6	0,9	0,8	0,8
2	0,6	-	0,5	0,3	0,4	0,3	0,6	0,3	0,7	0,4	0,7	0,1	0,4	0,5	0,8	0,5	0,4	0,7	0,5
3	0,7	0,5	-	0,7	1,0	0,7	0,5	0,4	0,3	0,6	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,2	1,1	0,6
4	1,2	0,3	0,7	-	0,5	0,6	0,6	0,5	0,8	0,2	0,9	0,4	0,2	0,5	0,7	0,3	0,6	0,4	0,6
5	0,2	0,4	1,0	0,5	-	0,4	1,0	0,6	1,2	0,7	1,1	0,5	0,5	0,9	1,2	0,5	0,8	0,6	0,7
6	0,4	0,3	0,7	0,6	0,4	-	0,8	0,4	1,0	0,7	0,9	0,3	0,7	0,8	1,2	0,7	0,6	0,9	0,7
7	1,2	0,6	0,5	0,6	1,0	0,8	-	0,7	0,5	0,3	0,7	0,7	0,6	0,3	0,2	0,8	0,6	0,8	0,6
8	0,7	0,3	0,4	0,5	0,6	0,4	0,7	-	0,6	0,6	0,5	0,2	0,7	0,5	0,9	0,8	0,2	0,9	0,6
9	1,3	0,7	0,3	0,8	1,2	1,0	0,5	0,6	-	0,7	0,3	0,7	1,0	0,3	0,5	1,1	0,4	1,1	0,7
10	0,9	0,4	0,6	0,2	0,7	0,7	0,3	0,6	0,7	-	0,8	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
11	1,2	0,7	0,2	0,9	1,1	0,9	0,7	0,5	0,3	0,8	-	0,7	1,1	0,5	0,8	1,2	0,4	1,3	0,8
12	0,6	0,1	0,5	0,4	0,5	0,3	0,7	0,2	0,7	0,5	0,7	-	0,5	0,5	0,9	0,6	0,3	0,8	0,5
13	0,7	0,4	0,9	0,2	0,5	0,7	0,6	0,7	1,0	0,3	1,1	0,5	-	0,7	0,8	0,1	0,8	0,3	0,6
14	1,0	0,5	0,3	0,5	0,9	0,8	0,3	0,5	0,3	0,3	0,5	0,5	0,7	-	0,4	0,8	0,3	0,9	0,6
15	1,3	0,8	0,7	0,7	1,2	1,2	0,2	0,9	0,5	0,5	0,8	0,9	0,8	0,4	-	0,9	0,8	0,9	0,8
16	0,6	0,5	1,0	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8	1,1	0,5	1,2	0,6	0,1	0,8	0,9	-	0,9	0,2	0,7
17	0,9	0,4	0,2	0,6	0,8	0,6	0,6	0,2	0,4	0,6	0,4	0,3	0,8	0,3	0,8	0,9	-	1,0	0,6
18	0,8	0,7	1,1	0,4	0,6	0,9	0,8	0,9	1,1	0,6	1,3	0,8	0,3	0,9	0,9	0,2	1,0	-	0,8

Таблица 5.3 – Расчетный объем транспортных перемещений между районами (годовая работа транспорта)

Номер района	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Итого
1	—	2508	1283	1587	833	901	1829	1277	2387	1383	1570	885	873	1910	2115	813	1122	998	24272
2	1254	—	713	185	965	458	510	219	605	321	396	51	238	386	541	281	209	365	7696
3	414	437	—	570	778	1053	427	228	211	352	109	302	439	139	343	505	78	465	6849
4	1255	286	1414	—	598	865	1947	692	1260	489	1843	540	250	679	925	430	774	422	14667
5	384	889	1123	334	—	756	864	729	1369	609	821	397	360	1045	1018	326	569	437	12030
6	1049	1030	3987	1263	1922	—	4183	1958	5304	3952	1596	901	2079	2327	3445	1584	1226	1942	39748
7	2346	1285	1770	3333	2444	4747	—	2352	2808	4581	4222	4000	3818	862	660	2610	1971	2034	45841
8	1112	332	616	660	1328	1485	1491	—	2565	2322	1122	783	1491	5809	3605	1690	405	3821	30635
9	886	426	235	580	1053	1669	778	1064	—	2975	487	3292	1641	526	918	1882	399	1008	19818
10	444	202	352	190	420	1066	1184	826	2541	—	3083	1767	1277	499	677	691	792	432	16443
11	402	154	90	660	479	372	878	379	365	2486	—	865	3349	336	907	3754	389	950	16814
12	284	28	302	216	274	237	970	284	2878	1808	1009	—	2059	1927	3392	887	495	1107	18158
13	223	92	361	85	210	483	756	483	1172	990	3220	1560	—	458	2310	440	802	264	13909
14	1971	686	394	758	2251	1974	647	6881	1504	1664	1176	7125	1672	—	2080	2033	1600	4320	38736
15	599	271	364	387	632	800	135	1148	705	606	1054	3007	2703	559	—	3194	2691	3264	22118
16	359	203	743	258	340	651	955	976	2453	1051	6534	1321	796	992	4941	—	4797	350	27721
17	418	116	90	360	474	403	581	188	439	974	620	596	1351	590	3335	3843	—	4408	18784
18	464	264	664	248	473	851	794	2179	1445	714	1703	1740	581	2079	5301	370	5776	—	25645

## **Калибровка и анализ транспортной модели Железнодорожного района**

Данные исследований изменения интенсивности движения введены в модель транспортной сети в качестве исходных данных на 6 объектах сети с целью последующей оценки результатов математического моделирования. Значения замеренной интенсивности движения введены в модель в качестве атрибута соответствующего поворота. Для каждого поворота созданы атрибуты, позволяющие хранить информацию о структуре транспортного потока с учетом времени суток. Использование объекта сети «Поворот» (Turn) для хранения данных о замеренной интенсивности движения позволяет агрегировать её на уровень отрезков (перегонов между перекрестками), в которые входит или из которых выходит группа поворотов, что, в свою очередь, обеспечивает возможность как калибровки матрицы корреспонденций на уровне поворотов, так и удобного представления графической информации на уровне отрезков.

После завершения первого цикла расчета спроса на транспорт была проведена калибровка транспортной модели. В процессе калибровки проводилась серия вычислительных экспериментов с моделью, при этом менялись параметры функций предпочтения по критерию соответствия результатов расчета натурным обследованиям.

В результате были определены показатели, обеспечивающие точность модели. Калибровка транспортной модели проводилась в один этап –непосредственная калибровка модели транспортной сети.

### **Анализ и оценка точности модели**

Транспортная модель является упрощенным представлением реальной транспортной ситуации. После ввода исходных данных и расчета транспортного спроса проведена проверка модели. Определено, насколько точно модель отражает реальную транспортную ситуацию. При отклонении заранее определенных показателей от допустимой нормы проводится калибровка модели.

Оценка реалистичности результата перераспределения транспортной модели проведена путем статистического сравнения наблюдаемых данных и расчетной нагрузки в модели. Для проверки адекватности модели определены значения ряда показателей на основе сравнения расчетных значений интенсивностей движения из модели и данных натурных обследований. Количество мест наблюдения (поворотов) – 9.

Ниже перечислены 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. Вычисленная средняя относительная ошибка - 11.1058%.

**Коэффициент корреляции** - является мерой тесноты линейной связи между фактическими данными об интенсивностях потоков на местах подсчета и рассчитанной на основе модели нагрузкой. Он 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. Вычисленный коэффициент корреляции модели нулевого состояния - 0.8857.

Значения показателей качества перераспределения не являются абсолютными показателями достоверности модели в силу того, что в наблюдаемых значениях нагрузки легкового или грузового транспорта на местах подсчета могут содержаться ошибки. Ошибки получаются в результате присутствия человеческого фактора при сборе данных, их обработке, а также при дальнейшем приведении из часовых интенсивностей в суточные.

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



## **6 Разработка вариантов транспортной макро модели прогнозных лет на основании существующих планов и прогнозов социально-экономического развития Железногорского муниципального района**

### **6.1 Разработка варианта транспортной модели на краткосрочную перспективу (0 - 5 лет)**

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

В транспортной модели на расчетный 2024 года учитывается развитие дорожной сети и изменение транспортного спроса.

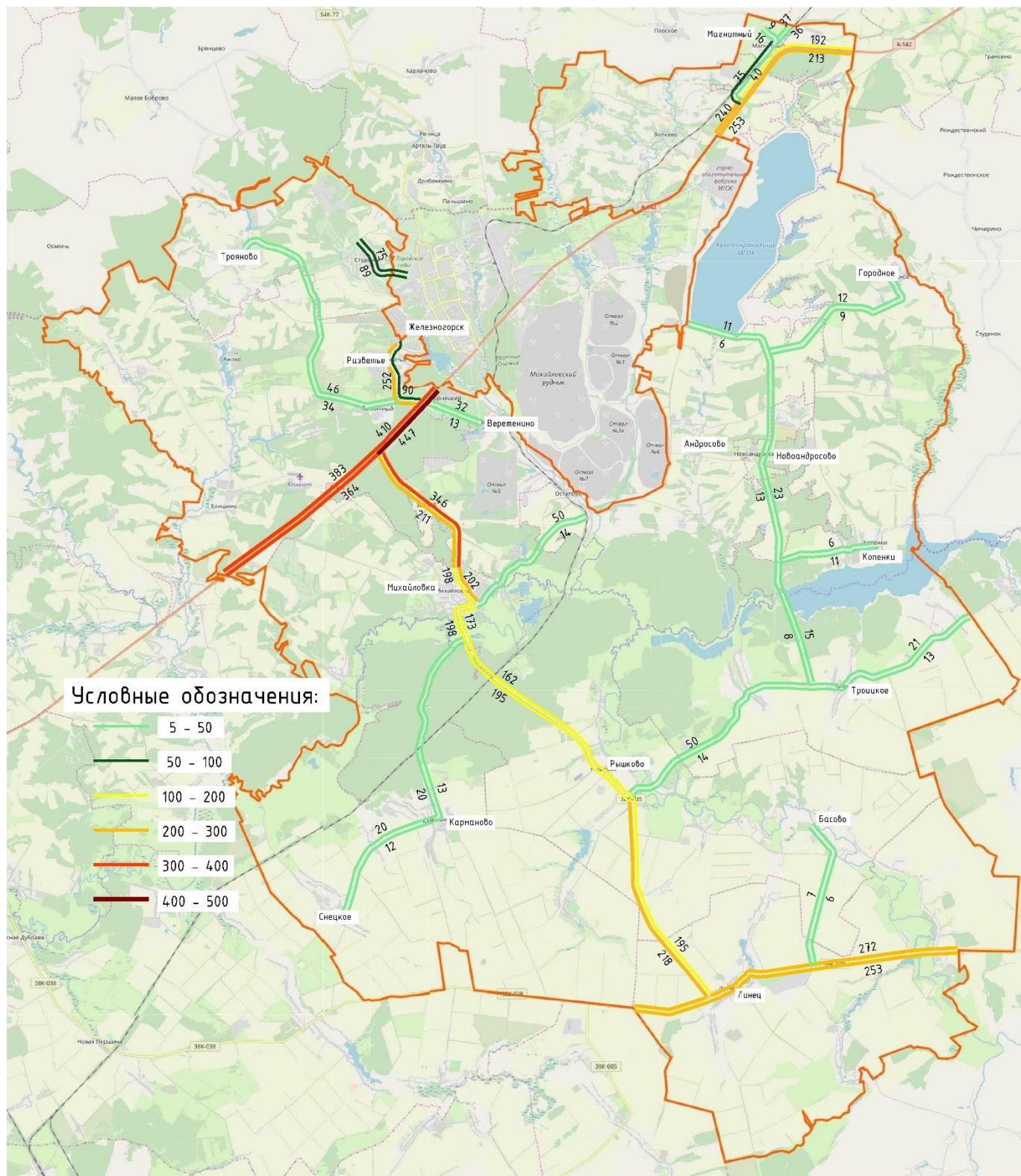


Рис. 6.1 – Картограмма расчетной интенсивности движения с классификацией по уровню загрузки в час пик на расчетный 2024 год.



## 6.2. Разработка варианта транспортной модели на среднесрочную перспективу (6 - 10 лет)

В соответствии с методикой разрабатывается вариант транспортной модели на среднесрочную перспективу (6-10 лет). В транспортной модели на расчетный 2028 год учитывается развитие дорожной сети и изменение транспортного спроса на этот год.

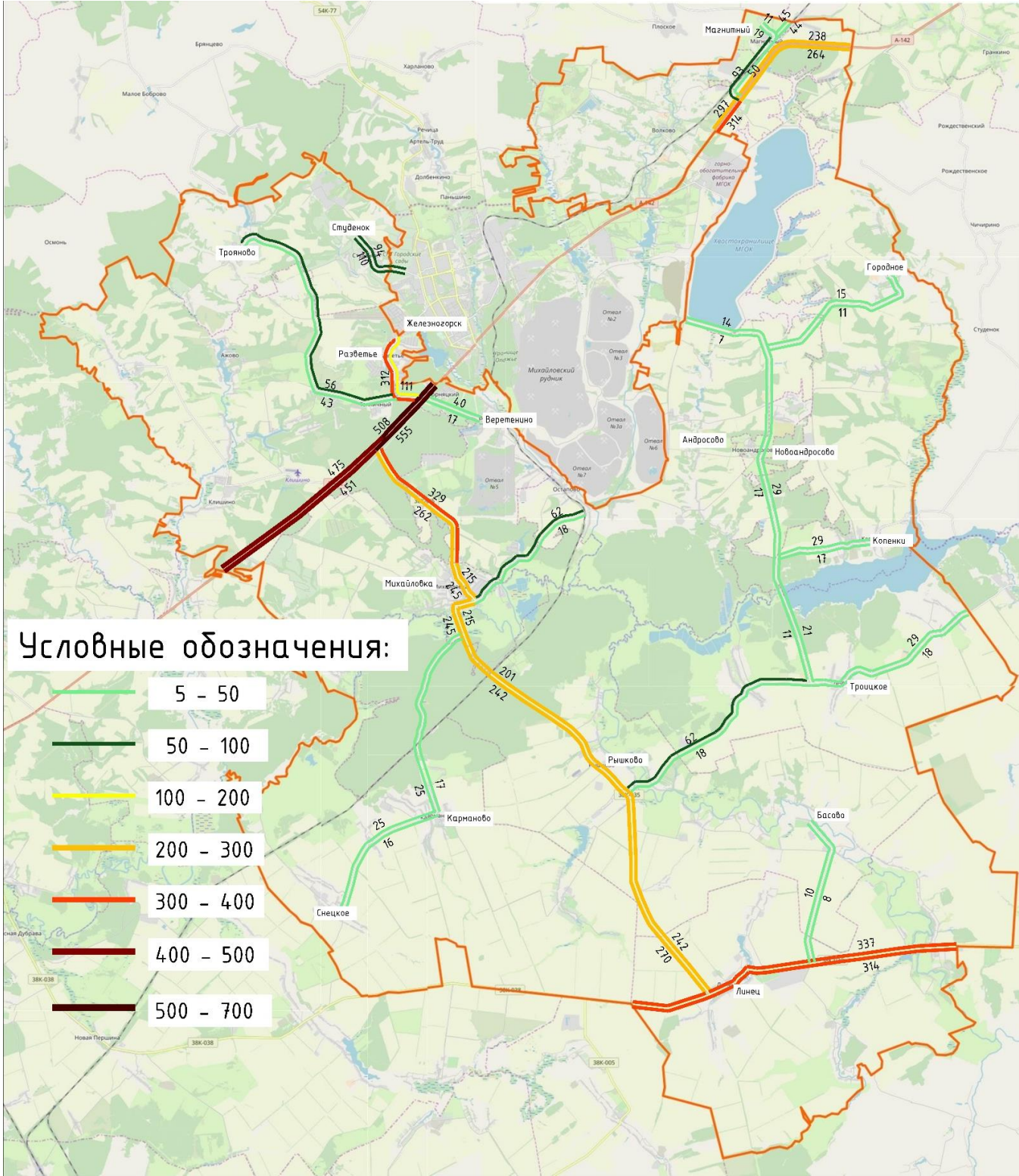


Рис. 6.2 – картограмма расчетной интенсивности движения с классификацией по уровню загрузки в час пик на расчетный 2028 год.

### **6.3. Разработка варианта транспортной модели на долгосрочную перспективу (более 10 лет)**

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

В транспортной модели на расчетный 2034 год учитывается развитие дорожной сети и изменение транспортного спроса.





- средняя скорость движения;
- среднее время в пути.

Из полученных результатов моделирования можно сделать вывод, что дорожная сеть Железногорского района имеет значительный запас пропускной способности, предложенный комплекс мероприятий в целом позволит поддержать работоспособность транспортной сети на приемлемом уровне при ожидаемом росте спроса на поездки на краткосрочную и среднесрочную перспективы, и повысить качество транспортного обслуживания в долгосрочной перспективе за счет строительства новых элементов УДС. Однако существуют известные ограничения в возможностях развития дорожной сети и оптимизации организации дорожного движения на территории, что вызывает необходимость применения мероприятий из категории управления спросом. Такие мероприятия включают в себя административное, фискальное и другие виды регулирования транспортного поведения жителей поселений с целью сокращения объемов перемещений особенно в пиковые часы. Детальная проработка таких мероприятий выходит за рамки КСОДД и производится на основе планов транспортного и градостроительного развития с использованием экономических моделей.

#### **Краткосрочная перспектива (0-5 лет).**

В краткосрочной перспективе не представляется возможным реализовать значительные инфраструктурные проекты, поэтому основной эффект от мероприятий во многом нивелируется ростом транспортного спроса. Набор мероприятий, разработанных с учетом таких бюджетных ограничений, позволит поддержать показатели работы транспортной сети на текущем уровне с незначительным улучшением порядка 2-3%. Повышение средней скорости движения составит 1,7%. Средняя загруженность элементов сети увеличится на 4,5% за счет улучшения улично – дорожной сети Железногорского района.

#### **Среднесрочная перспектива (6-10 лет).**

На среднесрочную перспективу сохраняются некоторые трудности в сообщении между районами поскольку не предусматривается создание новых связей. Также вследствие роста спроса из-за расширения жилой застройки усложняются условия движения на основных магистралях ведущих в город Железногорск. Разработанные мероприятия позволят в значительной степени снизить негативные эффекты роста нагрузки и поддержать среднюю скорость перемещения по сети на достаточном уровне. В целом, на среднесрочную перспективу ожидается увеличение средней загруженности элементов сети на 3,7%. При этом средняя скорость практически не изменяется за счет более равномерной нагрузки на участки вследствие повышения связности сети. Среднее время поездки увеличивается на 1,3%.

#### **Долгосрочная перспектива (более 10 лет).**

На долгосрочную перспективу при условии реализации, заложенных в Генеральном плане мероприятий по развитию УДС, ожидается более ощутимое повышение качества работы

транспортной системы. Повышение средней скорости движения составит 1,1%. Средняя загрузка элементов сети увеличится на 1,5%. Среднее время поездки также увеличивается на 1,6%.

В современных условиях при прогнозировании на долгосрочную перспективу следует принимать во внимание крайне высокий уровень неопределенности в сценариях будущего развития транспортных систем районов. В настоящее время наблюдается ряд нарастающих тенденций, способных существенно изменить структуру и параметры транспортных систем. Среди указанных тенденций: урбанизация, требующая пересмотра стратегий транспортного обслуживания городских территорий; «диджитализация», позволяющая осуществлять управление на качественно ином уровне; автоматизация управления транспортными средствами, открывающая совершенно иные возможности организации работы транспортных систем; экономика совместного пользования ресурсами и др.

Таким образом, разработанные с учетом реалистичных бюджетных ограничений мероприятия, позволят сохранить работоспособность транспортной сети Железногорского района на приемлемом уровне на кратко- и среднесрочной перспективе, и ощутимо улучшить в долгосрочной перспективе.

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

### **7.1. 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 проекта 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. Микро моделирование позволяет воссоздавать реальные ситуации в максимальном приближении к действительности и проводить транспортные исследования оперативно и действенно.

В качестве средства микро моделирования использовалось программное обеспечение PTV VISSIM. Основными компонентами микро модели являются:

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

PTV VISSIM (далее Vissim) базируется на моделях транспортного потока и регулировании с помощью светосигнальных установок. Они обмениваются данными измерений детекторов и данными о состоянии светофорного регулирования. Многие важные транспортно-технические параметры наглядно отображаются в окнах или выводятся в файлы или базы данных, к примеру, распределение времени в пути и распределение времени задержки, дифференцированные по группам пользователей.

Модель транспортного потока определяет модель поведения за впереди идущим с целью отображения движения в колонне транспортного средства 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.

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 ее 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 ее отсутствии.

## 7.2 Разработка микромоделей исследуемых пересечений

Для анализа существующих на пересечениях ситуаций разрабатываются микромодели узлов. В процессе моделирования выявляются проблемы, возникающие при проезде исследуемых участков, или делается вывод об их отсутствии. Процесс разработки базовых микромоделей осуществляется на всех обследуемых пересечениях района, ниже приведены примеры построения моделей перекрестков улиц Луханина – Октябрьская, ул. Цветочная – проезд Заречный.

В качестве растровой основы для построения микромодели использовалась базовая картографическая подложка программы Vissim: OpenStreetMap, в дальнейшем переведенная в карту вида со спутника, для более понятной визуализации ситуации. Основа для пересечения улиц приведена на рисунках 7.2.1, 7.2.2.



Рис.7.2.1 – Графическая основа микромодели (пересечение ул. Луханина – ул. Октябрьская).



Рис.7.2.2 – Графическая основа микромоделли (пересечение ул. Цветочная – проезд Заречный).

В программе VISSIM были построены транспортные схемы пересечения, которые состоят из дорожных и соединительных отрезков с шириной, соответствующей исходным данным о геометрических характеристиках моделируемых объектов.

Отрезки представляют собой проезжую часть дороги в разных направлениях с установленным количеством полос движения, которое задается как параметр соответствующих отрезков. Схемы создавались на масштабированной спутниковой графической основе, что позволило построить геометрию пересечений в соответствии с существующими конфигурациями узлов – рисунки 7.2.3, 7.2.5.

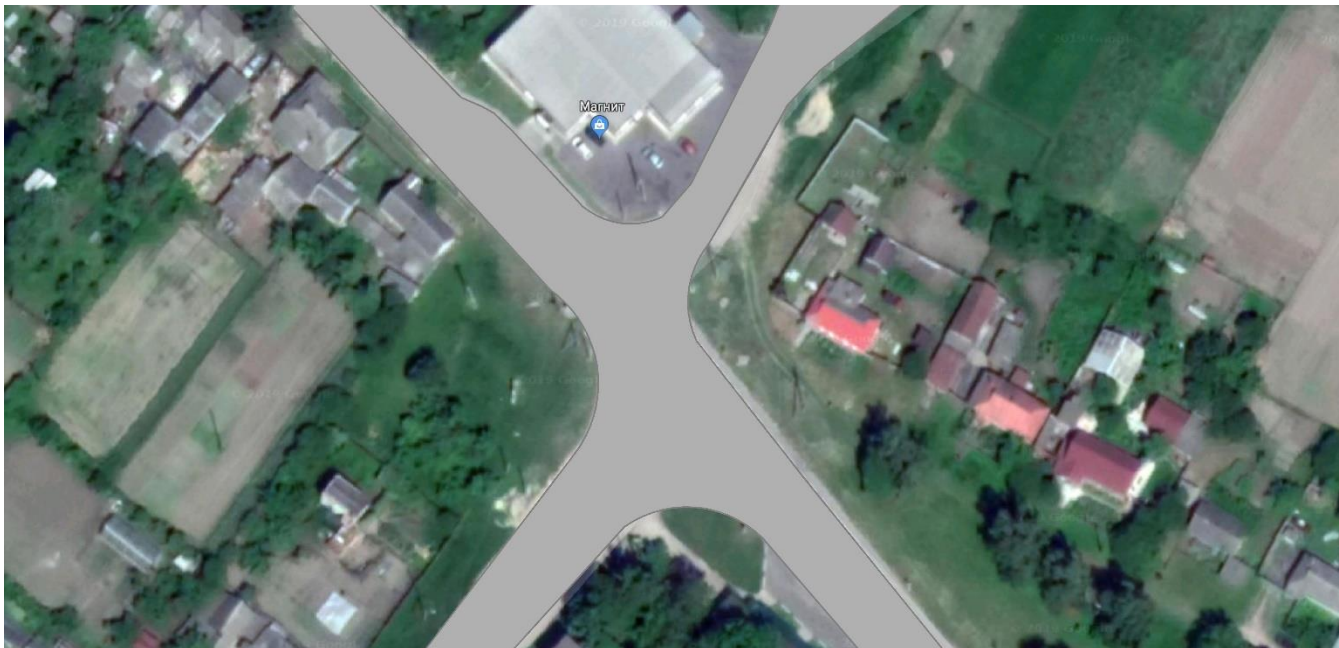


Рис.7.2.3 – Геометрия пересечения дорог (пересечение ул. Луханина – ул. Октябрьская).

Согласно установленным на пересечении дорожным знакам улица Луханина является главной дорогой. Т.к. перекресток нерегулируемый, в модели порядок проезда автомобилей регулируется на основании правил дорожного движения. На рисунке 7.2.4 представлен фрагмент моделирования транспортной ситуации пересечения ул. Луханина – ул. Октябрьская. Определение правил проезда пересечения позволяет более точно смоделировать конфликтные ситуации на пересечении и обеспечить высокую точность моделирования.



Рис. 7.2.4 – Фрагмент моделирования транспортной ситуации (пересечение ул. Луханина – ул. Октябрьская).





Рис.7.2.5 – Геометрия пересечения дорог (пересечение ул. Цветочная – проезд Заречный)

Согласно установленным на пересечении дорожным знакам улица Цветочная, переходящая в проезд Заречный являются главными дорогами. Т.к. перекресток нерегулируемый, в модели порядок проезда автомобилей регулируется на основании правил дорожного движения. На рисунке 7.2.6 представлен фрагмент моделирования транспортной ситуации пересечения ул. Цветочная – проезд Заречный. Определение правил проезда пересечения позволяет более точно смоделировать конфликтные ситуации на пересечении и обеспечить высокую точность моделирования.



Рис. 7.2.6 – Фрагмент моделирования транспортной ситуации (пересечение ул. Цветочная – проезд Заречный).

Также на основании полученных из паспортов замеров данных были заданы маршруты движения ТС в модели и введены нагрузки по каждому направлению.

Для дальнейшего анализа были установлены детекторы измерения длины затора и измерения времени в пути на пересечении. Счетчик затора используется для определения максимальной длины затора, средней длины затора и количества остановок, совершаемых транспортными средствами. Время в пути измеряется на интересующих участках узла. Полученные с измерителей данные будут использоваться в дальнейшем анализе существующей на перекрестке ситуации.

На данном этапе моделирования была проведена симуляция функционирования транспортной сети, проверка адекватности построенной модели и ее калибровка. Проверку адекватности построенная модель прошла успешно:

- столкновения транспортных средств (проезд через друг друга) при пересекающихся потоках отсутствуют;
- пропадание транспортных средств при движении по маршрутам с одного отрезка на другой отсутствует;

- калибровка микромоделей проводилась по результатам натурного обследования существующей транспортной ситуации.

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



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

На основе данных, полученных с помощью датчиков, проводится анализ транспортной ситуации и проблем, возникающих на пересечениях. В качестве примера, на рисунках 8.1, 8.2, показано распределение скоростей движения транспортных средств в пересечениях.

Также на рисунках отображена таблица с цветными обозначениями скорости на отрезках. Полученные схемы распределения скорости движения характерны для заторного движения на средне – загруженных пересечениях.



Рис. 8.1 – Распределение скоростей движения транспортных средств (пересечение ул. Луханина – ул. Октябрьская).



Рис. 8.2 – Распределение скоростей движения транспортных средств (пересечение ул. Цветочная – проезд Заречный).

Существенное снижение скорости на данных транспортных узлах происходит при подъезде к пересечению и проезде его, так же при выполнении маневра левого поворота.

## **9 Анализ полученных результатов с определением оптимального варианта организации дорожного движения в ключевых транспортных узлах**

### **9.1. Анализ транспортного узла ул. Юбилейная – ул. Железнодорожная (п. Магнитный).**

Анализ времени в пути транспортных средств показал, что среднее время проезда пересечения транспортным средством составляет от 2 с до 7 с, с учетом действующего скоростного режима и конфигурации узла, полученные значения свидетельствует об отсутствии снижения скорости ТС на пересечении. На основе результатов, полученных с измерителей микромоделей на пересечении не выявлены очереди на проезд. Интенсивность движения транспортных средств на данном пересечении составляет 48 ед./ч во всех направлениях в «час пик» рабочего дня недели, на данном пересечении требуется обустройство и обновление ТСОДД.

### **9.2. Анализ транспортного узла ул. Жданова – ул. Садовая (с. Веретенино).**

Анализ времени в пути транспортных средств показал, что среднее время проезда пересечения транспортным средством составляет от 3 с до 7 с, полученные значения свидетельствует об отсутствии снижения скорости ТС на пересечении. На основе результатов, полученных с измерителей микромоделей на пересечении не выявлены очереди на проезд. Интенсивность движения транспортных средств на данном пересечении составляет 42 ед./ч во всех направлениях в «час пик» рабочего дня недели, на данном пересечении требуется обустройство ТСОДД.

### **9.3. Анализ транспортного узла а. д. 38Н-650 – ул. Красная (с. Карманово).**

Анализ времени в пути транспортных средств показал, что среднее время проезда пересечения транспортным средством составляет от 3 с до 7 с, полученные значения свидетельствует об отсутствии снижения скорости ТС на пересечении. На основе результатов, полученных с измерителей микромоделей на пересечении не выявлены очереди на проезд. Интенсивность движения транспортных средств на данном пересечении составляет 30 ед./ч во всех направлениях в «час пик» рабочего дня недели, на данном пересечении дополнительных мероприятий не требуется.

### **9.4. Анализ транспортного узла ул. Молчанова – ул. Советская (сл. Михайловка).**

Анализ времени в пути транспортных средств показал, что среднее время проезда пересечения транспортным средством составляет от 4 с до 8 с, с учетом действующего скоростного режима, полученные значения свидетельствует об отсутствии снижения скорости ТС на пересечении. На основе результатов, полученных с измерителей микромоделей на пересечении не выявлены очереди на проезд. Интенсивность движения транспортных средств на данном пересечении составляет 342 ед./ч во всех направлениях в «час пик» рабочего дня недели, на данном пересечении дополнительных мероприятий не требуется.

#### 9.5. Анализ транспортного узла ул. Луханина – ул. Октябрьская (сл. Михайловка).

Анализ времени в пути транспортных средств показал, что среднее время проезда пересечения транспортным средством составляет от 5 с до 13 с, с учетом действующего скоростного режима, полученные значения свидетельствует о невысоком снижении скорости ТС на пересечении. На основе результатов, полученных с измерителей микромоделей на пересечении не выявлены очереди на проезд. Интенсивность движения транспортных средств на данном пересечении составляет 604ед./ч во всех направлениях в «час пик» рабочего дня недели, на данном пересечении дополнительных мероприятий не требуется.

#### 9.6. Анализ транспортного узла а. д. 38Н-581 – ул. Мирная (п. Новоандросово).

Анализ времени в пути транспортных средств показал, что среднее время проезда пересечения транспортным средством составляет от 5 с до 8 с, полученные значения свидетельствует об отсутствии снижения скорости ТС на пересечении. На основе результатов, полученных с измерителей микромоделей на пересечении не выявлены очереди на проезд. Интенсивность движения транспортных средств на данном пересечении составляет 41 ед./ч во всех направлениях в «час пик» рабочего дня недели, на данном пересечении дополнительных мероприятий не требуется.

#### 9.7. Анализ транспортного узла ул. Цветочная – пр-д Заречный (с. Разветье).

Анализ времени в пути транспортных средств показал, что среднее время проезда пересечения транспортным средством составляет от 5 с до 8 с, с учетом действующего скоростного режима, полученные значения свидетельствует об отсутствии снижения скорости ТС на пересечении. На основе результатов, полученных с измерителей микромоделей на пересечении не выявлены очереди на проезд. Интенсивность движения транспортных средств на данном пересечении составляет 308 ед./ч во всех направлениях в «час пик» рабочего дня недели, на данном пересечении требуется обустройство ТСОДД.

#### 9.8. Анализ транспортного узла а. д. 38Н-098 – ул. Советская (д. Студенок).

Анализ времени в пути транспортных средств показал, что среднее время проезда пересечения транспортным средством составляет от 5 с до 8 с, с учетом действующего скоростного режима, полученные значения свидетельствует об отсутствии снижения скорости ТС на пересечении. На основе результатов, полученных с измерителей микромоделей на пересечении не выявлены очереди на проезд. Интенсивность движения транспортных средств на данном пересечении составляет 148 ед./ч во всех направлениях в «час пик» рабочего дня недели, на данном пересечении требуется обустройство ТСОДД.

## 10 Разработка принципиальных предложений и решений по основным мероприятиям ОДД

С целью разработки оптимального варианта развития КСОДД был определен укрупненный перечень мероприятий, оказывающих основное влияние на эффективность и стоимость реализации КСОДД.

К таким мероприятиям относятся:

- Мероприятия по строительству новых и реконструкции существующих объектов дорожной сети;
- Мероприятия по реализации пешеходных зон;
- Мероприятия по повышению безопасности дорожного движения;
- Мероприятия по повышению пропускной способности транспортных узлов.

Основу разработки вариантов укрупненной системы мероприятий различных вариантов разработки КСОДД составили:

- Материалы Генеральных планов сельских поселений по развитию объектов улично-дорожной сети;
- Материалы программ комплексного развития транспортной инфраструктуры сельских поселений Железногорского района;
- Анализ безопасности дорожного движения (дислокация существующих очагов аварийности) на дорожной сети Железногорского района;
- Анализ существующих условий движения на дорожной сети района.

Для дальнейшего определения наиболее эффективной стратегии реализации КСОДД, были сформированы два варианта групп мероприятий, определяющих различные сценарии развития:

Вариант развития	Описание
<b>Инерционное развитие</b> (минимальный)	Предусматривает реализацию минимального набора мероприятий по развитию объектов дорожной сети, а также мероприятия, направленные на ликвидацию очагов аварийности и повышение пропускной способности локальных транспортных узлов. Строительство новых объектов дорожной сети не предусматривается. Предусматривается минимальное улучшение дорожного покрытия

<p><b>Умеренное развитие</b></p>	<p>Представляет собой строительство новых элементов УДС (строительство автомобильных дорог с твердым покрытием в населенных пунктах), а также улучшение и реконструкция существующего покрытия сети дорог района. Выбор новых элементов дорожного строительства базировался на материалах Генерального плана и результатах моделирования транспортной ситуации, определяющей значимость каждого из включаемых в КСОДД мероприятий.</p>
----------------------------------	--

## **11 Проведение укрупненной оценки предлагаемых вариантов проектирования на основе разработки принципиальных предложений по основным мероприятиям ОДД для каждого из вариантов**

В настоящем разделе произведена укрупнённая оценка затрат на реализацию каждого из рассматриваемых вариантов реализации КСОДД Железногорского района.

При определении укрупнённых затрат на реализацию учитывались следующие параметры, оказывающие наибольшее влияние на перспективную транспортную ситуацию и стоимость реализации:

- Вариативность развития объектов строительства дорожной сети (наиболее капиталоемкие мероприятия);
- Количество мероприятий по ликвидации очагов ДТП, а также мероприятий по повышению пропускной способности элементов УДС.

Укрупненные затраты на реализацию мероприятий КСОДД составят:

- Вариант 1 (инерционное развитие) – 50,2 млн руб.;
- Вариант 2 (умеренное развитие) – 81,47 млн руб.;

Компьютерное моделирование прогнозируемой транспортной ситуации по вариантам реализации мероприятий КСОДД позволяет сделать следующие выводы:

- При Варианте 1 реализации мероприятий КСОДД, ввиду незначительного развития объектов УДС в перспективе, произойдет увеличение загрузки основных элементов улично-дорожной сети. Социально-значимые объекты не востребованы, из-за низкого качества жизни населения. Среднее время совершения поездки увеличится в 1,5 раза.
- При Варианте 2 реализации мероприятий КСОДД, произойдет повышение качества транспортной сети (за счет нового строительства и улучшения дорожного покрытия). Среднее время совершения поездки увеличится в 1,3 раза. Произойдет устранение конфликтных точек. Уровень жизни

В результате реализации умеренного варианта развития произойдет достижение следующих социально-экономических эффектов:

- Повышение комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы;
- Сокращение количества дорожно-транспортных происшествий и нанесенного материального ущерба;
- Совершенствование и развитие транспортной сети района;
- Устройство тротуаров;
- Устройство и обустройство пешеходных переходов;
- Улучшение покрытия существующей дорожной сети Железногорского района.

На основании компьютерного моделирования, в качестве базового (предлагаемого варианта), был выбран вариант 2 (умеренное развитие). При данном варианте достигается оптимальное соотношение капиталовложений с транспортно-экономическими показателями эффективности реализации мероприятий КСОДД.